

Vägen till en klimatpositiv framtid

Betänkande av Klimatpolitiska vägvalsutredningen

Stockholm 2020



STATENS OFFENTLIGA
UTREDNINGAR

SOU 2020:4

SOU och Ds kan köpas från Norstedts Juridiks kundservice.
Beställningsadress: Norstedts Juridik, Kundservice, 106 47 Stockholm
Ordertelefon: 08-598 191 90
E-post: kundservice@nj.se
Webbadress: www.nj.se/offentligapublikationer

För remissutsändningar av SOU och Ds svarar Norstedts Juridik AB
på uppdrag av Regeringskansliets förvaltningsavdelning.

Svara på remiss – hur och varför

Statsrådsberedningen, SB PM 2003:2 (reviderad 2009-05-02).

En kort handledning för dem som ska svara på remiss.

Häftet är gratis och kan laddas ner som pdf från eller beställas på regeringen.se/remisser

Layout: Kommittéservice, Regeringskansliet
Omslag: Elanders Sverige AB
Tryck: Elanders Sverige AB, Stockholm 2020

ISBN 978-91-38-25019-8

ISSN 0375-250X

Till statsrådet och chefen för Miljödepartementet

Regeringen beslutade den 19 juli 2018 att tillsätta en särskild utredare med uppgift att föreslå en strategi för hur Sverige ska nå negativa utsläpp av växthusgaser efter 2045. Utredaren skulle undersöka hur bl.a. ökad kolsänka, avskiljning och lagring av koldioxid med biogent ursprung samt verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder kan och bör bidra till detta och föreslå hur incitament kan skapas och hinder undanröjas för önskvärd utveckling.

Åsa-Britt Karlsson förordnades som särskild utredare den 19 juli 2018.

Som sakkunnig förordnades kanslirådet Anna Segerstedt från och med den 15 oktober 2018.

Som experter att biträda utredaren förordnades tekniska rådet Annika Billstein Andersson, miljömålssamordnaren Per Bodin, biträdande professorn Christel Cederberg, projektledaren Svante Claesson, hållbarhetschefen Karin Comstedt Webb, experten på klimatfrågor jordbruk Maria Dirke, enhetschefen Karin Dunér, forskaren Gustaf Egnell, ämnesrådet Lars Ekberg, klimat- och bioenergispecialisten Hillevi Eriksson, experten på energi och klimat Linda Flink, handläggaren Moa Forstorp, biträdande lektorn Mathias Fridahl, ämnesrådet Susanne Gerland, energiexperten Jenny Gode, seniora rådgivaren Ola Hansén, kanslirådet Emi Hijino, klimatpolitikansvarige Per Holm, docenten Daniel Johansson, professorn Anders Lyngfelt, kanslirådet Michael Löfroth, klimatanalytikern Julien Morel, ämnesrådet Hans Nilsagård, kraftvärmeansvarige Karolina Norbeck, miljödirektören Helena Sjögren, ämnesrådet Thomas Sundqvist, energi- och klimatstrategen Erik Särnholm, seniora rådgivaren Svante Söderholm, produkt- och miljöexperten Ebba Tamm, doktorn i skogsskötsel Karin Vestlund Ekerby, klimatsakkunnige

Caroline Westblom samt geologen och utredaren Anna Åberg från och med den 15 oktober 2018.

Departementssekreteraren Björn Telenius förordnades som expert från och med den 1 mars 2019.

Per Bodin och Lars Ekberg entledigades den 24 maj 2019 och i stället förordnades utredaren Frida Edström och kanslirådet Annika Holmberg som experter från och med samma datum. Samma dag förordnades även verksamhetsutvecklaren Björn Sjöberg som expert.

Karin Vestlund Ekerby entledigades den 9 september 2019 och i stället förordnades naturvårdsexperten Gunnar Lindén som expert från och med samma datum. Samma dag entledigades även Julien Morel.

Som huvudsekreterare anställdes Monica Daoson från och med den 1 oktober 2018. Som utredningssekreterare anställdes David Mjureke från och med den 17 september 2018 och Mattias Lundblad från och med den 15 november 2018. Eva Jernbäcker anställdes som utredningssekreterare från och med den 1 november 2018 till och med den 15 november 2019 och fortsatte därefter som inlånad från Klimatpolitiska rådet från och med den 18 november 2019 till och med den 31 december 2019 och från Naturvårdsverket från och med den 1 januari 2020 till och med den 31 januari 2020. Björn Boström anställdes som utredningssekreterare från och med den 20 oktober 2018 till och med den 30 juni 2019 och fortsatte därefter som inlånad från Naturvårdsverket från och med den 15 augusti 2019 till och med den 31 december 2019.

Utredningen, som har antagit namnet Klimatpolitiska vägvalsutredningen, överlämnar härmed betänkandet *Vägen till en klimatpositiv framtid* (SOU 2020:4).

Utredningens uppdrag är därmed slutfört.

Stockholm i januari 2020

Åsa-Britt Karlsson

/Monica Daoson
Björn Boström
Eva Jernbäcker
Mattias Lundblad
David Mjureke

Innehåll

Förkortningar och begrepp	19
--	-----------

Sammanfattning:

Vägen till en klimatpositiv framtid – strategi och handlingsplan för att nå negativa utsläpp av växthusgaser efter 2045	25
--	-----------

Summary:

The pathway to a climate-positive future – strategy and action plan for achieving negative greenhouse gas emissions after 2045	69
---	-----------

1 Författningsförslag.....	117
-----------------------------------	------------

1.1 Förslag till förordning om statligt stöd till negativa utsläpp genom bio-CCS.....	117
--	-----

1.2 Förslag till förordning om ändring i förordningen (2014:21) om geologisk lagring av koldioxid	122
--	-----

1.3 Förslag till förordning om ändring i förordningen (2014:520) med instruktion för Statens energimyndighet	125
--	-----

1.4 Förslag till förordning om ändring i förordningen (2017:1319) om statligt stöd till åtgärder för att minska industrins processrelaterade utsläpp av växthusgaser och för negativa utsläpp.....	128
---	-----

2	Uppdraget och dess genomförande	129
2.1	Utredningens uppdrag	129
2.1.1	En strategi för negativa utsläpp av växthusgaser	130
2.1.2	Ökad kolsänka i skog och mark	130
2.1.3	Avskiljning, transport och lagring av koldioxid	131
2.1.4	Verifierade utsläppsminskningar i andra länder ..	132
2.1.5	Andra tekniska åtgärder för upptag av växthusgaser	133
2.2	Utredningens arbete	134
2.3	Samråd	135

DEL I, Allmän bakgrund

3	Det klimatpolitiska ramverket och dess tillkomst	139
3.1	Ett mål för nettonollutsläpp tar form	139
3.2	Det klimatpolitiska ramverket	141
3.2.1	Långsiktigt utsläppsmål till 2045	142
3.2.2	Mål till 2030 och 2040	143
3.2.3	Kompletterande åtgärder	144
3.2.4	Indikativa målbanor	145
4	Klimatramverk internationellt och inom EU	147
4.1	FN:s ramkonvention om klimatförändringar	147
4.1.1	Klimatkonventionen och Kyotoprotokollet	147
4.1.2	Parisavtalet	149
4.2	EU:s klimatmål till 2020, 2030 och kommande långsiktiga klimathandlingsplan till 2050	151
4.2.1	EU:s klimat- och energimål till 2020	151
4.2.2	EU:s färdplaner	152
4.2.3	EU:s klimat- och energiramverk till 2030	153
4.2.4	Kommissionens underlag till en långsiktig klimatstrategi för EU	158

5	Parisavtalets temperaturmål – aktuella scenarier från IPCC och EU.....	161
5.1	Temperaturmål, utsläppsbudgetar och negativa utsläpp	161
5.2	IPCC:s specialrapport om 1,5 graders global temperaturökning	162
5.2.1	Globala utsläppsbanor som begränsar temperaturökning till 1,5 grader jämfört med den förindustriella nivån	163
5.2.2	Nettonollutsläpp enligt modelleringarna i IPCC:s specialrapport.....	169
5.2.3	Ländernas sammanlagda åtaganden är inte tillräckliga.....	170
5.3	Behovet av negativa utsläpp i Europeiska kommissionens nya långsiktiga lågutsläppsscenarier	172

DEL II, Ökning av kolsänkan

6	Förutsättningar och potential för åtgärder inom LULUCF-sektorn.....	181
6.1	Åtgärder som ökar kolsänkan och minskar utsläppen inom LULUCF-sektorn.....	199
6.1.1	Åtgärder för ökad kolsänka på skogsmark	200
6.1.2	Åtgärder för ökad kolinlagring i jordbruksmark (åkermark och betesmark)	214
6.1.3	Öka kolsänkan genom beskogning	231
6.1.4	Avskogning och annan markanvändningsförändring orsakar växthusgasutsläpp	239
6.1.5	Avverkade träprodukter lagras in kol.....	241
6.1.6	Återvätning av dränerad torvmark kan minska utsläppen av växthusgaser	246

7	Styrning och styrmedel för ökad kolsänka och minskade utsläpp i LULUCF-sektorn	257
7.1	Styrning och styrmedel för ökad kolsänka och minskade utsläpp inom LULUCF-sektorn	270
7.1.1	Jordbruksmark	270
7.1.2	Beskogning	274
7.1.3	Återvätning	277
7.1.4	Skogsmark	281
7.1.5	Avskogning och annan markanvändningsförändring som orsakar växthusgasutsläpp – exploatering	287
7.1.6	Avverkade träprodukter (HWP)	288
7.2	Redovisning, uppföljning och tillgodoräkning av kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn	292
7.2.1	LULUCF-förordningen	292
7.2.2	Kyotoprotokollets regelverk	293
7.2.3	Sveriges nationella mål	294
7.2.4	EU:s långsiktiga klimatstrategi	294
7.2.5	Parisavtalets regelbok	294
7.2.6	Förslag till tolkning av vad som ska kunna tillgodoräknas från LULUCF-sektorn för att nå utsläppsmålen 2030, 2040 och 2045 och uppföljning av kompletterande åtgärder	295
8	Bakgrund om LULUCF	301
8.1	Övergripande om LULUCF-sektorn	301
8.2	Utsläpp och upptag i LULUCF-sektorn	303
8.2.1	Markanvändning och skogsbruk bidrar med ett stort nettoupptag	303
8.2.2	Nettoupptag på skogsmark dominerar sektorn ..	305
8.2.3	Åkermark bidrar med stora utsläpp	305
8.2.4	För betesmark ligger nettoupptaget nära noll	306
8.2.5	Brukad våtmark bidrar med små utsläpp	307
8.2.6	Beskogad mark och avskogad mark (beskogning och avskogning) är betydelsefulla för kolbalansen	307
8.2.7	Träprodukter bidrar med betydande kolinlagring ...	308

8.3	Risker förknippade med naturliga störningar	308
8.4	Generella målkonflikter och synergier	310
8.4.1	Den biologisk mångfalden kan påverkas av klimatåtgärder.....	311
8.4.2	Andra mål påverkas men det finns även synergier.....	312
8.4.3	Förnybar råvara kan substituera fossila alternativ.....	312
8.5	Klimat effekter	313
8.5.1	Klimatet påverkar skog och mark.....	314
8.5.2	Tydlig påverkan på jordbruket av klimatförändringar.....	315

DEL III, Avskiljning och lagring av biogen koldioxid

9 Förutsättningar och potential för bio-CCS i Sverige..... 319

9.1	Teknisk potential och förutsättningar för CCS och bio- CCS i Sverige samt konsekvenser för biologisk mångfald	326
9.1.1	Punktutsläppskällor.....	326
9.1.2	Förutsättningar för transport	340
9.1.3	Bedömning av teknisk potential och förutsättningar för koldioxidavskiljning och transport.....	345
9.1.4	Koldioxidlagring i Sverige och närområdet.....	345
9.1.5	Konsekvenser för biologisk mångfald.....	355
9.2	Kostnadsuppskattningar och realiserbar potential för bio-CCS.....	358
9.2.1	Koldioxidavskiljning.....	358
9.2.2	Transport av koldioxid.....	363
9.2.3	Lagring av koldioxid.....	365
9.2.4	Sammantagen kostnadsuppskattning, realiserbar potential för bio-CCS och framtida kostnadsutveckling.....	367
9.3	Kunskapsläget om CCS och bio-CCS och hur detta kan förbättras	370

10	Styrning och styrmedel för bio-CCS	373
10.1	Incitamentsstruktur för bio-CCS i dag.....	385
10.1.1	Negativa respektive positiva externa effekter	387
10.2	Fördjupad bakgrund till skälen för utredningens förslag och bedömningar	387
10.2.1	Typer av styrmedel, styrmedelsutvärdering och teknisk mognadsgrad	387
10.3	Styrmedelsalternativ för att främja bio-CCS.....	390
10.3.1	Subventionering av FoU samt demonstration	391
10.3.2	Omvänd auktionering (långsiktigt garanterad efterfrågan)	392
10.3.3	Inmatningstariff (långsiktigt garantipris), subventionering och skattekrediter	397
10.3.4	Koldioxidavgift.....	398
10.3.5	Kvotplikt och certifikatshandel.....	400
10.3.6	Frivillig klimatkompensation	401
10.3.7	Räntestyrning	402
10.3.8	Skattebefrielse för egenproducerad el som används för avskiljning av koldioxid	403
10.3.9	Styrning för att främja bio-CCS på EU-nivå	404
10.4	Acceptans, koldioxidläckage och långsiktighet	407
10.4.1	Acceptans	407
10.4.2	Risk att produktion flyttar utomlands (koldioxidläckage).....	408
10.4.3	Långsiktighet i politisk styrning	409
10.5	Ansvarsfördelning inom staten och samverkan mellan statliga och icke-statliga aktörer	410
11	Bakgrund om CCS inklusive bio-CCS	415
11.1	Vad är CCS, bio-CCS och CCU?	415
11.1.1	Begrepp	415
11.1.2	Avskiljning av koldioxid	417
11.1.3	Transport av koldioxid.....	423
11.1.4	Lagring av koldioxid	425

11.2	CCS i världen, Europa och Sverige	430
11.2.1	Global utblick	430
11.2.2	CCS och EU	432
11.2.3	CCS i Sveriges närområde.....	434
11.2.4	CCS i den svenska klimatpolitiken hittills.....	441
12	Brister och hinder i lagstiftningen för CCS inklusive bio-CCS.....	447
12.1	Bakgrund	463
12.1.1	Gällande EU-rätt	463
12.1.2	Gällande nationell rätt.....	484
12.1.3	Gällande internationell rätt.....	507
 DEL IV, Verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder		
13	Förslag till fortsatta insatser för att förvärva enheter från verifierade utsläppsminskningar i andra länder.....	519
14	Bakgrund om verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder	537
14.1	Inledning.....	537
14.2	Erfarenheter av genomförande av flexibla mekanismer under Kyotoprotokollet	539
14.2.1	Kyotoprotokollet	539
14.2.2	Störst marknad för CDM-projekt.....	542
14.2.3	Resultat från internationella utvärderingar av CDM-projekt	549
14.2.4	Svenska insatser för klimatåtgärder i andra länder.....	555
14.2.5	Lärdomar från de flexibla mekanismernas utveckling under Kyotoprotokollet	563
14.3	Parisavtalet skapar nya förutsättningar.....	565
14.3.1	Ambitionsnivån behöver höjas	565
14.3.2	Parterna lämnar in nationella klimatplaner som stegvis behöver skärpas	566

14.3.3	Samarbeten för att genomföra nationellt fastställda bidrag	567
14.3.4	Nya marknadsbaserade och inte marknadsbaserade ansatser är under utveckling	567
14.3.5	Förslag om hur de marknadsbaserade samarbetsformerna kan utvecklas	573
14.3.6	Förslag om hur artikel 6-samarbeten sammantaget kan bidra till ambitionsnivåhöjningar i linje med Parisavtalet ...	578
14.3.7	Pågående utvecklingsarbete vid Energimyndigheten.....	580
15	Marknader och potentialer för överföring av verifierade utsläppsminskningar mellan länder	585
15.1	Scenarier för några möjliga marknadsutvecklingar från 2021 och framåt	591
15.1.1	Uppgiften och några viktiga utgångspunkter.....	591
15.1.2	Utbud och marknad för verifierade utsläppsminskningar i andra länder.....	593
15.2	Scenario 1 <i>Nuvarande ambitionsnivå</i>	598
15.2.1	Avgränsning av analysen.....	598
15.2.2	G 20-ländernas klimatplaner och intresse för utsläppsmarknader	600
15.2.3	Potentiella köparländer utanför G20-länderna ...	614
15.2.4	Hur kan efterfrågan från några möjliga köparländer utvecklas?.....	615
15.2.5	Internationell flygfart en större köpare av internationellt verifierade utsläppsminskningar än länder under Parisavtalet	619
15.2.6	Utsläppshandelssystem och annan koldioxidprissättning driver i viss utsträckning på utvecklingen av marknader för åtgärder i andra länder ..	622
15.2.7	Osäkert hur frivilligmarknaden för klimatkompensation utvecklas.....	623
15.2.8	Enheter från aktiva CDM-projekt kan komma att godkännas under Parisavtalets artikel 6.....	625
15.2.9	Pågående pilotprojekt ger en inledande bild av handeln under Parisavtalets artikel 6.....	626

15.3	Scenario 2 <i>höjd ambitionsnivå</i>	627
15.3.1	Hur minskar utsläppen i globala 1,5- och 2-gradersscenarier?	627
15.3.2	Störst utsläppsminskningar i medelinkomstländer enligt de modellerade scenarierna i IPCC:s rapporter.....	631
15.3.3	Växthusgasmarknader kan sänka kostnaderna för att nå globala klimatmål förutsatt att länder med högre per capita-utsläpp och högre ekonomisk kapacitet tar på sig mer omfattande åtaganden	637
15.4	Vad kan artikel 6 enheterna komma att kosta?	638
16	Förvärv av enheter från verifierade utsläppsminskningar inom EU.....	643
16.1.1	Genomförandet av klimat- och energipaketet till 2020 utgör startpunkten.....	645
16.1.2	EU:s klimat- och energiramverk till 2030 kom på plats i alla delar 2019.....	647
16.1.3	Effekter av att Sverige köper utsläppsrätter från utsläppshandelssystemet som en kompletterande åtgärd under perioden 2021–2030	652
16.1.4	Möjligheterna att förvärva enheter från andra medlemsländer i EU 2021–2030	653
16.1.5	Sverige som köpare av enheter inom ESR-sektorn.....	658
16.1.6	Om EU-länderna skärper sina gemensamma klimatmål till 2030	659

DEL V, Andra kompletterande åtgärder

17	Andra tekniska åtgärder för upptag av växthusgaser.....	663
18	Bakgrund om andra tekniska åtgärder för upptag av växthusgaser	677
18.1	Inledning.....	677

18.2	Andra tekniker för negativa utsläpp.....	677
18.3	Åtgärdspotential globalt	678
18.3.1	EASAC har analyserat möjligheten för olika tekniker att bidra med upptag av koldioxid.....	680
18.3.2	EU:s långsiktiga klimatstrategi inkluderar vissa tekniker för negativa utsläpp	680
18.4	Svensk potential för andra tekniker för negativa utsläpp...	681
18.4.1	Biokol kan bidra med kolinlagring i Sverige.....	681
18.4.2	Påskyndad vittring	687
18.4.3	Det är möjligt att öka upptag av koldioxid i krossad betong.....	688
18.4.4	Upptaget av koldioxid i slagg kan ökas	689
18.4.5	DACCS	689
18.4.6	Havsgödsling har ingen realiserbar potential	691
18.4.7	CCU	692

DEL VI, System för uppföljning och konsekvensanalys

19	Uppföljning, redovisning och utveckling av de kompletterande åtgärderna	699
20	Konsekvensanalys	709
20.1	Detta kapitel	709
20.2	Vilka problem ska förslaget till strategi bidra till att lösa?	710
20.2.1	Det saknas incitament för kompletterande åtgärder både på kort och lång sikt mot målen i klimatramverket	710
20.2.2	Strategin behöver utformas på ett kostnadseffektivt sätt samtidigt som betydande osäkerheter behöver hanteras.....	713
20.2.3	Strategin behöver vara genomförbar.....	715
20.2.4	Utredningens förslag till strategi	716

20.3	Vad händer om inget görs?.....	728
20.3.1	Ytterligare utsläppsminskningar i stället för kompletterande åtgärder	728
20.4	Hur kostnadseffektivt och samhällsekonomiskt effektivt är förslaget till strategi?	736
20.4.1	Åtgärds-kostnader och intäkter mot 2030 och 2045	737
20.4.2	Åtgärds-kostnader och offentlig-finansiella kostnader per styrmedelsförslag.....	742
20.4.3	Kostnader mot 2045	748
20.5	Finansierings-möjligheter	750
20.5.1	Behovet av finansiering av tillkommande offentlig-finansiella kostnader	750
20.5.2	Ökade intäkter från höjningar av generella skatter.....	751
20.6	Makroekonomiska effekter	752
20.6.1	Ekonomiska effekter i en värld som ställer om ...	752
20.6.2	Låga makroekonomiska effekter av utgifterna kopplade till huvudförslagen i strategin.....	753
20.7	Risker och osäkerheter i uppskattningar av framtida effekter och kostnader.....	754
20.7.1	LULUCF-åtgärder	754
20.7.2	Bio-CCS-åtgärder.....	755
20.7.3	Åtgärder i andra länder.....	755
20.8	Effekter på energisystemet.....	756
20.8.1	Effekter på energisystemet och biomassaanvändningen av utredningens förslag på LULUCF-området.....	756
20.8.2	Energiåtgång och elförbrukning för CCS och bio-CCS-anläggningar.....	757
20.8.3	Effekter på energisystemet av en biokolintroduktion	758
20.8.4	Påverkan på efterfrågan på biodrivmedel till 2030	759
20.8.5	Energisystemeffekter i sammanfattning	759

20.9	Effekter på miljö kvalitetsmålet <i>Begränsad klimatpåverkan</i> ...	760
20.9.1	63- respektive 85-procentsmålet	760
20.9.2	Målet om nettonegativa utsläpp efter 2045	761
20.10	Effekter på övriga miljö kvalitetsmål inklusive generationsmålet.....	762
20.10.1	Generationsmålet, mål om biologisk mångfald och andra miljö kvalitetsmål.....	762
20.11	Effekter på konkurrensförhållanden, risk för koldioxidläckage	768
20.12	Andra konsekvenser	769
20.12.1	Förslagens förenlighet med EU-rätten inklusive reglerna om statligt stöd	769
20.12.2	Förslagens förenlighet med internationell rätt....	772
20.12.3	Regionalpolitik och konsekvenser för enskilda och företag.....	776
20.12.4	Konsekvenser för myndigheter och allmänna domstolar.....	781
20.12.5	Konsekvenser för jämställdhet och den personliga integriteten	786
20.12.6	Konsekvenser för den kommunala självstyrelsen, brottsligheten och det brottsförebyggande arbetet samt de integrationspolitiska målen	787
20.13	Konsekvenser av utredningens förslag till författningsändringar	787
20.13.1	Inledning.....	787
20.13.2	Förslag till förordning om statligt stöd till negativa utsläpp genom bio-CCS.....	788
20.13.3	Förslag till förordning om ändring i förordningen (2014:21) om geologisk lagring av koldioxid	788
20.13.4	Förslag till förordning om ändring i förordningen (2014:520) med instruktion för Statens energimyndighet	789
20.13.5	Förslag till förordning om ändring i förordningen (2017:1319) om statligt stöd till åtgärder för att minska industrins processrelaterade utsläpp av växthusgaser och för negativa utsläpp	789

20.14	Analys av alternativ till utredningens huvudförslag inom området markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk, LULUCF	790
20.15	Beskrivning av presenterade kostnadsuppskattningar	801
	Referenser	813
	Bilaga	
Bilaga 1	Kommittédirektiv 2018:70	835

Förkortningar och begrepp

Förkortningar

AIJ	<i>Activity implemented jointly</i>
AR5	IPCC:s femte utvärderingsrapport
Bio-CCS	Avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung, <i>Bio-energy with carbon capture and storage</i>
CAP	EU:s gemensamma jordbrukspolitik, <i>Common Agricultural Policy</i>
CCAP	<i>Center for Clean Air Policy</i>
CCS	Avskiljning, transport och lagring av koldioxid, <i>Carbon capture and storage</i>
CCU	Avskiljning och användning av koldioxid, <i>Carbon capture and use</i>
CDM	Mekanismen för ren utveckling, <i>Clean Development Mechanism</i>
CDR	<i>Carbon dioxide removal</i>
CEF	Fonden för ett sammanlänkat Europa, <i>Connecting Europe Facility</i>
COP	Partsmöte, <i>Conference of the parties</i>
CORSIA	<i>Carbon offsetting and reduction scheme for international aviation</i>
DACC	Direktinfångning och avskiljning av koldioxid i atmosfären, <i>Direct air carbon capture</i>

DACCS	Direktinfångning och avskiljning av koldioxid i atmosfären och lagring, <i>Direct air carbon capture and storage</i>
DME	Metanol och dimetyleter
EASAC	<i>European Academies' Science Advisory Council</i>
EEA	Europeiska miljöbyrån, <i>European Environment Agency</i>
EES	Europeiska ekonomiska samarbetsområdet
EHR	<i>Enhanced hydrocarbon recovery</i>
EIB	Europeiska investeringsbanken, <i>European Investment Bank</i>
ESD	Ansvarsfördelningsbeslutet, <i>Effort sharing decision</i>
ESR	Ansvarsfördelningsförordningen, <i>Effort sharing regulation</i>
EU ETS	EU:s utsläppshandelssystem, <i>EU emissions trading system</i>
FoU	Forskning och utveckling
GCF	Gröna klimatfonden, <i>Green Climate Fund</i>
GEF	Globala miljöfaciliteten, <i>Global Environment Facility</i>
HWP	Avverkade träprodukter, <i>Harvested wood products</i>
HVO	<i>Hydrotreated vegetable oil</i>
HYBRIT	<i>Hydrogen breakthrough ironmaking technology</i>
IAM	<i>Integrated assessment models</i>
IATA	<i>International Air Transport Association</i>
IEA	Internationella energirådet, <i>International Energy Agency</i>
IET	Internationell handel med utsläppsrätter mellan länder
ICAO	Internationella civila luftfartsorganisationen, <i>International Civil Aviation Organisation</i>
IMO	Internationella sjöfartsorganisationen, <i>International Maritime Organisation</i>

IPCC	FN:s klimatpanel, <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IRENA	Internationella rådet för förnybar energi, <i>International Renewable Energy Agency</i>
ITMOS	Internationellt överförbara utsläpps begränsningsresultat, <i>Internationally transferable mitigation outcomes</i>
JCM	Japans krediteringssystem för åtgärder i andra länder, <i>Joint crediting system</i>
JI	Gemensamt genomförande, <i>Joint implementation</i>
KP1	Kyotoprotokollet under den första åtagandeperioden
KP2	Kyotoprotokollet under den andra åtagandeperioden
LAM	Latinamerika
LEDS	Lågutsläppsutvecklingsstrategi, <i>Low emission development strategy</i>
LONA	Lokala naturvårdssatsningen
LOVA	Lokala vattenvårdsprojekt
LNG	Flytande naturgas, <i>Liquefied natural gas</i>
LPG	Gasol, <i>Liquefied petroleum gas</i>
LULUCF	Markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk, <i>Land use, land use change and forestry</i>
MAF	Mellanöstern och Afrika
MSR	Marknadsstabilitetsreserv
MUL	Minst utvecklade länderna
NCI	<i>New Climate Institute</i>
NDC	Nationella klimatplaner, <i>Nationally determined contributions</i>
NER300	EU:s finansieringsprogram för innovativa demonstrationsprojekt för stöd till bl.a. CCS
NICA	<i>Nordic initiative for cooperative approaches</i>

NIR	Nationell inventeringsrapport, <i>National inventory report</i>
NordiCCS	<i>Nordic CCS Competence Center</i>
OMGE	<i>Overall mitigation in global emissions</i>
REDD+	<i>United Nations collaborative programme on reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries</i>
REF	Länder från den forna Warszawapakten, <i>Reforming countries</i>
SASM	Matematisk modell för jordbruket i Sverige, <i>Swedish agricultural sector model</i>
SDG	Hållbarhetsmål, <i>Sustainable development goals</i>
SEI	<i>Stockholm Environment Institute</i>
SRM	<i>Solar radiation management</i>
SSP	<i>Shared socioeconomic pathways</i>
SET-planen	<i>The European strategic energy technology plan</i>
SR 1,5-rapporten	IPCC:s specialrapport om 1,5 graders global temperaturökning
SGU	Sveriges geologiska undersökning
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
TACCC	Klimatrapporteringens principer om att redovisningen ska vara korrekt, komplett, jämförbar och konsistent, <i>Transparency, accuracy, completeness, comparability, consistency.</i>
TCAF	<i>Transformative carbon asset facility</i>
UNEP	FN:s miljöprogram, <i>United Nations Environment Programme</i>
VCS	<i>Verified carbon standard</i>
ZEP	<i>European technology platform for zero emission fossil fuel power plants</i>

Begrepp

- Kompletterande åtgärder** Till kompletterande åtgärder räknas ökat netto-upptag och minskade utsläpp i skog och mark, avskiljning, transport och lagring av koldioxid med biogent ursprung, verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder och negativa utsläpp genom andra tekniska åtgärder.
- Inom sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) föreslås att endast additionellt nettoupptag eller minskade utsläpp som följer av åtgärder som anges i denna strategi får tillgodoräknas som kompletterande åtgärder mot det nationella målet.
- Negativa utsläpp** Negativa utsläpp uppstår om mänsklig aktivitet leder till upptag av koldioxid utöver det upptag som annars skulle ha uppstått naturligt i kolcykeln.
- Negativa nettoutsläpp av koldioxid uppstår när en större mängd koldioxid tas bort från atmosfären genom mänsklig aktivitet än de, genom mänsklig aktivitet orsakade utsläppen som återstår.
- Nettonollutsläpp** Nettonollutsläpp uppnås när de av människan orsakade utsläppen av växthusgaser (eller koldioxid) motsvarar det av människan orsakade upptaget av växthusgaser (eller koldioxid).

Sammanfattning: Vägen till en klimatpositiv framtid – strategi och handlingsplan för att nå negativa utsläpp av växthusgaser efter 2045

För att nå negativa utsläpp av växthusgaser krävs kompletterande åtgärder, vid sidan av omfattande utsläppsminskningar. Denna strategi innehåller principer och mål för en politik på området kompletterande åtgärder samt en handlingsplan för att nå dessa mål.

All pathways that limit global warming to 1.5 °C with limited or no overshoot project the use of carbon dioxide removal (CDR) on the order of 100–1 000 GtCO₂ over the 21st century. CDR would be used to compensate for residual emissions and, in most cases, achieve net negative emissions to return global warming to 1.5 °C following a peak (high confidence).

Ur IPCC:s 1,5-gradersrapport från 2018

Inledning

Enligt FN:s klimatpanel IPCC krävs åtgärder och tekniker för negativa utsläpp och globala negativa nettoutsläpp av koldioxid för att begränsa den globala uppvärmningen till maximalt 1,5 °C. Enligt IPCC uppstår negativa nettoutsläpp av koldioxid när en större mängd koldioxid tas bort från atmosfären tack vare mänsklig aktivitet än de av människor orsakade utsläpp som återstår.

Enligt klimatavtalet från Paris (Parisavtalet) ska parterna sträva efter att uppnå en balans mellan utsläpp och upptag av växthusgaser under andra hälften av detta århundrade. Utvecklade länder förutsetts gå före i detta arbete och många länder runtom i världen har antagit eller är på väg att anta mål om nettonollutsläpp.

Det svenska klimatpolitiska ramverket från 2017 anger att Sverige ska nå nettonollutsläpp senast 2045 och ha negativa nettoutsläpp därefter. För att nå målet krävs s.k. kompletterande åtgärder vid sidan av omfattande utsläppsminskningar, eftersom negativa nettoutsläpp inte kan nås enbart genom utsläppsminskningar. Det klimatpolitiska ramverket kan därmed inte genomföras utan en politik för kompletterande åtgärder.

Det klimatpolitiska ramverket placerar Sverige i en liten men växande grupp föregångsländer på klimatområdet. Denna strategi konkretiserar hur Sverige kan arbeta med åtgärder och tekniker för negativa utsläpp av växthusgaser, dvs. som leder till upptag av växthusgaser ur atmosfären, och andra typer av kompletterande åtgärder för att nå målen i det klimatpolitiska ramverket. Få länder har kommit lika långt i sina förberedelser för att åstadkomma negativa nettoutsläpp som Sverige. Om strategins handlingsplan genomförs, tillsammans med de omfattande utsläppsminskningar som det klimatpolitiska ramverket förutsätter, ökar Sveriges trovärdighet som föregångsland inom klimatområdet på ett betydande sätt. Då tydliggörs att Sverige avser att agera i enlighet med vetenskapen för att göra sin del när Parisavtalets mål ska infrias.

Att vara ett föregångsland kräver mod. En politik behöver utvecklas för ett delvis helt nytt område som karaktäriseras av stora osäkerheter och begränsade erfarenheter.

Det finns dock inga stora risker och inga oöverstigliga hinder som motiverar att Sverige väntar med att agera. Tvärtom finns det tungt vägande skäl för, och stora möjligheter med, att snabbt genomföra de åtgärder som krävs för att skapa förutsättningar för netto-negativa utsläpp. Skälen utvecklas ytterligare nedan under rubriken *Kompletterande åtgärder behövs vid sidan av utsläppsminskningar*. Under rubriken *Principer för hur volymen kompletterande åtgärder bör byggas upp* redovisas hur byggstenarna i en politik för att maximera nyttan av kompletterande åtgärder kan se ut.

Sverige är ett glest befolkat skogsland; mer än två tredjedelar av Sveriges landyta är täckt av skog. Detta innebär att åtgärder som

påverkar kolinlagringen i skog och mark och möjligheten att producera förnybar råvara på ett hållbart sätt är av stor betydelse för de nationella nettoutsläppen. Även om det svenska jordbruket inte omfattar så stora arealer finns även där goda möjligheter att öka produktionen och kolinlagringen genom åtgärder som bidrar till flera samtidiga mervärden.

Den rikliga tillgången till biomassa som råvara för massa- och pappersindustrin har resulterat i att Sverige har ett stort antal betydande punktutsläppskällor av biogen koldioxid. Användning av restprodukter från skogsbruket och massaproduktionen har dessutom gett upphov till flera stora punktutsläppskällor av biogen koldioxid inom energisektorn. Potentialen till negativa utsläpp genom tillämpning av avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung (bio-CCS) vid dessa punktutsläppskällor är hög.

Sverige har därmed särskilt goda förutsättningar för vissa åtgärder och tekniker som resulterar i negativa utsläpp av växthusgaser och bör i så stor utsträckning som möjligt utnyttja dessa. Några länder har liknande förhållanden som Sverige och kan använda sig av samma åtgärder och tekniker för negativa utsläpp, medan andra länder helt eller delvis kommer att behöva välja andra vägar utifrån sin specifika situation. Med tanke på klimatutmaningens storlek och brådskan med vilken den måste bemötas behöver alla goda förutsättningar för negativa utsläpp av växthusgaser i världen tas tillvara.

Syftet med strategin

- Strategins övergripande syfte är att bidra till att Sverige når målen i det klimatpolitiska ramverket.
- Strategin ska göra det möjligt att använda kompletterande åtgärder för att nå nettonollmålet senast 2045 samt målen för 2030 och 2040.
- Strategin ska göra det möjligt för Sverige att nå negativa nettoutsläpp av växthusgaser efter att nettonollmålet uppnåtts, genom användning av kompletterande åtgärder.
- Strategin ska bidra till att målen i det klimatpolitiska ramverket uppnås på ett kostnads- och samhällsekonomiskt effektivt sätt och utan att förutsättningarna att nå miljökvalitetsmålen försämras.

Mål för kompletterande åtgärder

Mål för kompletterande åtgärder bör fastställas och beslutas. Strategin utgår från följande mål för kompletterande åtgärder:

- År 2030 ska Sverige åstadkomma kompletterande åtgärder som motsvarar minst 3,7 miljoner ton koldioxid per år.
- År 2045 ska Sverige åstadkomma kompletterande åtgärder som motsvarar minst 10,7 miljoner ton koldioxid per år. Nivån ska kunna öka efter 2045.
- Mellan 2021 och 2045 ökar volymen årligen genererade kompletterande åtgärder kontinuerligt.

Det är upp till framtida regeringar att besluta i vilken utsträckning kompletterande åtgärder ska räknas av mot målen i det klimatpolitiska ramverket.

Målnivån för kompletterande åtgärder 2045 utgår från den maximalt tillåtna användningen av kompletterande åtgärder för att nå nettonollmålet, enligt det svenska klimatpolitiska ramverket. Målnivån för kompletterande åtgärder 2030 utgår, på samma sätt, från den maximalt tillåtna användningen av kompletterande åtgärder för att nå klimatmålet för 2030. Den bärande tanken är att volymen kompletterande åtgärder ska byggas upp kontinuerligt över tid. Därför behövs inte någon kvantitativ målnivå för kompletterande åtgärder 2040; det viktiga är att volymen kompletterande åtgärder fortsätter öka mot målnivån för 2045.

Klimatmålen i det klimatpolitiska ramverket är uttryckta som procent av de historiska utsläppen. Det innebär att klimatmålen uttryckta som volymer kan ändras i takt med att den svenska utsläppsrapporteringen utvecklas. Vid större förändringar av tidigare rapporterade historiska utsläpp kan därför även målnivåerna för kompletterande åtgärder behöva ses över.

Kompletterande åtgärder behövs vid sidan av utsläppsminskningar

Både utsläppsminskningar och kompletterande åtgärder behövs

För att klara Parisavtalets mål och de svenska klimatmålen behövs både stora utsläppsminskningar och kompletterande åtgärder. Det klimatpolitiska ramverket innebär att utsläppen i Sverige ska minska med minst 85 procent till 2045 jämfört med 1990. Kompletterande åtgärder ersätter inte behovet av en omfattande samhällsomställning och stora utsläppsminskningar, utan är ett komplement till en sådan utveckling.

Vissa utsläpp är mycket svåra att minska

Målet om nettonollutsläpp i Sverige senast 2045 är mycket svårt att nå enbart genom utsläppsminskningar. Det beror på att vissa utsläpp bedöms vara nästintill omöjliga att helt eliminera, åtminstone inte utan att även den verksamhet som ger upphov till utsläppen upphör.

För att minska växthusgasutsläppen med minst 85 procent behöver i stort sett all användning av fossila bränslen upphöra i samhället samtidigt som utsläppen från industriprocesser når nivåer nära noll, bl.a. genom att användningen av fossila insatsvaror fasas ut och genom att CCS-teknik tillämpas i branscher som t.ex. cementproduktion, där fossila koldioxidutsläpp annars inte kan undvikas. Användningen av energi och material måste effektiviseras kraftfullt och utsläppen från eltilförsel behöver nå nollnivåer samtidigt som elanvändningen ökar i industrin och transportsektorn.

De utsläpp som kvarstår när utsläppen minskats med 85 procent är främst metan- och lustgasutsläpp från en rad utspridda källor i samhället, t.ex. från förbränning av biobränslen, avloppsreningsverk, rötning för biogasproduktion och utsläpp från jordbruket. Dessa kvarvarande utsläpp bedöms med utgångspunkt i dagens kunskap och teknik vara mycket svåra och dyra att helt bli av med.

De största återstående växthusgasutsläppen 2045 förväntas finnas inom jordbrukssektorn. Jordbrukets växthusgasutsläpp sker till stor del som resultatet av biologiska processer, och utsläppen är typiskt sett utspridda över en mycket stor yta, vilket gör dem svåra att kontrollera och fånga in. Utsläppen kan visserligen minska per produ-

cerad enhet livsmedel eller jordbruksprodukt och genom att produktion av produkter med låga tillhörande utsläpp prioriteras, men utsläppen kan inte helt upphöra. Med dagens kunskap och teknik kan Sverige inte nå nollutsläpp så länge jordbruk fortfarande bedrivs. Sverige kan därmed inte nå det nationella klimatmålet om nettounullutsläpp senast 2045 enbart genom utsläppsminskningar.

Slutsatsen blir att kompletterande åtgärder behövs för att kompensera för utsläpp som med dagens kunskap och teknik inte helt kan elimineras. Genom en satsning på området kompletterande åtgärder, parallellt med teknikutveckling och en samhällsomställning för att minska utsläppen, gör sig Sverige inte beroende av mycket osäkra framtida tekniksprång för att nå målet om nettonullutsläpp senast 2045, samtidigt som det läggs en grund för att nå negativa nettoutsläpp därefter.

Kompletterande åtgärder krävs för att nå längre än till nettonoll

Enligt det klimatpolitiska ramverket ska Sverige ha nettoutsläpp som är lägre än noll efter det att nettonollmålet uppnåtts senast 2045, dvs. negativa nettoutsläpp. Negativa nettoutsläpp är endast möjliga om kompletterande åtgärder används och räknas av från kvarvarande utsläpp.

Det är inte specificerat i ramverket hur långt under noll de svenska nettoutsläppen ska vara efter 2045. Under förutsättning att nationella klimatmål även framgent beslutas utifrån vetenskaplig grund och med hänsyn till global rättvisa är det dock sannolikt att svenska klimatmål efter 2045 kommer att behöva vara väsentligt lägre än nettonoll. För att kunna nå sådana mål krävs en avsevärd volym kompletterande åtgärder.

Om inte de globala utsläppen minskar mycket snabbt i närtid kommer enligt IPCC stora negativa nettoutsläpp att krävas även på global nivå efter 2050 för att klara Parisavtalets temperaturmål, och den situationen består under lång tid. Ju tidigare stora utsläppsminskningar och negativa utsläpp kommer till stånd, desto lägre blir behovet av negativa utsläpp under århundradets andra hälft för att kompensera för en överskriden koldioxidbudget för 1,5 °C, men även vid en sådan utveckling behöver nettoutsläppen globalt nå under noll.

Mycket talar därför för att Sverige kommer att ha nationella klimatmål som är väsentligt lägre än nettonoll från och med andra hälften av detta århundrande och under överskådlig tid därefter. Volymer svenska kompletterande åtgärder behöver därmed på sikt troligen ligga på en hög nivå under lång tid.

Kompletterande åtgärder kan öka kostnadseffektiviteten på både kort och lång sikt

Om de nationella klimatmålen på väg mot nettonoll ska nås utan att kompletterande åtgärder tillgodoräknas stiger kostnaden för måluppfyllelse. De kompletterande åtgärder som föreslås i denna strategi beräknas vara förenade med väsentligt lägre åtgärds kostnader 2030 än t.ex. utsläppsminskningar genom ytterligare ökad användning av biodrivmedel utöver vad som kan krävas för att nå klimatmålet för transportsektorn. Även åtgärds kostnaderna på biodrivmedelsområdet för att nå klimatmålet för transportsektorn bedöms vara högre än för de föreslagna kompletterande åtgärderna. Det saknar dock praktisk betydelse, eftersom målkonstruktionen innebär att transportmålet ska klaras utan tillgodoräkning av kompletterande åtgärder.

Kostnaden för att nå det svenska nettonollmålet senast 2045 genom enbart utsläppsminskningar bedöms vida överstiga kostnaden för att nå målet genom att även tillgodoräkna kompletterande åtgärder, eftersom det förstnämnda som tidigare nämnts bl.a. bedöms ställa krav på stora ingrepp i omfattningen av jordbruksproduktionen i landet. De åtgärder som kan komma att bli nödvändiga för att nå nettonollmålet utan kompletterande åtgärder riskerar dessutom att leda till ökade utsläpp i andra länder, t.ex. genom ökad import av jordbruksprodukter, vilket kraftigt skulle reducera den faktiska klimatnyttan.

Möjlighet att svara upp mot skärpta klimatmål

Kunskapsläget om klimatförändringarna utvecklas kontinuerligt. IPCC:s senaste rapporter från 2018 och 2019 visar bl.a. att nettoutsläppen i världen, genom utsläppsminskningar och ökade upptag, behöver minska mycket snabbt under de närmaste decennierna för

att Parisavtalets temperaturmål ska kunna nås. Forskningsresultaten visar även att effekterna av ett förändrat klimat redan nu, vid omkring en grads temperaturökning jämfört med förindustriell nivå, är mer omfattande än vad som tidigare förutspåts.

Det är tänkbart att de nationella klimatmålen kommer att behöva skärpas för att fortsatt vara i linje med Parisavtalets mål och Sveriges ambition att vara ett föregångsland på klimatområdet. Om samhällsomställningen för att nå mycket låga växthusgasutsläpp i Sverige blir framgångsrik kan kompletterande åtgärder göra det möjligt att svara upp mot skärpta klimatmål på nationell eller europeisk nivå.

Principer för hur volymen kompletterande åtgärder bör byggas upp

Samma klimateffekt ska uppnås som för utsläppsminskningar i Sverige

Klimateffekten av kompletterande åtgärder ska enligt det klimatpolitiska ramverket vara jämförbar med klimateffekten av utsläppsminskningar i Sverige. När kompletterande åtgärder används för att nå klimatmålen ska det alltså inte innebära en ambitionssänkning i termer av klimateffekt. Detta är en mycket viktig utgångspunkt för strategin som bl.a. medför att endast negativa utsläpp (upptag av växthusgaser) och minskade utsläpp inom sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF-sektorn) som följer av effekter av åtgärder i denna strategi föreslås kunna tillgodoräknas som kompletterande åtgärder. Bokförda ökade upptag och utsläppsminskningar inom LULUCF-sektorn som skulle ha inträffat även i frånvaro av dessa åtgärder bör inte få räknas av gentemot klimatmålen som kompletterande åtgärder, eftersom det skulle leda till en sämre total klimateffekt jämfört med utsläppsminskningar i Sverige.

Ovanstående tolkning är i linje med IPCC:s definition av negativa utsläpp som säger att dessa uppstår genom planerad mänsklig aktivitet, t.ex. i tillägg till det upptag som annars skulle ha uppstått naturligt i kolcykeln.

För att kompletterande åtgärder ska vara jämförbara med utsläppsminskningar i Sverige krävs också att klimateffekten är jämförbar över tid. När kompletterande åtgärder används för att nå något av klimatmålen i det klimatpolitiska ramverket måste de användas och fördelas så att de kompenserar för en högre utsläppsnivå över tid – inte bara för det specifika måläret. Om kompletterande åtgärder enbart skulle användas så att de kompenserar för en högre utsläppsnivå under ett specifikt målar är deras klimateffekt inte jämförbar med klimateffekten av utsläppsminskningar i Sverige.

Kompletterande åtgärder som används ska sänka kostnaden för att nå klimatmålen

Kompletterande åtgärder ska kunna bidra till att Sverige når klimatmålen på ett kostnads- och samhällsekonomiskt effektivt sätt. I valet av vilka kompletterande åtgärder som bör genomföras är kostnadseffektivitet på kort och lång sikt faktorer som bör vägas in. I analysen behöver även hänsyn tas till risker, koldioxidlagringens permanenta, betydelsefulla sido nyttor och negativa effekter.

De styrmedel som tillämpas för att åstadkomma de kompletterande åtgärderna behöver även de utformas så att de är kostnads- och samhällsekonomiskt effektiva. En komponent i detta är att undvika s.k. koldioxidläckage, dvs. att produktion och tillhörande växthusgasutsläpp flyttar från Sverige till andra områden där produktionskostnaden är lägre till följd av en mindre ambitiös klimatpolitik.

Spridning av riskerna bör vara en ledstjärna

De olika typerna av kompletterande åtgärder är alla förknippade med osäkerheter och risker i genomförandet. Dessa risker innebär att det är högst troligt att flera av de projekt som initieras som kompletterande åtgärder inte kommer att leverera negativa utsläpp eller utsläppsminskningar enligt plan.

Det är också möjligt att en hel kategori kompletterande åtgärder visar sig vara en svårframkomlig väg. Detta skulle exempelvis kunna inträffa om inte, mot förmodan, en marknad för handel med verifierade utsläppsminskningar kommer på plats internationellt eller om lagringsplatser för svensk koldioxid inte blir tillgängliga i närtid.

Förändringar av EU:s regelverk kan innebära att det som kan räknas som en kompletterande åtgärd i dag inte utan vidare kan tillgödöräknas som en sådan i morgon. Detta gäller i synnerhet om omfattningen av EU:s huvudsakliga rättsakter på klimatområdet ändras vad gäller utsläppskällor och sänkor eller bokföringsregler. Flera av dessa rättsakter sträcker sig inte längre än till 2030.

Vilka riskerna är varierar naturligtvis mellan de olika kompletterande åtgärderna. Effekten av föreslagna och andra tänkbara åtgärder inom LULUCF-sektorn beror bl.a. på hur snabbt de kan komma till stånd och hur andra faktorer påverkar incitamenten att utföra åtgärderna, t.ex. marknadens efterfrågan på olika produkter från jord- och skogsbruk. Det finns också risker förknippade med olika former av naturliga störningar, vissa med koppling till klimatets utveckling, som kan begränsa utfallet för vidtagna åtgärder.

För bio-CCS är sannolikt affärsmässiga risker det stora hotet mot genomförandet av projekt men det finns även tekniska, juridiska och politiska risker eller hinder som kan fördröja eller stoppa projekt inom bio-CCS, även om utredningens förslag syftar till att minska dessa.

Parisavtalets regelbok för handel med resultat från utsläppsbegränsningar mellan länder är ännu inte färdigförhandlad. Det är en av flera faktorer som gör att det troligen kommer dröja ett antal år innan det är möjligt för Sverige att genomföra verifierade utsläppsminskningar i andra länder på ett ambitionshöjande sätt som dels säkrar att insatserna leder till åtgärder utöver de som ändå hade vidtagits i världländerna, dels inte leder till dubbelräkning av den utsläppsminskning som erhålls.

Andra tekniska åtgärder för upptag av växthusgaser befinner sig i en tidig utvecklingsfas och är oprövade i större skala. I dagsläget saknas dessutom system och gemensamma regelverk för att rapportera och bokföra negativa utsläpp genom sådana tekniker.

Givet de risker som finns inom alla områden för kompletterande åtgärder vore det oklokt att enbart satsa på en typ av kompletterande åtgärder. Riskspridning bör därför, åtminstone inledningsvis, vara en ledstjärna för hur volymen av kompletterande åtgärder ska byggas upp över tid. På sikt kan det bli tydligt att en eller flera typer av kompletterande åtgärder bör prioriteras framför andra.

Handling i dag ger handlingsutrymme imorgon

De kompletterande åtgärderna kännetecknas generellt sett av hög komplexitet och långa ledtider. Ingen kompletterande åtgärd kan genomföras med hög kvalitet utan att den föregås av ett omfattande planerings- och förberedelsearbete. Hur lång tidsperioden är mellan beslut om åtgärd till dess att resultatet av åtgärden kan börja tillgodoräknas i klimaträkenskaperna skiljer sig dock markant åt mellan olika kompletterande åtgärder.

För de flesta av åtgärderna på LULUCF-området krävs ytterligare analyser av var olika åtgärder är lämpliga att utföra, men dessa analyser bör inte vara mer omfattande än att åtgärderna kan genomföras inom något eller några år. När åtgärder väl är på plats tar det olika lång tid innan full effekt uppnås. En åtgärd som återvätning av dränerad torvmark minskar utsläppen relativt snabbt medan full effekt av beskningsåtgärder uppnås först efter flera tiotals år.

Projekt inom bio-CCS är förenade med långa ledtider. Förstudier, tillståndprocesser och uppförande av installationer för avskiljning, transport och lagring av koldioxid tar sammantaget flera år för varje enskilt projekt.

Ledtiderna för att genomföra åtgärder i andra länder, som kan bedömas vara additionella, bidra till hållbar utveckling och till en global ambitionsnivåhöjning, kommer särskilt i den inledande fasen att vara relativt långa. Under Parisavtalet har alla parter egna nationella klimatplaner som successivt behöver skärpas. Att genomföra en utsläpps begränsning i ett land som också antagit en egen klimatplan och infört nationella styrmedel för utsläppsminskningar på klimatområdet kräver därför samarbete mellan de deltagande parterna, bl.a. för att identifiera hur genomförandet av åtgärder inte ska försämra förutsättningarna för världens egen måluppfyllelse och möjlighet att skärpa landets egna ambitioner.

På grund av de långa ledtiderna från beslut till resultat för flera av de kompletterande åtgärderna är det nödvändigt att agera i närtid, så att inte det framtida handlingsutrymmet för klimatpolitiken börjar krympa. Om exempelvis bio-CCS ska kunna spela en betydande roll i klimatpolitiken 2045 behöver de första anläggningarna tas i drift under 2020-talet, vilket kräver omgående handling från statens sida. Samma tidsperspektiv gäller för vissa åtgärder inom LULUCF-sektorn.

Det är alltså av vikt att en satsning på kompletterande åtgärder inleds utan dröjsmål för att det ska vara möjligt att fullt ut dra nytta av de möjligheter och det handlingsutrymme som de kompletterande åtgärderna innebär.

Stabila villkor och målsättningar attraherar projektägare

Flertalet kompletterande åtgärder innebär projekt som pågår under lång tid, ofta årtionden. Projekt inom LULUCF-sektorn kan dessutom innebära att en markägare inte längre kan bruka en viss areal på samma sätt som tidigare. Beslut om att genomföra sådana projekt fattas inte lättvindigt. Projekt kan också vara förenade med stora investeringar. Så är t.ex. alltid fallet gällande bio-CCS.

För att kunna attrahera lämpliga projektägare bör därför området kompletterande åtgärder kännetecknas av stabila villkor och tydliga målsättningar. Detta bidrar till förutsägbarhet och minskade risker för potentiella projektägare.

Stabila villkor innebär bl.a. att inriktningen på styrningen inte bör förändras radikalt över tid. Styrmedel kan och bör successivt utvecklas, men detta bör alltså ske på ett sätt som inte dramatiskt ändrar förutsättningarna för berörda aktörer.

Volymen kompletterande åtgärder bör byggas upp successivt

Svenska aktörers erfarenhet är låg vad gäller flera typer av kompletterande åtgärder. Ofta är erfarenheterna begränsade även internationellt sett. Detta gäller exempelvis för bio-CCS och biokol. Tekniker och åtgärder där erfarenheterna är begränsade i dag kan antas befinna sig i en fas där lärokurvan är brant och där utvecklingen kan ske snabbt mot ökad effektivitet och lägre kostnader när erfarenheterna ökar.

Genom att bygga upp volymen kompletterande åtgärder successivt kan erfarenheter från tidiga projekt i Sverige och utomlands bidra till att sänka kostnaden och öka effektiviteten i efterföljande projekt. Svenska projekt ger relevanta erfarenheter för de förutsättningar som gäller här; motsvarande erfarenheter kan oftast inte fullt ut erhållas genom att studera projekt utomlands.

Om volymen kompletterande åtgärder byggs upp successivt kan också vissa typer av kompletterande åtgärder prioriteras framför andra på basis av utvärderingar av tidiga insatser, innan volymen nått en hög nivå.

Utveckling mot teknikneutral styrning

De kompletterande åtgärder som är tänkbara i dag har vitt skilda karaktärer och befinner sig i olika faser av teknisk mognad. Kostnaderna för några av dem kan tänkas sjunka snabbare när erfarenheten av åtgärderna ökar, jämfört med för andra kompletterande åtgärder där kostnadsbilden är mer stabil. Det finns också stora skillnader i vilken kvantitativ potential olika kompletterande åtgärder har och därmed i vilken roll de kan spela i en långsiktig klimatomställning.

På kort sikt finns det därför skäl att tillämpa tekniskspecifik styrning som tillåter olika styrmedel och prissättning för olika typer av kompletterande åtgärder. Detta skapar möjligheter för åtgärder och tekniker som i dagsläget är förknippade med relativt höga kostnader, jämfört med andra alternativ, att bidra till en kostnadseffektiv klimatspolitik när erfarenheterna av åtgärderna ökar och kostnaderna sjunker.

På sikt bör styrningen av kompletterande åtgärder utvecklas i riktning mot teknikneutralitet. När den tekniska mognaden och erfarenheterna av kompletterande åtgärder ökat innebär en teknikneutral styrning förutsättningar för god kostnadseffektivitet. Även på sikt kommer det dock sannolikt att finnas nya tekniska lösningar i tidiga utvecklingsstadier som kan behöva bli föremål för särskilda insatser för att stödja utvecklingen.

En teknikneutral styrning behöver ta hänsyn till att slutprodukten av olika kompletterande åtgärder skiljer sig åt. Exempelvis är det stor skillnad på koldioxid som är permanent och irreversibelt lagrad (t.ex. genom bio-CCS) och på koldioxid som är långsiktigt men ändå temporärt eller reversibelt lagrad (t.ex. genom beskogning), även om båda kan räknas som negativa utsläpp. Denna skillnad kan motivera en differentierad ersättning för negativa utsläpp.

Utöver utveckling mot en teknikneutral styrning kan en utveckling mot en geografiskt neutral styrning som inte tar hänsyn till nationsgränser eventuellt bli aktuell på lång sikt.

Det finns inget tak för volymen kompletterande åtgärder

Det klimatpolitiska ramverket innehåller regler som begränsar vilka volymer som får tillgodoräknas från kompletterande åtgärder gentemot klimatmålen. Någon begränsning för hur stor volym som de facto skapas finns däremot inte.

Den här strategin innehåller målsättningar för volymen kompletterande åtgärder uttryckta som miniminivåer. Det kan dock visa sig framöver att högre nivåer behövs eller är önskvärda. Förslagen i handlingsplanen syftar till att klara miniminivåerna, men de skapar också förutsättningar för att vid behov och på sikt nå längre och generera en större volym kompletterande åtgärder.

Samklang med utvecklingen av EU:s klimatpolitik

EU:s klimatpolitik är under snabb utveckling. EU:s stats- och regeringschefer, med undantag av ett medlemsland, ställde sig i slutet av 2019 bakom målet att uppnå ett klimatneutralt EU senast 2050. Kommissionens meddelande om *Den europeiska gröna given* från samma tid innehåller en omfattande färdplan för arbetet de närmsta åren mot en skärpt europeisk miljö- och klimatpolitik för en hållbar ekonomisk tillväxt i Europa.

Negativa utsläpp ingår i Europeiska kommissionens långsiktiga klimatstrategi, men en egentlig styrning på området saknas på EU-nivå, med undantag för LULUCF-sektorn. Det är sannolikt att en europeisk politik för negativa utsläpp av växthusgaser så småningom kommer att utvecklas. Det kan även noteras att internationella klimatåtgärder inte ingår i de förslag som hittills tagits fram av kommissionen.

En formell skärpning av EU:s klimatmål, eller en organiserad frivillig överprestation gentemot målen av medlemsstater med höga ambitioner, skulle sannolikt påskynda utvecklingen av en EU-gemensam styrning för negativa utsläpp.

De svenska kompletterande åtgärderna behöver planeras, definieras, genomföras och styras så att de har förutsättningar att fungera väl tillsammans med EU:s nuvarande och framtida regelverk.

Inriktning för kompletterande åtgärder till 2030 och möjligt utfallsrum för 2045

Volymen kompletterande åtgärder bör byggas upp i enlighet med de föreslagna målen för kompletterande åtgärder och principerna ovan. Den konsekvensanalys som presenteras i kapitel 20 ligger, tillsammans med de slutsatser och bedömningar som görs i betänkandets övriga kapitel, till grund för den här strategin och dess handlingsplan.

Inriktning till 2030

Inriktningen bör vara att till 2030 skapa kompletterande åtgärder som motsvarar minst 3,7 miljoner ton koldioxid per år, med en ungefärlig fördelning mellan de huvudsakliga åtgärdstyperna enligt tabell 1 nedan. Inriktningen kan komma att behöva justeras i samband med de kontrollstationer som föreslås, för att reflektera vunna erfarenheter och omvärldsutveckling.

Tabell 1 Inriktning för kompletterande åtgärder till 2030

Typ av kompletterande åtgärd	Mton CO ₂ -ekv./år
Ökad kolsänka i skog och mark	1,2 ^{1,2}
Avskiljning och lagring av biogen koldioxid (bio-CCS)	1,8
Verifierade utsläppsminskningar i andra länder	0,7
Summa	3,7

¹ Motsvarar hela effekten av föreslagna kompletterande åtgärder jämfört med om åtgärderna inte genomförs.

² Inklusive användning av biokol som kolsänka, vilket dock inte bedöms ge något större tillskott till 2030.

Den totala volymen verifierade utsläppsminskningar i andra länder bör uppgå till sammanlagt minst 20 miljoner ton koldioxidekvivalenter under 2020-talet. Av detta räknas 0,7 miljoner ton som kompletterande åtgärd det specifika året 2030 enligt inriktningen ovan. Resterande volym räknas dels som kompletterande åtgärd för perioden 2021–2029 då kvantiteten kompletterande åtgärder ska byggas upp successivt, dels som resultatbaserad klimatfinansiering.

Om någon av de andra typerna av kompletterande åtgärder inte levererar enligt inriktningen kan bortfallet kompenseras genom att en större andel verifierade utsläppsminskningar i andra länder räknas som kompletterande åtgärd i stället för som klimatfinansiering. Denna

möjlighet innebär en värdefull flexibilitet som ökar sannolikheten att nå målnivån, trots de risker som finns för bortfall av enheter inom LULUCF-sektorn genom exempelvis störningar i form av stormar, insektsangrepp och skogsbränder eller inom bio-CCS genom oförutsedda hinder.

Volymen årligen genererade kompletterande åtgärder byggs upp successivt från 2021 till målnivån 2030 som ett minimum. Volymen kommer sannolikt att öka stegvis snarare än linjärt, eftersom flera av de åtgärder som föreslås i handlingsplanen har stegvisa snarare än linjära effekter.

Inriktning och utfallsrum för 2045

Inriktningen är att Sverige 2045 ska åstadkomma kompletterande åtgärder som motsvarar minst 10,7 miljoner ton koldioxid per år. Det ska finnas förutsättningar att öka den nivån efter 2045, om behov skulle finnas. Volymen årligen genererade kompletterande åtgärder byggs upp successivt från 2030 till målnivån 2045 som ett minimum.

Det är inte lämpligt att redan nu föreslå en detaljerad fördelning mellan olika typer av kompletterande åtgärder 2045 eftersom den framtida utvecklingen av åtgärdskostnader, alternativa tekniker och förändringar i omvärlden inte går att förutsäga. Att låsa fast en fördelning utifrån dagens kunskap riskerar därför att fördyra och försämra effekten av kompletterande åtgärder som verktyg inom klimatpolitiken. Det går dock att föra ett resonemang om möjligt utfallsrum 2045 med intervall för de olika åtgärdstyperna, givet inriktningen till 2030 och innehållet i handlingsplanen (tabell 2).

Framtida kontrollstationer för de kompletterande åtgärderna bör utnyttjas för att bedöma var inom utfallsrummet det är lämpligt att hamna och för att styra utvecklingen dit.

Tabell 2 Utfallsrum för olika typer av kompletterande åtgärder 2045, givet inriktningen till 2030 och handlingsplanen

Typ av kompletterande åtgärd	Mton CO ₂ -ekv./ år
Ökad kolsänka i skog och mark	2,7 ¹ –?
Avskiljning och lagring av biogen koldioxid (bio-CCS)	3–10
Andra tekniker för negativa utsläpp	0–?
Verifierade utsläppsminskningar i andra länder – negativa utsläpp	0–mycket stor ²

¹ Avser föreslagna kompletterande åtgärder i denna strategi.

² I en värld som ställer om i linje med Parisavtalets temperaturmål bedöms inte priserna för verifierade utsläppsminskningar i andra länder skilja sig markant jämfört med kostnaderna för att genomföra åtgärder för negativa utsläpp i Sverige.

Till 2045 kan ytterligare åtgärder inom LULUCF-sektorn komma till stånd och inkluderas som kompletterande åtgärder utöver de områden där utredningen föreslår styrmedel, t.ex. ytterligare åtgärder inom jordbruket, åtgärder på skogsmark och användning av biokol som kolsänka.

Effekten på kolsänkan av åtgärder på skogsmark, t.ex. ökat skydd av skog eller tillväxthöjande åtgärder, är svår att bedöma eftersom effekten på kolsänkan beror både på hur tillväxten utvecklas och marknadens efterfrågan på skogsråvara vilken påverkar den totala avverkningsnivån. Hur det additionella bidraget från olika åtgärder på skogsmark ska beräknas och tillgodoräknas om de inkluderas som kompletterande åtgärder, behöver analyseras vidare. En viss åtgärd kan lokalt försämra möjligheterna för att vidta andra åtgärder, samtidigt som åtgärderna också kan komplettera varandra i ett större perspektiv.

Handlingsplan för att uppnå strategins syfte och målen för kompletterande åtgärder

Handlingsplanen syftar till att uppfylla strategins syfte och nå de föreslagna målen för kompletterande åtgärder genom en detaljerad politik i enlighet med inriktningen till 2030. Den föreslagna politiken ska också göra det möjligt att 2045 och därefter åstadkomma kompletterande åtgärder motsvarande minst 10,7 miljoner ton koldioxid per år.

Regeringen och riksdagen behöver skapa tillräckliga incitament för kompletterande åtgärder för att sådana ska genomföras i önskad utsträckning. Åtgärder som medför ett ökat upptag av koldioxid från

atmosfären saknar i stor utsträckning incitament inom ramen för dagens klimatpolitik. Det finns inte heller några styrmedel som ger marknadsaktörer incitament att bidra till att finansiera kompletterande åtgärder som ett alternativ till att genomföra egna utsläppsminskningar.

Handlingsplanen är indelad i fem avsnitt. Det första avsnittet handlar om att skapa grundläggande, generella förutsättningar för kompletterande åtgärder oavsett åtgärdsstyp. Därefter följer i tur och ordning avsnitt som avhandlar ökad kolsänka och minskade utsläpp i LULUCF-sektorn, bio-CCS, andra tekniker för negativa utsläpp och, avslutningsvis, verifierade utsläppsminskningar i andra länder. Samtliga avsnitt består av två delar – en beskrivande del om de viktigaste förutsättningarna och bedömningarna på området och en del med åtgärdsförslag i punktform.

Handlingsplanen bör genomföras så snart som möjligt.

Skapa förutsättningar för utveckling av kompletterande åtgärder

Förutsättningar och bedömning

Kompletterande åtgärder innebär ofta investeringsintensiva projekt som pågår under lång tid. För att sådana projekt ska komma till stånd behöver åtgärdsområdet kännetecknas av stabila villkor och tydliga målsättningar i syfte att minska projektriskerna för inblandade aktörer. Ett politiskt förankrat kvantitativt mål för kompletterande åtgärder till 2045 skapar förutsättningar för långsiktig planering och ett långsiktigt agerande för potentiella projektägare. Ett mål på vägen för kompletterande åtgärder till 2030 bidrar till att skapa förtroende för att det långsiktiga målet kommer att förverkligas.

Kompletterande åtgärder är ett verktyg för att nå klimatmålen i det klimatpolitiska ramverket. Fastställda och beslutade mål för kompletterande åtgärder skulle främst syfta till att nå klimatmålen och bör därmed inte vara likställda med klimatmålen i rang.

Området kompletterande åtgärder behöver kontinuerligt utvärderas och utvecklas, på samma sätt som sker för övriga delar av klimatpolitiken. Arbetet med att utvärdera och utveckla de kompletterande åtgärderna bör ske integrerat med, och inom ramen för, det system som tillämpas för klimatpolitiken i övrigt enligt det klimatpolitiska ramverket.

Beräkning, rapportering och verifiering av negativa utsläpp behöver utvecklas för att det ska vara möjligt för Sverige och EU att följa upp klimatmål och redovisa negativa utsläpp av växthusgaser på ett transparent sätt.

Sverige saknar i dag system för att samla in data, beräkna och redovisa negativa utsläpp för uppföljning av nationella mål, utöver befintlig redovisning i LULUCF-sektorn. Detta behöver åtgärdas.

För att en transparent rapportering av negativa utsläpp till klimatkonventionen ska vara möjlig behöver de internationella rapporteringsriktlinjerna och klimatrapporteringens tabellverk utvecklas. Exempelvis saknas riktlinjer för att kunna uppskatta inbindning av koldioxid i betong, och därmed finns ingen kategori för rapportering av sådan data i klimatrapporteringens tabellverk. Dagens rapporteringsriktlinjer är inte heller entydiga.

Sverige har möjlighet att, och bör, rapportera information om negativa utsläpp i den årliga svenska klimatrapporten till EU och klimatkonventionen, även om informationen inte kan rapporteras i det gemensamma tabellverket. Det som sagts ovan om datainsamling och rapportering gäller även för avskiljning och användning av koldioxid (*carbon capture and utilisation, CCU*).

Följande åtgärder bör vidtas:

Sätt mål för kompletterande åtgärder

- Riksdagen bör bekräfta de mål för kompletterande åtgärder som föreslås i, och som är utgångspunkt för denna strategi. Målen bör vara underställda de nationella klimatmålen i rang och bör därför inte utgöra etappmål inom ramen för miljömålssystemet.

Genomför kontrollstationer för kompletterande åtgärder

- De klimatpolitiska handlingsplaner som regeringen ska lägga fram för riksdagen vart fjärde år bör redovisa hur arbetet med de kompletterande åtgärderna framskrider. Dessa kontrollstationer bör även redovisa om någon eller några nya åtgärdstyper ska kunna räknas som kompletterande åtgärder. De klimatpolitiska handlingsplanerna bör vidare innehålla förslag för att styra utvecklingen på området kompletterande åtgärder i önskad riktning.

- Regeringen bör basera kontrollstationerna för kompletterande åtgärder på underlag från relevanta myndigheter. Regeringen bör därför ge Naturvårdsverket i uppgift att sammanställa sådana underlag, i samarbete med Energimyndigheten, Jordbruksverket och Skogsstyrelsen, som en del av myndighetens befintliga uppgift att ta fram underlag för de klimatpolitiska handlingsplanerna.
- Den klimatredovisning som regeringen årligen presenterar för riksdagen som en bilaga i budgetpropositionen bör redovisa hur arbetet med de kompletterade åtgärderna framskrider. Redovisningen bör omfatta hur alla typer av kompletterande åtgärder har utvecklats över tid. Regeringen bör ge Naturvårdsverket i uppgift att sammanställa underlag för redovisningen i samarbete med berörda myndigheter.

Utveckla en heltäckande och transparent redovisning av kompletterande åtgärder

- Naturvårdsverket bör få i uppdrag att skapa ett system för insamling av data, beräkning och redovisning av negativa utsläpp för uppföljning av kompletterande åtgärder och de nationella klimatmålen. Systemet bör omfatta negativa utsläpp av växthusgaser, inklusive avskiljning, transport och lagring av biogen och atmosfärisk koldioxid samt användning av biokol som kolsänka, och CCU. Uppföljning av utsläpp och upptag inom LULUCF-sektorn omfattas redan av befintliga system men dessa behöver utvecklas ytterligare för att fånga in effekten av föreslagna åtgärder inom sektorn. Denna del av uppdraget bör genomföras i samråd med Jordbruksverket och Skogsstyrelsen.
- Uppföljning av verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder bör ske i samverkan mellan Energimyndigheten och Naturvårdsverket.
- Sverige bör verka för att det inom EU skapas transparenta system för redovisning av negativa utsläpp av växthusgaser. Redovisningen bör skilja på kortlivad respektive långlivad eller permanent kol-inlagring.

- Naturvårdsverket bör få i uppdrag att ta fram ett förslag på hur, när och i vilken form information om negativa utsläpp ska redovisas internationellt och till EU.
- Sverige bör verka för att de internationella rapporteringsriktlinjerna med tillhörande metodriktlinjer samt klimatrapporteringens tabellverk utvecklas inom ramen för processen inom FN:s klimatkonvention och Parisavtalet så att ändamålsenlig och transparent rapportering av negativa utsläpp kan ske.

Ökad kolsänka i skog och mark

Förutsättningar för åtgärder i LULUCF-sektorn

Förutsättningarna för åtgärder i LULUCF-sektorn varierar i mycket stor utsträckning mellan olika länder. I Sverige utgörs knappt 70 procent av landarealen av skogsmark (28 miljoner hektar), vilket kan jämföras med det globala genomsnittet på drygt 20 procent. Det skapar möjlighet för åtgärder som kan få relativt stor effekt på kolsänkan i skogen och för skogen som resurs för förnybar råvara. Jämfört med andra länder av samma storlek är arealen jordbruksmark i Sverige relativt liten (knappt 3,5 miljoner hektar åker- och betesmark enligt Sveriges klimatrapportering). Samtidigt finns det utrymme att skapa förutsättningar för ökad kolinlagring även på sådan mark genom åtgärder som kan ge flera mervärden utan att den inhemska försörjningen av livsmedel och andra produkter påverkas.

De biogena kolflöden som sker i LULUCF-sektorn skiljer sig i hög grad från fossila kolflöden genom att de är lätttrörliga, att de kan ske åt båda håll och att de ingår i ett cirkulärt flöde. Ett upptag av koldioxid som lagras in i biomassa vid ett tillfälle kan senare bidra med ett utsläpp när koldioxiden frigörs, t.ex. när biomassa eldas upp eller bryts ned naturligt. Flödena i sektorn påverkas dessutom i hög grad av naturliga faktorer, men på den skogs- och jordbruksmark som brukas har mänsklig aktivitet stor betydelse.

Inom LULUCF-sektorn finns flera möjliga åtgärder som kan öka kolinlagringen respektive minska utsläppen av växthusgaser, men effekten av åtgärderna på de totala växthusgasutsläppen – när i tiden effekten uppnås och hur varaktig den är, varierar stort på grund av den inneboende trögheten i de biologiska system som påverkas. Det

innebär att vissa åtgärder bör komma till stånd tidigt för att kunna ge en reell effekt på kolinlagringen och utsläppen av växthusgaser till 2030, 2040, 2045 och därefter, medan andra åtgärder kan genomföras löpande eftersom de ger en mer direkt effekt på utsläppen. En svårighet är att urskilja vilka åtgärder som även kan ge en varaktig verkan på kollagret in i framtiden.

Åtgärder för ökad kolsänka och minskade utsläpp inom LULUCF-sektorn som tillgodoser andra värden och mål, t.ex. bevarande av biologisk mångfald och minskad näringsutlakning, bör prioriteras. Åtgärder som bidrar till flera värden och mål bedöms generellt vara mer uthålliga än åtgärder som enbart bidrar till ökad kolsänka, eftersom det då finns fler drivkrafter som kan leda till att åtgärderna bibehålls.

Utredningens åtgärdsförslag i LULUCF-sektorn

De styrmedel som utredningen föreslår rör framför allt åtgärder på jordbruksmark och jordbruksmark som tagits ur bruk, med jordbruksmark avses åkermark och alla typer av betesmark. På jordbruksmark bedöms förslagen skapa incitament för ökad användning av fånggrödor och mellangrödor på 400 000 hektar och agroforestry på 50 000 hektar. På jordbruksmark som tagits ur bruk bedöms förslagen leda till energiskogsodling på 40 000 hektar och beskogning av 100 000 hektar samt att cirka 50 000 hektar mark som är i ett senare stadium av igenväxning åtgärdas för att främja tillväxten. Bedömningen av åtgärdernas effekter utgår från att de implementeras successivt så att den fulla arealen nås 2030, utom för fånggrödor där full areal nås 2040.

Utredningen föreslår också att incitament skapas så att 100 000 hektar skogsmark och 10 000 hektar tidigare jordbruksmark på torvmark som tidigare dränerats för att bedriva jord- och skogsbruk, successivt återväts fram till 2040. För samtliga föreslagna åtgärder gäller att förutsättningarna för att nå andra miljömål och målen i den nationella livsmedelsstrategin inte ska försvåras utan snarare stärkas.

Under förutsättning att åtgärderna ovan kommer till stånd de kommande tio åren bedöms de sammantaget kunna ge ett bidrag för att minska utsläppen på drygt en miljon ton koldioxidkvivalenter 2030 och nära tre miljoner ton koldioxidkvivalenter 2045. Störst betydelse för denna effektuppskattning har insatserna för återvätning och fånggrödor.

Markanvändningen påverkas

Bedömningen av tillgängliga arealer utgår från utvecklingen av markanvändningen inom jordbrukssektorn i dag och hur markanvändningen kan komma att förändras. Den framtida efterfrågan på mark för att producera livsmedel och andra produkter är dock svår att bedöma och kan snabbt förändras, vilket gör att åtgärder som under lång tid blockerar jordbruksmarken för annan användning har inkluderats i mindre omfattning än vad som skulle vara möjligt om hela den bedömda, tillgängliga potentialen inkluderas.

Åtgärderna, vad gäller fånggrödor och mellangrödor samt agroforestry bedöms kunna integreras i befintlig markanvändning utan att den påverkas i någon större utsträckning. Energiskogsodling och beskogning avser framför allt åtgärder på mark som redan tagits ur produktion men i viss mån även mark som kan komma att tas ur produktion framöver. Återvätning omfattar skogsmark där skogsbruk bedrivs i begränsad omfattning, ofta tidigare åkermark. Även mark där det bedrivs eller nyligen har bedrivits jordbruk kan komma ifråga för återvätning.

Åtgärder i den omfattning som utredningen föreslår omfattar mindre än 1 procent av den totala arealen skogsmark och drygt 14 procent av jordbruksmarken. Regionalt kan dock andelen bli större eftersom t.ex. merparten (drygt 80 procent) av de cirka 230 000 hektar jordbruksmark som tagits ur produktion de senaste 20 åren och som kan vara tillgänglig för beskogning finns i Götaland och Svealand. Där finns även de mest lämpliga markerna för återvätning (skogsmark och jordbruksmark).

Styrmedel för ökad kolsänka

För att få till stånd åtgärder som leder till ökad kolinlagring på befintlig jordbruksmark och jordbruksmark som inte längre används för livsmedels- eller foderproduktion behöver rådgivningen inom jord- och skogsbruk intensifieras samtidigt som tillräckliga stöd tillgängliggörs för dessa åtgärder inom ramen för kommande landsbygdsprogram och i vissa fall genom ytterligare nationella finansieringsprogram.

Det är också viktigt att befintliga stöd för andra åtgärder som ökar eller upprätthåller kolförråden på jordbruksmark, t.ex. för vall-

odling som i dag omfattar stora arealer, finns kvar i kommande programperiod för landsbygdsprogrammet. På sikt kan de åtgärder på jordbruksmark som utredningen föreslår räknas som kompletterande åtgärder breddas så att även andra grödor som är fördelaktiga för kolinlagringen inkluderas. Även tillförsel av biokol för långsiktig inlagring av kol med samtidig jordförbättring skulle kunna ingå.

För att initiera en omfattande återvätning av dränerad torvmark behövs uppsökande verksamhet, effektiv rådgivning och ökade möjligheter till stöd. De stöd för att anlägga eller restaurera våtmarker som i dag finns inom landsbygdsprogrammet och inom våtmarks-satsningen bör kompletteras.

Generellt är de åtgärder som föreslås för ökad kolinlagring och minskade utsläpp inom LULUCF-sektorn kostnadseffektiva eftersom de oftast resulterar i flera andra miljönyttor utöver ökad kolinlagring och minskade utsläpp av växthusgaser. Exempelvis ger fånggrödor minskat näringsläckage och återvätning är gynnsamt för den biologiska mångfalden. Förutsättningarna för åtgärder och därmed också åtgärdskostnaderna varierar stort inom sektorn och vissa åtgärder, t.ex. beskogning, kan också innebära en intäkt för markägaren. Exempel på åtgärdskostnader är den för återvätning där kostnaden landar mellan 100 och 700 kronor per ton koldioxidekvivalent beroende vilken mark som avses och den för fånggrödor och mellangrödor där kostnaden hamnar på mellan 200 och 700 kronor per ton koldioxid. Då har inga samtidiga nyttor värderats.

Andra åtgärder för att stärka och bevara kolsänkan

Det finns även potential att öka kolsänkan på skogsmark genom åtgärder som ökar tillväxten och åtgärder för ökad miljöhänsyn i skogsbruket samt genom att större arealer produktiv skogsmark undantas från virkesproduktion för att nå andra miljömål såsom miljökvalitetsmålet *Levande skogar*.

Den totala effekten på skogens kolbalans av såväl tillväxthöjande åtgärder som åtgärder för ökat skydd av skog avgörs i ett nationellt perspektiv framför allt av hur avverkningen utvecklas i förhållande till den totala tillväxten. Avverkningsnivån beror i sin tur på efterfrågan på svensk skogsråvara. En ökad efterfrågan på skogsråvara i

Sverige kan också innebära ökade avverkningar i något annat land, om behovet inte kan mötas med svensk skogsråvara.

En annan möjlighet för att öka kolinlagringen är att öka produktion och användning av långlivade träprodukter, t.ex. genom att öka träanvändningen i byggnader. Ökad användning av långlivade träprodukter leder också till minskade fossila utsläpp genom att de kan ersätta mer fossilintensiva alternativ.

Permanent överföring av framför allt skogsmark och jordbruksmark till bebyggd mark kan leda till stora utsläpp av växthusgaser och förlorad kolsänka. Effekten på utsläpp och kolsänka kan minskas antingen genom att exploatering styrs till mark där påverkan på växthusgasbalansen blir lägre eller genom en begränsning av den areal som årligen exploateras.

Det finns även ett stort behov av att säkra de kollager som redan finns i biomassa och mark, mot bakgrund av att de pågående klimatförändringarna medför ökande skaderisker av olika slag, t.ex. stormfällning, torka, insektsangrepp, rotröta och brand. Kunskapen behöver öka om olika typer av skador för att beredskapen i samband med utbrotten ska kunna stärkas.

Förutom nämnda klimatrelaterade skador finns även ett stort behov av att minska skadorna av viltbete i skogen. Skadorna påverkar både kolinlagring, virkesproduktion och den biologiska mångfalden i negativ riktning och leder dessutom till stora ekonomiska förluster för skogsbruket.

Kunskapen är god men kan förbättras

Det finns redan goda kunskaper om de föreslagna åtgärderna och om åtgärdernas påverkan på växthusgasbalansen. För flera av åtgärderna krävs dock ett förarbete inom berörda myndigheter med att identifiera vilka åtgärder som bör utföras på vilken mark för att inte påverka andra miljömål negativt. Det handlar t.ex. om att ta fram rekommendationer om var det är lämpligt att öka inslagen av buskar och träd på jordbruksmark samt var och med vilka trädslag det är lämpligt med beskogning.

Flera av de föreslagna åtgärderna finns redan i dag med inom den stödberättigande delen av jordbruket. I samband med framtagandet av det nya landsbygdsprogrammet behöver dock ersättningen för dessa åtgärder ses över samtidigt som ersättning för åtgärder som i dag inte ingår utvecklas. Stödformer för åtgärder som inte naturligt hamnar inom landsbygdsprogrammet eller inte är tillräckliga bör också utvecklas.

Regeringen bör därför lägga uppdrag på flera myndigheter att bidra med kunskap och vidareutveckling av arbetet inom sina respektive områden.

En viktig del när det gäller kompletterande åtgärder i allmänhet och kompletterande åtgärder i LULUCF-sektorn i synnerhet är att utveckla systemen för rapportering och uppföljning för att möjliggöra utvärdering av effekten av föreslagna åtgärder och styrmedel. Ett sådant system bör vara ett komplement till redan befintliga system för redovisning av växthusgasutsläpp till EU och FN:s klimatkonvention.

Höga kvalitetskrav på bidraget från LULUCF-sektorn

Ökade upptag eller minskade utsläpp från kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn ska beräknas och redovisas enligt Europaparlamentets och rådets förordning 2018/841 (LULUCF-förordningen).

Kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn bör få tillgodoräknas mot de nationella klimatmålen som den additionella effekten av varje enskild här föreslagen åtgärd, jämfört med om åtgärden inte hade genomförts, förutsatt att den additionella effekten på upptag och utsläpp kan uppskattas på ett trovärdigt sätt. Denna restriktion innebär att endast effekten av kompletterande åtgärder tillgodoräknas mot det nationella målet och inte hela den möjliga bokförings-effekten enligt EU:s LULUCF-regelverk.

Detta är i linje med Miljömålsberedningens (SOU 2016:47) intentioner att möjliggöra bidrag från ökad kolsänka beräknad enligt internationellt godkända regler, dvs. att bara effekten av ytterligare åtgärder inom området får tillgodoräknas.

Det är dock inte rimligt att Sverige redovisar ett eventuellt underskott inom EU samtidigt som bidrag från kompletterande åtgärder används för att nå de nationella målen. Eventuellt underskott från de delar av sektorn som inte berörs av de kompletterande åtgärderna måste först balanseras. Bidraget från kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn kan alltså komma att begränsas av LULUCF-förordningens krav om att LULUCF-sektorn inte ska ha några nettoutsläpp.

För att uppfylla målsättningen i LULUCF-förordningen räknas alla bokförda flöden i respektive aktivitet med, både förändringar som beror på de kompletterande åtgärder som föreslås här och förändringar som sker av andra anledningar.

Bidraget från de föreslagna kompletterande åtgärderna i LULUCF-sektorn påverkas alltså av utfallet för hela LULUCF-sektorn gentemot LULUCF-förordningens mål som gäller perioden 2021–2030. Samma förhållningssätt bör gälla för 2040 och 2045 relativt de eventuella regler som kommer gälla inom EU då.

I vissa fall kan det vara svårt att skilja effekten av föreslagna åtgärder från andra faktorer som också påverkar utsläppsutvecklingen. Det gäller framför allt åtgärder som i viss utsträckning redan tillämpas. En lösning kan då vara att räkna den additionella effekten relativt utsläpp eller upptag det år som åtgärden infördes. I vissa fall kan förändringar av kolsänkan som kommit till stånd av andra anledningar än utredningens förslag då inkluderas. Med beaktande av de föreslagna åtgärdernas ofta låga nyttjandegrad i dag, och de goda möjligheterna till transparent uppföljning, är utredningens bedömning att bidraget till ökad kolsänka eller minskade utsläpp som beror på annat än utredningens föreslagna styrmedel är litet och inte minskar åtgärdernas betydelse för kolbalansen.

Följande åtgärder bör vidtas:

Skapa förutsättningar för finansiering av klimatåtgärder

- Sverige bör fortsatt verka för att klimatåtgärder som ökar kolinlagringen och minskar växthusgasutsläppen även i framtiden är möjliga att stödja och ges större vikt inom ramen för EU:s gemensamma jordbrukspolitik.

Ta fram rådgivning och stöd för föreslagna kompletterande åtgärder

- Jordbruksverket bör få i uppdrag att utveckla och intensifiera befintlig rådgivning, inklusive vilka stöd som kan sökas, för att få till stånd ytterligare åtgärder som leder till ökad kolinlagring på befintlig jordbruksmark och jordbruksmark som inte längre används för livsmedels- och foderproduktion. För detta föreslås Jordbruksverket tillföras motsvarande 10 miljoner kronor per år 2021–2030.
- Jordbruksverket bör få i uppdrag att se över och undersöka möjlig utformning av både befintliga och nya åtgärder för att gynna kolinlagring på jordbruksmark inom landsbygdsprogrammet. Uppdraget bör även innefatta en översyn av ersättningsnivåerna. Åtgärder som ökar möjligheten att nå flera miljömål och som stärker fler värden i jordbrukslandskapet bör prioriteras.
- Jordbruksverket bör, i samråd med länsstyrelserna och Naturvårdsverket, få i uppdrag att utforma kriterier för vilken mark som är lämplig för agroforestry och vilka trädslag som är lämpligast för åtgärden utan att förutsättningarna för att nå andra miljömål och målen i livsmedelsstrategin försämras.
- Skogsstyrelsen bör, i samråd med Jordbruksverket, länsstyrelserna och Naturvårdsverket, få i uppdrag att utforma kriterier för vilken tidigare jordbruksmark som är lämplig för beskogning och vilka trädslag som är lämpligast för åtgärderna utan att förutsättningarna för att nå andra miljömål och målen i Livsmedelsstrategin försämras.
- Skogsstyrelsen och länsstyrelserna bör, i samråd med Jordbruksverket och Naturvårdsverket, få i uppdrag att utveckla kriterier för att bedöma lämplighet för och prioritering av olika typer av återvättningsprojekt. Detta är i linje med det förslag om återvätning av dränerad torvmark som lades i den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019. Inriktningen bör vara att ta fram underlag för identifiering av lämplig mark för återvätning för att styra åtgärderna till den mark som ger mest klimatnytta och mest nytta för andra mål, t.ex. biologisk mångfald, till lägst kostnad samt att berörda markägare erbjuds gratis rådgivning och ersättning för genomförande, underhåll om det krävs och förlorat markvärde.

Det stöd för att anlägga eller restaurera våtmarker som finns inom landsbygdsprogrammet och inom våtmarkssatsningen i dag bör kompletteras med i genomsnitt 125 miljoner kronor per år. Ersättningarna bör placeras inom ramen för redan befintliga eller planerade åtgärder samt administrativa system.

- Skogsstyrelsen bör få i uppdrag att se över möjliga stödformer, inklusive storleken på ersättningen, för beskogning, dvs. plantering av träd på jordbruksmark som tagits ur bruk, och för optimerad skötsel av självsådd skog på tidigare jordbruksmark.

Satsa på forskning och utveckling för att öka åtgärders kostnadseffektivitet

- En satsning på FoU om återvätningens effekter på växthusgasemissionerna bör göras där Skogsstyrelsen bör tilldelas totalt 9 miljoner kronor 2021–2023 att fördela genom riktade utlysningar.
- Forskning behövs om hur olika klimatinducerade skador på skog ska kunna begränsas. En satsning på forskning och utveckling (FoU) om hur skogsskador kan begränsas bör göras där Skogsstyrelsen bör tilldelas totalt 6 miljoner kronor för åren 2021–2023 att fördela genom riktade utlysningar.
- Naturvårdsverket bör, i samråd med Jordbruksverket, Skogsstyrelsen och länsstyrelserna, få i uppdrag att se över hur effekten på växthusgasbalansen av exploatering av mark ska beräknas och ta fram förslag på hur den kan begränsas.

Andra åtgärder för att stärka och bevara kolsänkan

- Skogsutredningen 2019 (M 2019:02) ska enligt direktiven föreslå de åtgärder som behövs för att kunna uppfylla internationella åtaganden om biologisk mångfald och klimat. Förslagen ska beakta befintligt kunskapsunderlag och behovsanalyser om skydd av skog och ökande efterfrågan på skogsråvara. När behovet av åtgärder för bevarande av biologisk mångfald fastställts bör de åtgärder som också bidrar till ökad kolsänka komma till stånd så snart som möjligt.

- Skogsstyrelsen bör få ett stärkt anslag för rådgivningsverksamhet om hållbara tillväxthöjande åtgärder, åtgärder för ökad naturhän-syn på produktiv skogsmark samt skadeförebyggande och klimat-anpassande åtgärder med syfte att säkra kolsänkan och virkes-produktionen. För detta föreslås en speciellt riktad budget på 10 miljoner kronor per år 2021–2030.
- I budgeten för 2020 tillför regeringen Skogsstyrelsen medel 2020–2022 för hantering av skogsskador och för stöd till arbetet med att bekämpa angrepp av granbarkborre. Skogsstyrelsen bör även efter 2022 få en förstärkning med medel för att övervaka och bekämpa befintliga och nya skadegörare.

Avskiljning och lagring av biogen koldioxid (bio-CCS)

Förutsättningar och bedömning

Sverige har goda förutsättningar för bio-CCS. Det finns i dag ett sjuttio-tal anläggningar i Sverige vars utsläpp av enbart biogen kol-dioxid överstiger 100 000 ton. De sammanlagda utsläppen av biogen koldioxid från dessa överstiger 30 miljoner ton. De största biogena punktutsläppskällorna och de största sammanlagda biogena koldi-oxidutsläppen finns inom massa- och pappersindustrin. El- och fjärr-värmeproduktion inklusive avfallsförbränning står också för bety-dande punktutsläpp av biogen koldioxid. Utsläppen från dessa båda branscher härrör främst från förbränning av restprodukter från skogs-bruket och massatillverkning samt biogent avfall. Det finns även ett fåtal industrianläggningar utanför massa- och pappersindustrin med stora utsläpp av biogen koldioxid.

Den realiserbara potentialen för bio-CCS i Sverige uppgår till minst 10 miljoner ton biogen koldioxid per år i ett 2045-perspektiv. Bio-CCS har goda förutsättningar att bli en kostnadseffektiv åtgärd för att nå det långsiktiga klimatmålet om nettonollutsläpp senast 2045.

Avskiljning av biogen koldioxid bör kunna genomföras till en kostnad av 400 till 600 kronor per ton på anläggningar med gynnsamma förutsättningar för bio-CCS, främst inom massa- och pap-persindustri och kraftvärmeproduktion. Kostnaden för transport av koldioxid från svenska anläggningar till en lagringsplats uppskattas till mellan 150 och 300 kronor per ton. Lagring och övervakning av

lagringsplatsen bör kunna ske till en kostnad av 100 till 200 kronor per ton koldioxid.

Ur ett geologiskt perspektiv finns det lagringsutrymme för koldioxid från svensk CCS inklusive bio-CCS för överskådlig framtid, i Sverige eller i närområdet. Koldioxidlagring i Norge eller annat Nordsjöland är i teknisk och ekonomisk mening ett fullt realistiskt alternativ för svenska CCS-projekt.

Det finns sannolikt en betydande potential för koldioxidlagring i Sverige men kunskapen om möjliga inhemska lagringsplatser är bristfällig. Att utveckla en lagringsplats för koldioxid i Sverige skulle bl.a. av den orsaken ta mycket lång tid. För att lagring av koldioxid i Sverige ska vara ett alternativ i framtiden behöver kunskapen om hur en lagringsplats kan identifieras öka. Sverige bör dock inte i nuläget prioritera att uppföra ett lager på svenskt territorium.

För att bio-CCS ska kunna genomföras vid svenska utsläppskällor i närtid krävs lagring av koldioxid utanför Sveriges gränser. Förutsättningar behöver därför skapas för koldioxidlagring utomlands. De legala hinder som i dag finns för gränsöverskridande transport och lagring av koldioxid behöver undanröjas. Svenska myndigheter bör också tillsammans med myndigheter i möjliga lagringsländer undersöka behovet av bilaterala avtal och vad dessa borde omfatta för att underlätta transport till och lagring i annat land.

För transport av koldioxid till en lagringsplats är fartygsbaserad transport det enda realistiska alternativet vid CCS inklusive bio-CCS i Sverige för överskådlig framtid. Avståndet till en tänkbar lagringsplats påverkar kostnadsbilden men inte på ett avgörande sätt; så länge en anläggning är lokaliserad utmed den svenska kusten eller vid Mälaren och Vänern kan anläggningen vara en kandidat för CCS inklusive bio-CCS. Staten bör dock i nuläget avstå från att i egen regi genomföra en satsning på transportinfrastruktur för koldioxid.

Svensk bio-CCS bedöms medföra små konsekvenser för den biologiska mångfalden vid de kvantiteter som är relevanta för att nå nettoollmålet, även om uttaget av biomassa ökar något jämfört med dagens situation. Vid framtagandet av styrmedel för bio-CCS på europeisk nivå behöver det säkerställas att inga incitament ges för bio-CCS som riskerar att leda till markanvändning som inte är hållbar. Det är samtidigt viktigt att inte skapa hinder för hållbar biomassaanvändning.

Även om erfarenheterna av CCS inklusive bio-CCS i praktiken är begränsade är kunskapsläget relativt gott vilket gör att CCS inklusive bio-CCS kan genomföras i Sverige utan att resultat från pågående eller planerade forskningsinsatser behöver inväntas. För att ytterligare förbättra kunskapsläget kan forskning riktas mot systemfrågor kopplade till CCS inklusive bio-CCS – t.ex. styrmedel, acceptans, värdekedjeintegrering samt konsekvenser för biomassaanvändningen och energisystemet vid en omfattande tillämpning av CCS inklusive bio-CCS i Sverige. Grundforskning och tillämpad forskning i samarbete med svensk industri för att sänka kostnaden och minska energiintensiteten för CCS inklusive bio-CCS är också av stor vikt.

Det saknas i dag såväl nationella som EU-gemensamma ekonomiska incitament för fullskalig bio-CCS. En incitamentsstruktur behöver införas som främjar teknikutveckling och demonstrationsverksamhet samtidigt som den skapar långsiktiga ekonomiska förutsättningar för fullskaliga projekt inom bio-CCS. Styrning för att utveckla komplicerade och kapitalintensiva värdekedjor som bio-CCS behöver vara uthållig, förutsägbar och långsiktig.

Bio-CCS resulterar i ett nettoupptag av koldioxid ur atmosfären, vilket är en nytta som kan tillskrivas ett ekonomiskt värde för samhället i stort men det resulterar inte i någon nytta specifikt för den verksamhetsutövare som tillämpar bio-CCS. Utsläpp av fossil koldioxid orsakar däremot en skada för samhället men är en oönskad bieffekt av produktion som är en nytta för verksamhetsutövaren. När styrmedel för bio-CCS utformas behöver hänsyn tas till den stora principiella skillnaden mellan de två fallen. Medan det är rimligt att en utsläppare betalar för de skador utsläppen åstadkommer är det rimligt att den som skapar negativa utsläpp genom bio-CCS får betalt för den nytta som genereras.

Parallellt med att Sverige utvecklar nationella styrmedel för introduktion av bio-CCS behöver Sverige verka för att EU-gemensamma styrmedel kommer på plats. Sverige behöver vara lyhört gentemot andra medlemsstater och Europeiska kommissionen samt agera pragmatiskt och strategiskt utifrån svenska intressen när det gäller hur styrmedel utformas på EU-nivå.

Ingen myndighet är i dag utpekad som övergripande ansvarig för CCS-frågor. Ingen myndighet har heller ett utpekad ansvar att samordna myndigheternas arbete med CCS inklusive bio-CCS. Detta är en brist som bör åtgärdas. Eftersom CCS inklusive bio-CCS är en teknikkedja som ännu inte är etablerad eller väl känd i Sverige är det också viktigt att stärka förutsättningarna för effektiv informationsdelning mellan myndigheter, privata aktörer, akademi och samhälle.

Följande åtgärder bör vidtas:

Skapa förutsättningar för transport och lagring av koldioxid

- Sverige bör driva frågan om att alla transporter av koldioxid för lagring ska ingå i EU:s utsläppshandelssystem. Samtidigt bör Sverige ansöka om att få föra in (s.k. *opt-in*) alla transporter av koldioxid för lagring i utsläppshandelssystemet för egen del. Systemet bör vidare innehålla en godkänd metod att övervaka koldioxiden under transporten och en möjlighet att med massbalansmetod särskilja biogen och fossil koldioxid vid transport och lagring utan att allt betraktas som fossil koldioxid.
- Sverige bör ratificera den ändring av Londonprotokollet som innebär att transport av koldioxid för geologisk lagring hos annan part till protokollet under vissa förutsättningar undantas från det exportförbud som protokollet föreskriver. Samtidigt bör Sverige agera för att påskynda andra parter ratificering av ändringen så att den kan träda i kraft. När Sverige har ingått ett bilateralt avtal om transport och lagring i ett annat land bör Sverige vidta de åtgärder som krävs så att ändringen av Londonprotokollet kan tillämpas provisoriskt till dess den träder i kraft.
- Sverige bör ta initiativ till att parterna till Helsingforskonventionen ändrar konventionen eller antar en resolution om tolkning av konventionen som innebär att geologisk lagring i havsbotten tillåts, så att CCS-direktivet blir förenligt med konventionen.
- Sverige bör verka för att beslutet om det s.k. moratoriet om geo-engineering som fattades på konventionen för biologisk mångfalds tionde partsmöte i Nagoya ändras så att inte bio-CCS och annan icke-fossil CCS omfattas av moratoriet.

- Sverige bör föreslå att ett tillägg görs till definitionerna av transport av koldioxid i kommissionens förordning (EU) nr 651/2014 av den 17 juni 2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget (gruppundantagsförordningen) och i riktlinjerna för statligt stöd till miljöskydd och energi så att statligt stöd även kan ges för andra transporter av koldioxid för lagring än genom rörledningar. Vidare bör Sverige föreslå att möjligheterna att ge statsstöd enligt gruppundantagsförordningen och riktlinjerna för statligt stöd till avskiljning och lagring av koldioxid förlängs.
- Sveriges geologiska undersökning (SGU) bör få i uppdrag att identifiera vad ett beslutsunderlag om en svensk lagringsplats för koldioxid behöver innehålla och hur ett sådant skulle kunna tas fram. I uppdraget ingår att redovisa vilka undersökningar, datamängder och modelleringar som krävs samt att uppskatta vad insatserna innebär i form av resurser och tid.
- Energimyndigheten bör få i uppdrag att tillsammans med norska myndigheter precisera vad ett bilateralt mellanstatligt avtal om transport till och lagring av koldioxid i Norge bör innehålla, inklusive vad som behövs för att uppfylla kraven enligt Londonprotokollet för export av koldioxid. Energimyndigheten bör genomföra uppdraget i samråd med Naturvårdsverket och SGU samt i dialog med näringslivet. I uppdraget bör även ingå att utvärdera om intresse finns i Nederländerna och Storbritannien för att genomföra motsvarande analys tillsammans med nämnda svenska myndigheter.

Fortsätt stödja teknikutveckling och demonstration inom bio-CCS

- Investeringsstödet för minusutsläpp bör fortsätta att främja teknikutveckling och demonstration inom bio-CCS. Riktat stöd för teknikutveckling och demonstration inom bio-CCS behöver sannolikt finnas kvar i någon form fram till åtminstone 2030, även om de insatser som behöver stöd kan komma att ändra karaktär fram tills dess. Anslaget framtida storlek bör bestämmas med hänsyn till erfarenheterna från genomförda utlysningar och insatser.

Tillämpa omvänd auktionering för att stödja fullskalig bio-CCS

- Energimyndigheten bör få i uppgift att anordna s.k. omvända auktioner av negativa koldioxidutsläpp genom bio-CCS för att stödja fullskalig bio-CCS.
- De omvända auktionerna ska resultera i differentierade garantipriser för lagrad biogen koldioxid för de aktörer som vinner auktionerna (normalt de lägsta buden). Den ersättning som utbetalas bör vara mellanskillnaden mellan överenskommet garantipris och värdet av eventuella EU-stöd och nationella stöd för att främja bio-CCS som en aktör erhåller. För att få medel utbetalda bör det ställas krav på att projektägaren ansökt om relevanta stöd från EU.
- Utbetalningar bör delvis kunna ske i förskott, vilket kan ses som en form av investeringsstöd. Upphandlingarna bör vara begränsade i termer av maximal totalkostnad och maximal kostnad per ton geologiskt lagrad koldioxid. Bindningstiden bör vara 10–20 år för att möjliggöra långsiktig planering för inblandade parter.
- Den totala mängden lagrad biogen koldioxid som upphandlas genom omvända auktioner bör i ett första skede begränsas till maximalt 2 miljoner ton per år (uppskattningsvis 3–5 anläggningar). När bio-CCS nått denna kvantitet och mognadsgrad i Sverige bör erfarenheterna med omvänd auktionering utvärderas, som en del av en översyn av formerna för den fortsatta styrningen av bio-CCS.

Övrig styrning av bio-CCS

- På sikt kan de ekonomiska styrmedel som föreslås ovan öppnas upp även för andra tekniker för negativa växthusgasutsläpp som innebär permanent lagring i syfte att öka förutsättningarna för kostnadseffektivitet i styrningen. Ingen sådan annan teknik bedöms dock i nuläget vara tillräckligt mogen och ha potential i Sverige.
- Nuvarande regler för beskattning innebär att det ofta är fördelaktigt att använda ånga i stället för el för avskiljning av koldioxid. Detta kan leda till att anläggningar med egen elproduktion som tillämpar CCS/bio-CCS byter till ångturbiner med lägre maximal eleffekt än i dag, vilket bl.a. kan leda till försämrade effektbalans under kalla vinterdagar. Regeringen bör se över om det finns anled-

ning och möjlighet att skattebefria egenproducerad el som används för avskiljning av koldioxid, eller att vidta annan åtgärd för att minska risken för en försämrad effektbalans till följd av turbinbyten.

- Koldioxidlagring som bidrar till ökad utvinning av olja eller naturgas genom s.k. *enhanced hydrocarbon recovery* (EHR) bör inte kunna räknas som en kompletterande åtgärd för att nå de svenska klimatmålen, oavsett koldioxidens ursprung. Endast projekt inom CCS inklusive bio-CCS där koldioxidlagringen sker permanent och utan att bidra till EHR bör kunna ta del av statligt stöd.

Verka för styrmedel för att främja bio-CCS på EU-nivå

- Sverige bör verka för att EU utvecklar ett gemensamt långsiktigt styrmedel för att främja bio-CCS. Ett separat teknikneutralt styrmedel med EU-gemensam finansiering för att åstadkomma permanenta negativa utsläpp av växthusgaser kan vara den mest framkomliga vägen i närtid, eftersom alternativet inte kräver omförhandling av EU:s huvudsakliga rättsakter på klimatområdet. Ett annat alternativ är att förändra EU:s utsläppshandelssystem så att bio-CCS ger upphov till utsläppskrediter som får användas inom ramen för utsläppshandelssystemet. Det är dock inte önskvärt att detta leder till att omställningstrycket inom utsläppshandelssystemet minskar. Förändringen behöver därför genomföras i kombination med en åtgärd som justerar antalet utsläppsrätter i utsläppshandelssystemet.

Förtydliga och utveckla ansvarsfördelningen inom staten

- Energimyndigheten bör göras samordningsansvarig för frågor som gäller CCS inklusive bio-CCS genom ett tillägg till myndighetens instruktion som innebär att myndigheten ska samordna arbetet vid berörda myndigheter i CCS-frågor och göras ansvarig för CCS-frågor som inte faller inom någon annan myndighets ansvarsområde. Samordningsansvaret innebär inte att Energimyndigheten tar över något ansvarsområde från annan myndighet eller överordnas annan myndighet.

- Energimyndighetens instruktion bör ändras så att myndigheten får i uppgift att arbeta för att skapa förutsättningar för en väl planerad, resurseffektiv och miljömässigt hållbar utbyggnad av CCS inklusive bio-CCS i Sverige. Myndigheten bör också få i uppgift att bistå aktörer inom CCS eller bio-CCS med information och vägledning om t.ex. legala frågor och stöd som kan sökas nationellt eller från EU.
- Regeringen bör ge Energimyndigheten i uppgift att inrätta ett nationellt centrum för CCS inklusive bio-CCS, som en del av myndigheten. Det nationella centrumet bör ha till uppgift att främja en ändamålsenlig tillämpning av CCS inklusive bio-CCS i Sverige, bygga nätverk för ökat kunskapsutbyte, tillhandahålla en plattform för dialog och samarbete mellan myndigheter, aktörer och intressenter, möjliggöra ett koordinerat agerande från aktörernas sida och bidra till att förståelsen av CCS inklusive bio-CCS ökar i samhället.
- Det nationella centrumet för CCS inklusive bio-CCS bör få i uppgift att främja att intresserade verksamhetsutövare utför plats-specifika studier av förutsättningarna för bio-CCS. Studierna bör exempelvis kunna ge besked om ungefärlig kostnad för avskiljning av olika volymer koldioxid, vilka möjliga transportlösningar som finns och vad de kan kosta. Studierna bör kunna finansieras av investeringsstödet för minusutsläpp. Stödet bör kunna sökas av och utbetalas till verksamhetsutövaren.
- Energimyndigheten bör få i uppdrag att utreda hur samordning av olika prövnings- och tillsynsfrågor gällande CCS inklusive bio-CCS skulle kunna underlätta avskiljning, transport och lagring av koldioxid från svenska utsläppskällor. Detta inkluderar tillståndsprövningen enligt utsläppshandelssystemet. I uppdraget bör ingå att ta fram en plan för en vägledning med stöd och råd till verksamhetsutövare och tillstånds- och tillsynsmyndigheter i prövnings- och tillsynsfrågor gällande CCS inklusive bio-CCS så att prövningarna och tillsynen blir så effektiv som möjligt samt, där det är möjligt, verka för att prövningarna löper parallellt. Vidare bör uppdraget omfatta om en särskild myndighet ska ha ett samordningsansvar för prövning och tillsyn av CCS- inklusive bio-CCS-anläggningar och vilken myndighet som i så fall ska ha ett sådant ansvar.

Andra tekniska åtgärder för negativa utsläpp av växthusgaser

Förutsättningar och bedömning

Den realiserbara potentialen för andra tekniker för negativa utsläpp är osäker eftersom flera av de alternativa teknikerna är under utveckling och i hög grad oprövade. Det är därför svårt att bedöma vilka tekniska åtgärder som kan vara relevanta för upptag av koldioxid i Sverige före mitten av detta århundrade. Flera av teknikerna bedöms resultera i långsiktig inbindning av koldioxid.

Utredningen har studerat flera olika tekniker: biokol som kolsänka, inbindning av koldioxid i krossad betong, inbindning av koldioxid i slagg från avfallsförbränning, direktinfångning och avskiljning av koldioxid i atmosfären och lagring (*air carbon capture and storage*, DACCS), påskyndad vittring, havsgödsling och CCU.

Utredningen bedömer att användning av biokol som metod för långsiktig kolinlagring och samtidig jordförbättring är den av de studerade teknikerna som har störst realiserbar potential att bidra till negativa utsläpp i Sverige i mitten av detta sekel, med reservation för att kunskapsläget är bristfälligt. I Sverige pågår redan en småskalig produktion och användning av biokol. Biokolet används framför allt som jordförbättringsmedel i parker och trädplanteringar. Kolsänkor genom användning av biokol redovisas dock inte i Sveriges klimatrapportering.

Produktionsanläggningar för biokol har tidigare fått investeringsstöd från det s.k. Klimatklivet och sådant stöd får även ges under innevarande programperiod. Ersättning kan ges både för substitution av fossila bränslen och kolinlagring. Det är även möjligt att få investeringsstöd genom landsbygdsprogrammet för produktionsanläggningar för biokol som ersätter fossila bränslen. På sikt skulle stöd kunna ges till användning av biokol för kolinlagring och jordförbättring inom ramen för landsbygdsprogrammet.

Kvalitetskrav bör ställas vid statligt stöd till biokolsprojekt, bl.a. att biokolets sammansättning ska vara stabil för att stöd ska kunna ges för ökad kolinlagring. Förväntad kolsänka ska beräknas utifrån vetenskaplig grund. Dessutom bör det ställas krav på att endast hållbart producerad råvara används vid produktionen samt att användningsområdet är sådant att det bidrar till kolsänka, t.ex. användning i jord, åkermark, djurfoder och senare spridning som gödsel på åker-

mark, strömmaterial till djurbäddar och senare spridning på åkermark samt inblandning i byggnadsmaterial.

Ytterligare insatser inom tillämpad forskning, tester och utvärdering av svenska biokolsprojekt behövs dock för att avgöra i vilken utsträckning användning av biokol som kolsänka kan bidra till de kompletterande åtgärderna.

Potentialen för avskiljning och användning av koldioxid (CCU) är osäker, endast en bråkdel av dagens utsläpp av fossil och biogen koldioxid avskiljs och används. CCU har potential att dels ersätta fossila bränslen och fossilbaserade material med koldioxidbaserade produkter, dels skapa en marknadsmässig grund till att förbättra avskiljningstekniken för koldioxid. För att koldioxidanvändningen ska betraktas som ett negativt utsläpp krävs att koldioxiden är biogen (bio-CCU) eller atmosfärisk samt lagras in långsiktigt. I dagsläget finns dock ingen vedertagen definition i klimatrapporeringen av vad långsiktig kolinlagring innebär. I de flesta fall återgår den infångade koldioxiden relativt snabbt till atmosfären, och CCU betraktas därmed som cirkulär användning av koldioxid för att fördröja utsläpp. Det kan dock finnas viss potential till långsiktig kolinlagring i byggnadsmaterial men mer forskning behövs inom detta område.

Det finns fördelar med långsiktiga teknikneutrala ekonomiska incitament för negativa utsläpp med liknande egenskaper och permanens, eftersom det är oklart vilka tekniker som har förutsättningar att bidra till kostnadseffektiva åtgärder på lång sikt. Även på sikt kommer det dock sannolikt finnas nya tekniska lösningar som kan behöva bli föremål för särskilda insatser för att stödja utvecklingen. Även den frivilliga marknaden för klimatkompensation kan bidra till att utveckla nya tekniker för negativa utsläpp.

Följande åtgärder bör vidtas:

- Det bör fortsatt vara möjligt att få investeringsstöd till biokolsanläggningar genom Klimatklivet och landsbygdsprogrammet.
- Det bör utredas om stöd på sikt bör ges till användning av biokol för kolinlagring och jordförbättring inom ramen för landsbygdsprogrammet. Om ett sådant stöd införs behöver behovet av och formerna för investeringsstöd till biokolsanläggningar ses över.

Verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder

Förutsättningar och bedömning

Parisavtalets regler för handel med resultat från utsläppsbegränsningar mellan länder är ännu inte färdigförhandlade och det kommer dröja innan formerna för sådan handel utvecklats i sina detaljer. Avtalet innebär en stor förändring jämfört med situationen under Kyotoprotokollet, i och med att alla parter nu har antagit egna klimatplaner som ska avspegla landets eller regionens bidrag till uppfyllelsen av Parisavtalets mål. De nationella bidragen är dock otillräckliga i nuläget och avtalet förutsätter att de successivt ska skärpas. Avståndet till de utsläppsnivåer som globala 2- och framför allt 1,5-gradersscenarier kräver är mycket stora.

Det är viktigt att de utsläppsbegränsningar som Sverige bidrar till, i bilaterala avtal eller gemensamt med flera andra länder och internationella organisationer, ges en sådan utformning att de är additionella, bidrar till hållbar utveckling och kan bidra till att även värdlandets klimatambitioner kan höjas. Sådana effekter kan uppnås genom valet av land, program- och åtgärdstyper, de villkor som ställs på värdlandets egna styrmedel samt genom att mängden resulterande enheter från de åtgärder som genomförs beräknas i förhållande till ett strikt referensscenario.

Det kommer inte vara enkelt att i varje enskilt förvärv ställa krav på förbättringar inom alla ovan nämnda områden men ambitionen bör vara att åstadkomma resultat inom så många områden som möjligt. I de avtal som sluts med ovan beskrivna ambitionshöjande inriktning, bör inriktningen samtidigt vara att eftersträva största möjliga kostnadseffektivitet.

Under 2020-talets början bedöms efterfrågan på enheter från utsläppsbegränsningar i andra länder under Parisavtalet sammantaget bli relativt begränsad, med få uttalade köparländer och värdländer. Det internationella flyget bedöms komma att stå för den största efterfrågan på enheter och därmed också bli prissättande på marknaden för s.k. offsetprojekt, åtminstone i inledningen. Priserna bedöms bli relativt låga, men ändå högre än när de var som högst under Kyotoavtalets första åtagandeperiod. Situationen kan förändras om exempelvis EU-länderna gemensamt skulle välja att även inkludera internatio-

nella utsläppsbegränsningar som en delmängd av ett skärpt EU-mål till 2030. Då skulle priserna på åtgärder i andra länder stiga.

En av utgångspunkterna för det svenska klimatpolitiska ramverket är att det genomförs i en värld som ställer om på ett sätt som är i linje med Parisavtalets temperaturmål. Kostnaderna för ytterligare åtgärder stiger i scenarier som bygger på att 1,5-gradersmålet nås och de närmar sig varandra världen över i scenarier med en kostnadsoptimerande ansats. Kostnaderna konvergerar till 2050 i en del scenarier, i andra modelleringar konvergerar de redan till 2030.

Priserna på enheter från utsläppsbegränsningar i andra länder, i en värld som ställer om, beräknas hamna på ungefär samma nivå eller högre än vad motsvarande kompletterande åtgärder i Sverige bedöms kosta på marginalen vid samma tid, t.ex. i form av bio-CCS och kol-inlagring i jordbruksmark.

Samtidigt kan det inte uteslutas att nya åtgärdsalternativ kan komma att utvecklas i andra länder och att dessa åtgärder blir mer kostnadseffektiva än kompletterande åtgärder i Sverige, t.ex. nya åtgärder eller tekniker för negativa utsläpp i form av DACCS eller biokol.

Sverige har under 2010-talet investerat i en relativt stor volym utsläppsenheter från framför allt CDM-projekt (*Clean Development Mechanism*) under Kyotoprotokollet för att bidra till Sveriges nationella mål 2020. Enheterna har successivt annullerats och i efterhand delvis redovisats som s.k. resultatbaserad klimatfinansiering av utsläppsminskningar, som en del av Sveriges åtagande om klimatfinansiering under klimatkonventionen.

Någon större samordning bedöms inte ha ägt rum mellan dessa insatser och andra finansieringsinsatser inom närliggande områden, främst finansiering med biståndsmedel av åtgärder för att minska utsläpp av växthusgaser i minst utvecklade länder. Sveriges nuvarande åtagande om klimatfinansiering uppgår sammanlagt till cirka 6 miljarder kronor per år från och med 2020 – ett åtagande som kan komma att öka i omfattning mot 2020-talets mitt, om inte tidigare. En mindre del av dessa insatser beräknas gå till åtgärder som sänker utsläppen, främst som en sidoeffekt, och en större del till åtgärder för klimatanpassning, även det som en sidoeffekt av biståndsprojekt med flera samtidiga nyttor. Andelen resultatbaserad klimatfinansiering, där utsläppseffekten per insatt krona beräknas, är låg. De flesta av projekten genomförs i gruppen av minst utvecklade länder.

Om Sverige, inom ramen för landets åtagande om klimatfinansiering, framgent även väljer att bidra till program för utsläppsbegränsningar i medelinkomstländer med relativt höga och växande utsläpp har Sverige möjlighet att bidra till större spridningseffekter av åtgärder i regioner där det, globalt sett, är särskilt angeläget att den nuvarande utsläppstrenden snabbt viker nedåt. Genom att insatserna dessutom knyts till Parisavtalets artikel 6 kommer de faktiska klimat-effekterna av åtgärderna kunna beräknas enligt internationellt överenskomna principer. Förutsättningarna för att uppnå en resultatbaserad finansiering ökar, vilket i sin tur gör att möjligheterna att uppnå en större effekt per insatt krona förbättras jämfört med om åtgärderna skulle finansieras på annat sätt.

Det program som utredningen föreslår ska delvis syfta till att bidra till de kompletterande åtgärderna i den omfattning som kan komma att behövas, men de ska också syfta till att öka Sveriges klimatfinansiering av åtgärder för utsläppsminskningar, framför allt i medelinkomstländer.

Denna del av Sveriges bidrag till klimatfinansiering blir genom det föreslagna programmet resultatbaserad och genomförs främst i länder som har stora och växande utsläpp.

Följande åtgärder bör vidtas:

Inriktning mot 2030

- Sverige bör inrätta ett program för internationella utsläppsminskningar under Parisavtalets artikel 6 som ska genomföras under 2020-talet. Det nya programmet behöver resultera i enheter från utsläppsbegränsningar motsvarande minst 20 miljoner ton koldioxidekvivalenter under 2020-talet, för att fungera på det sätt som utredningen föreslår. För att åstadkomma ett sådant resultat kan en budget motsvarande i genomsnitt 400 miljoner kronor per år behöva avsättas under 2020-talet. Programmet föreslås bidra till att:
 - andelen klimatfinansiering av åtgärder för utsläppsminskningar ökar, blir resultatbaserad samt i högre grad även omfattar medelinkomstländer
 - målen för de kompletterande åtgärderna uppnås.

- Insatserna behöver ge incitament till ambitionsnivåhöjningar i linje med Parisavtalets temperaturmål, ha hög miljöintegritet och bidra till hållbar utveckling i värdländerna såsom föreskrivs i artikel 6.1 i Parisavtalet. Programmet föreslås utformas så att det bidrar till att värdländerna ska kunna höja ambitionerna i sina klimatplaner. Den ambitionshöjande inriktningen bör påverka valet av värdländer där utsläppsbegränsningarna genomförs, vilka program- och åtgärdsstyper som väljs ut för finansiering, de villkor som ställs på värdlandets egna styrmedel samt genom att mängden resulterande enheter från de åtgärder som genomförs beräknas i förhållande till ett strikt referensscenario.
- Värdländerna för insatserna förutsätts justera sin utsläppsredovisning så att ingen dubbelräkning av utsläppsminskningar sker. Justeringen behöver göras oavsett om Sverige senare använder de förvärvade enheterna som en del av landets klimatfinansiering eller som en del av de kompletterande åtgärderna.
- Energimyndigheten, Naturvårdsverket och Sida bör tillsammans få i uppdrag att ge förslag på hur insatserna inom klimatfinansiering genom utsläppsminskningar och internationella insatser för kompletterande åtgärder bäst samordnas, bl.a. mot bakgrund av utredningens förslag till nytt program för internationella insatser i medelinkomstländer. Energimyndigheten bör få i uppgift att hålla samman uppdraget.

Inriktning på de internationella insatserna mot 2045 och därefter

- De internationella insatserna för att bidra till ytterligare utsläppsbegränsningar behöver fortsätta även efter 2030. Insatserna för ytterligare utsläppsminskningar kommer att vara centrala, samtidigt som insatserna för att åstadkomma negativa utsläpp successivt behöver öka i omfattning.
- Vid en global ambitionsnivåhöjning i linje med Parisavtalets temperaturmål, dvs. den utveckling som det svenska klimatpolitiska ramverket förutsätter, behöver de långsiktiga insatserna för utsläppsbegränsningar i andra länder mot klimatmålet 2045 huvudsakligen riktas mot åtgärder för negativa utsläpp med hög permanens.

- Fortsatta insatser för utsläpps begränsningar i andra länder, vid sidan av åtgärder för negativa utsläpp, bör föras till området resultatbaserad klimatfinansiering och inte räknas som kompletterande åtgärder i det svenska klimatpolitiska ramverket när Sverige ska uppnå nettonollutsläpp senast 2045 och nettonegativa utsläpp därefter.

Summary: The pathway to a climate-positive future – strategy and action plan for achieving negative greenhouse gas emissions after 2045

Attaining negative emissions of greenhouse gases will demand supplementary measures alongside extensive emission mitigation. This strategy sets out principles and targets for a policy in the area of supplementary measures and an action plan for achieving them.

All pathways that limit global warming to 1.5 °C with limited or no overshoot project the use of carbon dioxide removal (CDR) on the order of 100–1 000 GtCO₂ over the 21st century. CDR would be used to compensate for residual emissions and, in most cases, achieve net negative emissions to return global warming to 1.5 °C following a peak (high confidence).

From the IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C from 2018

Introduction

According to the UN's Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), measures and technologies are needed for net negative emissions of carbon dioxide to limit global warming to a maximum of 1.5 °C. The IPCC states that net negative emissions of carbon dioxide arise when a larger amount of carbon dioxide is removed from the atmosphere thanks to human activity than the residual emissions caused by humans.

Under the Paris Agreement on climate change (the Paris Agreement) the parties are to strive to achieve a balance between anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of greenhouse gases in the second half of this century. It is assumed that developed countries will lead the way in these efforts, and many countries around the world have adopted or are moving to adopt net zero emission targets.

Sweden's climate policy framework from 2017 states that by 2045, Sweden is to have zero net emissions of greenhouse gases into the atmosphere and should thereafter achieve negative emissions. However, attaining this goal will demand supplementary measures alongside extensive emission mitigation, as net negative emissions cannot solely be attained by reducing emissions. The climate policy framework can thus not be implemented without a policy for supplementary measures.

The climate policy framework places Sweden in a small but growing group of countries in the forefront of combating climate change. This strategy sets out how Sweden can work on measures and technologies that produce negative greenhouse gas emissions, i.e. that lead to net removal of greenhouse gases from the atmosphere, and other types of supplementary measures to achieve the goals of the climate policy framework. Few countries have come as far in their preparations to attain net negative emissions as Sweden. If the action plan in the strategy is implemented, together with the drastic emission cuts that are prescribed by the climate policy framework, Sweden's credibility as a trailblazing country on climate issues will be significantly increased. This will clearly show that Sweden intends to act in line with the science to play its part in attaining the goal of the Paris Agreement.

Being a trailblazer takes courage. A policy needs to be developed for what is partly an entirely new area, characterised by major uncertainties and limited experience. However, there are no major risks and no insurmountable obstacles that justify Sweden postponing action. On the contrary, there are weighty reasons in favour of acting and major opportunities to be gained from rapidly putting in place the measures required to bring about net negative emissions. These reasons are further elaborated on below under the heading *Supplementary measures are needed alongside emission mitigation*. Under the heading *Principles for how the volume of supplementary measures should be built up*, an account is provided of what the build-

ing blocks of a policy to maximise the benefit of supplementary measures could look like.

Sweden is a sparsely populated, forested country; more than two-thirds of Sweden's land area is covered by trees. This means that measures that affect carbon sequestration in forests and in the soil and the opportunity to produce renewable raw materials in a sustainable way are vitally important to Sweden's national net emissions. Although Swedish agriculture does not cover as large an area, there are good opportunities there too to increase production and increase carbon sequestration in ways that contribute towards several simultaneous added values.

The abundant access to biomass as a raw material for the pulp and paper industry has resulted in Sweden having a large number of significant point emission sources of biogenic carbon dioxide. In addition, the use of biomass residues from forest management and forest industries has given rise to several large point emission sources of biogenic carbon dioxide in the energy sector. The potential for negative emissions through the application of bio-CCS (capture, transport and storage of carbon dioxide of biogenic origin) at these sites is high.

Sweden thus has unusually good potential to introduce particular measures and technologies that result in negative emissions of greenhouse gases and should make use of these as far as possible. Some countries have similar opportunities to Sweden and can make use of the same measures and technologies to achieve negative emissions, while other countries will entirely or partly need to choose different paths based on their specific situation. Considering the magnitude of the climate challenge and the urgency with which it must be tackled, all opportunities to achieve negative greenhouse gas emissions in the world must be seized.

The purpose of the strategy

- The overarching purpose of the strategy is to help Sweden to attain the goals of the climate policy framework.
- The strategy is to make it possible to use supplementary measures to attain the goal of net zero emissions by 2045 at the latest, and the goals for 2030 and 2040.

- The strategy is to make it possible for Sweden to attain net negative emissions of greenhouse gases once the net zero goal has been reached, by using supplementary measures.
- The strategy is to help to attain the goals of the climate policy framework in a manner that is efficient in terms of costs and the socio economy and without impairing Sweden's capacity to attain its environmental quality objectives.

Targets for supplementary measures

Targets for supplementary measures should be agreed and decided. The strategy assumes the following targets for supplementary measures:

- In 2030 Sweden is to achieve supplementary measures equivalent to at least 3.7 million tonnes of carbon dioxide per year.
- In 2045 Sweden is to achieve supplementary measures equivalent to at least 10.7 million tonnes of carbon dioxide per year. This level is to be able to increase after 2045.
- Between 2021 and 2045, the volume of annually generated supplementary measures will constantly increase.

It is up to future governments to decide the extent to which supplementary measures are to be counted towards the goals of the climate policy framework.

The target level for supplementary measures in 2045 is based on the maximum permitted use of supplementary measures to achieve the net zero emission goal of the Swedish climate policy framework. In the same way, the target level for supplementary measures in 2030 is based on the maximum permitted use of supplementary measures to achieve the climate goal for 2030. The underlying idea is that the volume of supplementary measures is to be built up continuously over time. Therefore, there is no need for a quantitative target level for supplementary measures by 2040; the important thing is that the volume of supplementary measures continues to grow towards the target level for 2045.

Climate goals in the climate policy framework are expressed as percentages of historical emissions. This means that climate goals expressed as volumes may change as Swedish emission reporting evolves. The target levels for supplementary measures may therefore need to be reviewed in the event of major changes to previously reported historical emissions.

Supplementary measures are needed alongside emission mitigation

Emission mitigation and supplementary measures are both needed

To meet the goal set out in the Paris Agreement and the Swedish climate goals, there is a need for both emission mitigation and supplementary measures. Under the climate policy framework, emissions in Sweden must fall by at least 85 percent by 2045 compared with 1990. Supplementary measures do not replace the need for an extensive transformation of society and for far-reaching emission mitigation but are a complement to such developments.

Some emissions are very hard to mitigate

The goal of net zero emissions in Sweden by 2045 will be very difficult to meet by reducing emissions alone. This is because certain emissions are judged to be particularly hard to eliminate entirely, at least not without also halting the activity that gives rise to the emissions.

Reducing greenhouse gas emissions by at least 85 percent requires ceasing practically all use of fossil fuel in society at the same time as emissions from industrial processes reach levels close to zero, partly by phasing out the use of fossil inputs and by applying CCS technology in industries such as cement production, where fossil carbon emissions cannot otherwise be avoided. The efficiency of the use of energy and materials must be hugely improved, and emissions from electricity supply need to reach zero-levels while electricity use increases in industry and the transport sector.

The greenhouse gas emissions that remain once emissions have been reduced by 85 percent are mainly methane and nitrous oxide

emissions from several disparate sources in society, e.g. from incineration of biofuels, waste water treatment plants, digestion for biogas production and emissions from agriculture. Based on today's knowledge and technology, these remaining emissions are judged to be very difficult and expensive to eliminate entirely.

The largest remaining greenhouse gas emissions in 2045 are expected to be found in the agricultural sector. Agricultural greenhouse gas emissions largely come about as the result of biological processes, and emissions are typically spread across a very large area, making them hard to control and capture. It is true that emissions may be reduced per produced unit of food or agricultural product and by prioritising the production of products with low associated emissions, but emissions cannot be eradicated entirely. Given today's knowledge and technology, Sweden cannot attain zero emissions as long as agriculture continues to exist. Sweden can therefore not attain the national climate goal of net zero emissions by 2045 at the latest through emission mitigation alone.

The conclusion therefore is that supplementary measures are needed to compensate for emissions that cannot be entirely eliminated with today's knowledge and technology. Investment in the field of supplementary measures, in parallel with technological development and a transformation of society to reduce emissions, will mean Sweden is not dependent on highly uncertain future leaps in technology to attain the goal of net zero emissions by 2045 and will simultaneously pave the way for achieving net negative emissions thereafter.

Supplementary measures are needed to go beyond net zero

According to the climate policy framework, Sweden is to have net emissions that are lower than zero once the net zero target has been achieved by 2045 at the latest, i.e. net negative emissions. Net negative emissions will only be possible if supplementary measures are used and deducted from remaining emissions.

The framework does not specify how far below zero Swedish net emissions must be after 2045. Provided that future national climate goals continue to be determined on a scientific basis, and taking global justice into account, it is, however, likely that Swedish climate

goals after 2045 will need to be considerably lower than net zero. In order to attain such goals, a considerable volume of supplementary measures will be needed.

According to the IPCC, unless global emissions plummet rapidly in the immediate future, considerable net negative emissions will also be needed at global level after 2050 to meet the temperature goal set out in the Paris Agreement, and this situation will prevail for a long time to come. The earlier that major reductions in emissions and negative emissions come about, the lower the need for negative net emissions will be in the second half of the century to compensate for exceeding the carbon budget for 1.5 °C, but even in such a development scenario, global net emissions would need to be below zero.

Therefore, it is likely that Sweden will have national climate goals that are considerably lower than net zero from the second half of this century onwards and for a foreseeable period thereafter. Thus, in the long term, the volume of Swedish supplementary measures will probably need to remain at a high level for a long time.

Supplementary measures can increase cost efficiency in both the short and the long term

If the national climate goals on the path towards net zero emissions are to be met without adding in supplementary measures, the cost of achieving the goals will rise. The supplementary measures proposed in this strategy are estimated to be associated with considerably lower costs for measures in 2030 than, for example, emission mitigation through further increased use of biofuels over and above what can be demanded to attain the climate target for the transport sector. Also, the cost of measures in the field of biofuels to achieve the climate goal for the transport sector is judged to be higher than the cost of the proposed supplementary measures. However, this is of no practical significance, since the way the goals are designed means that the transport goal must be met without factoring in supplementary measures.

The cost of achieving the Swedish net zero emission goal by 2045 at the latest purely through emission mitigation is judged to widely exceed the cost of achieving the goal by also factoring in supplementary measures, because the former requires major interventions regarding the extent of agricultural production in Sweden, among other

things. The measures that may come to be necessary for achieving the net zero climate target without supplementary measures also risk leading to higher emissions in other countries, e.g. through increased imports of agricultural products, which would seriously reduce the overall actual climate benefit.

The opportunity to meet more stringent climate goals

We are constantly adding to our knowledge on climate change. IPCC's most recent reports from 2018 and 2019 show that global net emissions need to fall extremely rapidly in the immediate decades, through emission mitigation and increased removal, if the temperature goal of the Paris Agreement is to be achieved. The research results also show that even now, at a temperature increase of about a degree compared with preindustrial levels, the effects of a changed climate are more extensive than was previously predicted.

It is feasible that the national climate goals will need to be tightened up to continue to be in line with the goal of the Paris Agreement and Sweden's ambition to be a trailblazer in the area of climate change. If society in Sweden is successfully transformed to attain very low greenhouse gas emissions, supplementary measures may make it possible to respond to tougher climate goals at national or European level.

Principles for how the volume of supplementary measures should be built up

The same climate effect must be attained as for emission mitigation in Sweden

In line with the climate policy framework, the climate effect of supplementary measures must be comparable with the climate effect of emission mitigation in Sweden. In other words, when supplementary measures are used to attain the climate goals, this must not mean lowering ambitions in terms of climate effect. This is a very important starting point for the strategy, which, inter alia, means that it is proposed that only negative emissions (removal of greenhouse gases) and reduced emissions in the land use, land use change and forestry

sector (LULUCF sector) which follow from the effect of measures in this strategy are able to be counted as supplementary measures. Accounted net removals and emission reductions in the LULUCF sector which would have occurred even in the absence of these measures should not be able to be counted towards the climate goals as supplementary measures, because this could lead to a lower mitigation effect in total compared with emission mitigation in Sweden.

The above interpretation is in line with the IPCC's definition of negative emissions, which states that these arise through planned human activity, e.g. in addition to the removal that would otherwise have taken place naturally in the carbon cycle.

For supplementary measures to be comparable with emission mitigation in Sweden, the climate effect must also be comparable over time. When supplementary measures are used to attain any of the climate goals in the national climate policy framework, they must be used and allocated such that they compensate for a higher emission level over time – not only for the specific target year. If supplementary measures were only to be used such that they compensate for a higher emission level in a specific target year, their climate effect would not be comparable with the climate effect of emission reductions in Sweden.

The supplementary measures used must lower the cost of attaining the climate goals

Supplementary measures must be capable of helping Sweden to attain the climate goals in a cost-effective manner that is also effective in terms of the socio economy. In selecting which supplementary measures should be carried out, cost-effectiveness in the short and the long term are elements that should be factored in. The analysis should also consider risks, the permanence of carbon storage, significant ancillary benefits and negative effects.

The instruments applied to achieve the supplementary measures also need to be designed such that they are cost-effective and effective in terms of the national economy. One component in this is to avoid carbon leakage, i.e. production and associated greenhouse gas emissions moving from Sweden to other areas where the production costs are lower as a result of a less ambitious climate policy.

Spreading the risks should be a guiding principle

The different types of supplementary measures are all associated with uncertainty and risks in their implementation. These risks mean that it is highly likely that several of the projects initiated as supplementary measures will fail to deliver negative emissions or emission reductions according to plan.

It is also possible that a whole category of supplementary measures will prove to be a difficult path. This might be the case, for example, if a market for trading verified emission reductions would not come into being internationally, or if geological storage sites for Swedish carbon dioxide would not become accessible.

Changes in EU regulations may mean that what can be counted as a supplementary measure today will not automatically be able to be counted as such tomorrow. This is particularly true if the scope of the EU's main legal provisions in the climate field are changed in terms of emission sources and sinks or accounting rules. Several of these legal provisions do not extend further than 2030.

The type of risks naturally varies between the different supplementary measures. The effects of proposed and other potential measures in the LULUCF sector depend, among other things, on how quickly they can be brought about and how incentives to carry out the measures are affected by other factors, e.g. the market's demand for different products from agriculture and forestry. There are also risks associated with different forms of natural disturbances, some with a link to how the climate develops, which may limit the outcomes of the measures taken.

For bio-CCS, commercial risks are likely to be the major threat to project implementation but there are also technical, legal and political risks or obstacles that may delay or halt bio-CCS projects, even if the proposals of the inquiry seek to reduce these.

The Paris Agreement's rulebook for trade in mitigation outcomes between countries has still not been finally negotiated. This is one of several factors that mean that it is likely to take a number of years before it is possible for Sweden to carry out verified emission reductions in other countries in a way that firstly ensures that the efforts lead to measures over and above those that would have been taken in the host countries in any case, and secondly does not lead to double counting of the emission mitigation attained.

Other technical measures for removal of greenhouse gases are at an early stage of development and are untested on a larger scale. At the moment, there is also a lack of a system or common regulations to report and account for negative emissions using such technologies.

Given the risks inherent in supplementary measures in all areas, it would be unwise to focus on only one type of supplementary measure. Spreading the risk should therefore, at least initially, be a guiding principle for how the volume of supplementary measures is to be built up over time. In the long term, it may become clear that one or more types of supplementary measures should be prioritised over others.

Action today means room for manoeuvre tomorrow

The supplementary measures are generally characterised by high complexity and long lead times. No high-quality supplementary measures can be carried out without being preceded by extensive planning and preparation work. How long the time lag is between a decision on a measure until the result of the measure can start to be taken into account in climate accounting differs markedly, however, between different supplementary measures.

For most of the measures in the LULUCF area, further analyses are needed of where different measures can suitably be carried out, but these analyses should not be so extensive that they prevent the measures from being implemented within a year or two. Once measures are in place, it takes different amounts of time before the full effect is attained. A measure such as re-wetting drained peatland will reduce emissions relatively quickly, while the full effect of afforestation measures will only be attained after several decades.

Bio-CCS projects are associated with long lead times. Pilot-studies permit processes and setting up installations to capture, transport and store carbon dioxide will take several years in total for each individual project.

The lead times for implementing measures in other countries that can be judged to be additional, contribute towards sustainable development and to raising the level of ambition globally, will probably be relatively long, particularly in the introductory phase. Under the Paris Agreement, all parties have their own national climate plans

that will gradually need to be made stricter. Limiting emissions in a country that has also adopted its own climate plan and introduced national instruments for emission mitigation in the climate field therefore requires collaboration between the parties involved, partly to identify how implementing measures will not make it more difficult for the host country to meet its targets or to raise its own ambitions.

Due to the long lead times from decision to result for several of the supplementary measures, it is necessary to act in the immediate future so as not to shrink future room for manoeuvre on climate policy. If, for example, bio-CCS is to be able to play a significant role in climate policy in 2045, the first plants need to be taken into operation in the 2020s, which demands immediate action on the part of the State. The same timescale applies to certain measures in the LULUCF sector.

It is thus important that an investment in supplementary measures is introduced without delay so that it is possible to fully benefit from the opportunities and the room for manoeuvre that the supplementary measures bring.

Stable terms and objectives attract project owners

Most supplementary measures involve projects that will run for a long time, often decades. Projects in the LULUCF sector can also result in a landowner being unable to farm a specific area in the same way as before. Decisions to implement such projects are not made lightly. Projects can also be associated with major investments. This is always the case with bio-CCS, for example.

In order to attract appropriate project owners, the area of supplementary measures should therefore be characterised by stable terms and conditions and clear targets. This aids predictability and reduces the risk for potential project owners.

Stable terms and conditions mean that the direction of governance should not change radically over time. Instruments can and should be gradually developed, but, in other words, this should take place in a way that does not dramatically alter the underlying conditions for the actors affected.

The volume of supplementary measures should be built up gradually

Swedish actors' experience of several types of supplementary measures is limited. Experience is often limited internationally too. This is the case with bio-CCS, for example, and biochar. Technologies and measures where experience is limited today can be assumed to be in a phase in which the learning curve is steep and where development towards greater effectiveness and lower costs may be rapid once experience has increased.

Gradually building up the volume of supplementary measures means experiences from early projects in Sweden and abroad can help to lower the cost and increase the efficiency of subsequent projects. Swedish projects provide relevant experience for the underlying conditions that apply here; equivalent experience cannot usually be fully obtained by studying projects abroad.

If the volume of supplementary measures is built up gradually, certain types of measures can be prioritised ahead of others on the basis of evaluations of early initiatives before volumes have reached high levels.

Development towards technology-neutral governance

The supplementary measures that are feasible today differ wildly in character and find themselves in different phases of technological maturity. The costs of some of them may be thought to fall faster when the experience of measures increases compared with other supplementary measures where the cost scenario is more stable. There are also major differences in the quantitative potential different supplementary measures have and thus what role they can play in a long-term climate transition.

In the short term, there are therefore grounds to apply technology-specific governance that permits different instruments and pricing for different types of supplementary measure. This creates opportunities for measures and technologies that are currently associated with relatively high costs, compared with other options, to contribute to a cost-effective climate policy when experiences of the measures increase, and the costs fall.

In the long term, governance of supplementary measures should be developed towards technology neutrality. Once technological

maturity and experience of supplementary measures have increased, technology-neutral governance facilitates good cost-effectiveness. In the long term, too, it is likely that there will be new technological solutions in early stages of development that may need to be the object of specific development-support initiatives.

Technology-neutral governance needs to consider the fact that the end product of different supplementary measures differs. For example, there is a major difference between carbon dioxide which is permanently and irreversibly stored (e.g. through bio-CCS) and carbon dioxide that is stored for the long term but where this is temporary or reversible (e.g. through afforestation), even if both can be counted as negative emissions. This difference can justify differentiated compensation for negative emissions.

In addition to development towards technology-neutral governance, a move towards geographically neutral governance that does not take national boundaries into account may ultimately become relevant in the longer term.

There is no ceiling for the volume of supplementary measures

The climate policy framework contains rules that limit the volumes from supplementary measures that may be counted towards the climate goals. On the other hand, there is no limit on the volume actually created.

This strategy contains targets for the volume of supplementary measures expressed as minimum levels. In the future, however, it may prove to be the case that higher levels are needed or desirable. The proposals in the action plan seek to clear the minimum levels but they also create underlying conditions for going further in the long term where necessary and generating a larger volume of supplementary measures.

Harmony with the development of the EU's climate policy

The EU's climate policy is developing rapidly. At the end of 2019 the EU Heads of State, except for one Member State, backed the goal of a climate-neutral EU by 2050. The Communication from the Commission on The European Green Deal from the same period

contains a wide-ranging roadmap for work in the coming years towards a tougher environment and climate policy for sustainable economic growth in Europe. Negative emissions are part of the European Commission's long-term climate strategy, but actual governance in this area is absent at EU level, except for the LULUCF sector. It is likely that a European policy for negative emissions of greenhouse gases will eventually be developed. It can also be noted that international climate measures are not included in the proposals drawn up so far.

Formally tightening up the EU's climate target or organised voluntary overperformance compared with the goals of Member States with high ambitions, would probably hasten the development of EU-wide governance of negative emissions.

The Swedish supplementary measures need to be planned, defined, carried out and managed so that they can work well with the EU's regulations, now and in the future.

Direction of supplementary measures up to 2030 and possibility space up to 2045

The volume of supplementary measures should be built up in line with the proposed targets for supplementary measures and principles above. The impact assessment presented in section 20 forms a basis for this strategy and its action plan together with the conclusions and assessments made in the other sections of the report.

Direction up to 2030

Up to 2030 the direction should be towards creating supplementary measures equivalent to at least 3.7 million tonnes of carbon dioxide per year with a rough distribution between the main types of measures set out in table 1 below. The direction may need to be modified in conjunction with the control stations proposed to reflect experience won and external developments.

Table 1 Direction for supplementary measures up to 2030

Type of supplementary measure	Mtonnes CO ₂ equiv./year
Increased carbon sink in forests and land	1.2 ^{1,2}
Capture and storage of biogenic carbon dioxide (bio-CCS)	1.8
Verified emission reductions in other countries	0.7
Total	3.7

¹ Equivalent to the entire effect of proposed supplementary measures compared with the measures not being carried out.

² Inclusive use of biochar as a carbon sink, which, however, is not judged to result in any major boost by 2030.

The total volume of verified emission reductions in other countries should amount to a total of at least 20 million tonnes of carbon dioxide equivalents in the 2020s. Of this, 0.7 million tonnes are calculated as supplementary measures in the specific year 2030 in line with the direction above. The remaining volume is calculated partly as supplementary measures for the period 2021–2029 as the quantity of supplementary measures must be built up gradually, and partly as results-based climate financing.

If any of the other types of supplementary measures fail to deliver in line with the direction, the gap can be compensated for by a larger proportion of verified emission reductions in other countries being counted as a supplementary measure instead of as climate financing. This opportunity brings valuable flexibility, increasing the likelihood of meeting the target level despite the risks of loss of units in the LULCF sector, for example due to disturbances in the form of storms, insect infestation and forest fires, or in bio-CCS due to unpredicted obstacles.

The volume of annually generated supplementary measures will be built up gradually from 2021 to the target level of 2030 as a minimum. The volume is likely to increase gradually rather than linearly, because many of the measures proposed in the action plan have stepped rather than linear effects.

Direction and possibility space up to 2045

The direction is for Sweden to achieve supplementary measures equivalent to at least 10.7 million tonnes of carbon dioxide per year by 2045. There are to be opportunities to increase that level after

2045 should this be needed. The volume of annually generated supplementary measures should be built up gradually from 2030 to the target level of 2045 as a minimum.

It is not appropriate to propose a detailed distribution between different types of supplementary measures in 2045 at this point because future trends in the cost of measures, alternative technologies and surrounding changes cannot be predicted. Locking in distribution based on the knowledge we have today therefore risks making the effect of supplementary measures as tools in climate policy more expensive and less effective. However, it is possible to produce an argument regarding the possibility space in 2045 with intervals for the different types of measure, given the direction up to 2030 and the content of the action plan (table 2).

Future control stations for the supplementary measures should be used to judge where in the possibility space it is desirable to end up and to steer development in that direction.

Table 2 Possibility space for different types of supplementary measures in 2045, given the direction up to 2030 and the action plan

Type of supplementary measure	Mtonnes CO ₂ equiv./year
Increased carbon sink in forests and land	2.7 ¹ –?
Capture and storage of biogenic carbon dioxide (bio-CCS)	3–10
Other technologies for negative emissions	0–?
Verified emission reductions in other countries – negative emissions	0–very great ²

¹ Refers to proposed supplementary measures in this strategy.

² In a world that is in transition in line with the temperature goal of the Paris Agreement, the prices of verified emission reductions in other countries are not judged to differ markedly compared with the costs of carrying out measures for negative emissions in Sweden.

Up to 2045, additional measures in the LULUCF sector may come about and be included as supplementary measures in addition to the areas in which the inquiry proposes instruments, e.g. additional measures in agriculture, measures on forest land and the use of biochar as a carbon sink.

The effect on the carbon sink due to measures on forest land, e.g. increased protection of forests or measures to increase growth, is hard to assess because the effect on the carbon sink depends on both how growth develops and on the market's demand for forest raw material, which affects the total harvesting level. Further analysis is

needed of how the additional contribution from different measures on forest land is to be calculated and counted if they are included as supplementary measures. One particular measure may negatively affect opportunities for implementing other measures locally, while at the same time the measures may also supplement each other in a broader sense.

Action plan to achieve the purpose of the strategy and the targets for supplementary measures

The action plan seeks to fulfil the purpose of the strategy and attain the proposed targets for supplementary measures through a detailed policy in line with the direction up to 2030. The proposed policy must also make it possible to achieve supplementary measures equivalent to 10.7 million tonnes of carbon dioxide per year in 2045 and thereafter.

The Government and the Parliament need to create sufficient incentives for supplementary measures to ensure that these are carried out to the desired extent. Under today's climate policy there are largely no incentives for measures that bring about increased removal of carbon dioxide from the atmosphere. Nor are there any instruments that give market actors incentives to contribute towards funding supplementary measures as an alternative to mitigating their own emissions.

The action plan is divided into five sections. The first section is about creating fundamental, general conditions for supplementary measures irrespective of the type of measure. This is followed, in order, by sections on increased carbon sinks and reduced emissions in the LULUCF sector, bio-CCS, other technologies for negative emissions and, to conclude, verified emission reductions in other countries. All sections comprise two parts – firstly a descriptive element about the most important prerequisites and assessments in the area, followed by proposed measures set out in bullet point form.

The action plan should be implemented as swiftly as possible.

Create the underlying conditions for developing supplementary measures

Underlying conditions and assessment

Supplementary measures often involve investment-intensive projects that will run for a long time. For such projects to come about, the field of measures needs to be characterised by stable terms and conditions and clear targets with the aim of reducing the project risks for actors involved. A politically backed quantitative target for supplementary measures by 2045 facilitates long-term planning and long-term action for potential project owners. One target on the path towards supplementary measures by 2030 helps to create trust that the long-term target will be realised.

Supplementary measures are a tool for attaining the climate goals in the climate policy framework. Targets set and determined for supplementary measures would mainly be aimed at attaining the climate goals and should thus be ranked equally with the climate goals.

The field of supplementary measures needs to be constantly evaluated and developed in the same way as other parts of climate policy. Work to evaluate and develop the supplementary measures should be carried out integrated with, and within the framework of, the system on climate policy applied in general, in line with the climate policy framework.

Calculation, reporting and verification of negative emissions need to be developed to enable Sweden and the EU to follow up the climate targets and report negative emissions of greenhouse gases in a transparent manner.

Sweden currently lacks a system for gathering data and calculating and reporting negative emissions to monitor national goals apart from existing reporting in the LULUCF sector. This should be addressed.

The international reporting guidelines and climate reporting tables need to be expanded to enable transparent reporting of negative emissions to the United Nations Framework Convention on Climate Change. For example, there are no guidelines for estimating how much carbon dioxide is bound in concrete, which means that there is no category for reporting such data in the climate reporting tables. Nor are today's reporting guidelines unequivocal.

Sweden has an opportunity to, and should, report data on negative emissions in the annual Swedish climate report to the EU and the United Nations Framework Convention on Climate Change, even if this information cannot be reported in the tables provided. That stated above regarding data collection and reporting also applies to carbon capture and utilisation (CCU).

The following measures should be taken:

Set targets for supplementary measures

- The Parliament should confirm the targets for supplementary measures proposed in, and which form the starting point for, this strategy. The targets should be ranked as subordinate to the national climate goals and therefore not constitute intermediate objectives within the environmental quality objective system.

Implement control stations for supplementary measures

- The climate policy action plans that the Government must submit to the Parliament every four years should set out how work on the supplementary measures is progressing. These control stations should also report whether any new type(s) of measure will be able to be counted as supplementary measures. Furthermore, the climate policy action plans should contain proposals for steering development in the field of supplementary measures in the desired direction.
- The Government should base the control stations for supplementary measures on data from relevant agencies. The Government should therefore task the Swedish Environmental Protection Agency with compiling such data in partnership with the Swedish Energy Agency, the Swedish Board of Agriculture and the Swedish Forest Agency, as part of the Environmental Protection Agency's existing mandate to produce data for the climate policy action plans.

- The climate reporting that the Government annually presents to the Parliament as an appendix to the budget bill should account for how work on the supplementary measures is progressing. The report should also include how all types of supplementary measures have been developed over time. The Government should task the Swedish Environmental Protection Agency with compiling data for the report in partnership with the agencies concerned.

Develop comprehensive and transparent reporting of supplementary measures

- The Swedish Environmental Protection Agency should be given the task to create a system for collecting data, and for calculating and reporting negative emissions for following up supplementary measures and the national climate goals. The system should encompass negative emissions of greenhouse gases, including capture, transport and storage of biogenic and atmospheric carbon dioxide, utilisation of biochar as a carbon sink, and CCU. Following up emissions and uptake in the LULUCF sector is already covered by existing systems but these need to be developed further to identify the effect of proposed measures in the sector. This part of the mandate should be carried out in consultation with the Swedish Board of Agriculture and the Swedish Forest Agency.
- Monitoring verified emission reductions through investments in other countries should be carried out in collaboration between the Swedish Energy Agency and the Swedish Environmental Protection Agency.
- Sweden should work to see that the EU creates transparent systems for reporting negative emissions of greenhouse gases. The reporting should distinguish between short-term and long-term or permanent carbon storage.
- The Swedish Environmental Protection Agency should be given the task to produce a proposal for how, when and in what form information about negative emissions is to be reported internationally and to the EU.

- Sweden should work to ensure that the international reporting guidelines with associated methodology guidelines and the tables used in climate reporting are developed within the process of the UN Framework Convention on Climate Change and the Paris Agreement such that negative emissions can be reported appropriately and transparently.

Increased carbon sink in forests and land

Underlying conditions for measures in the LULUCF sector

Underlying conditions for measures in the LULUCF sector vary to a very great extent between different countries. In Sweden, just under 70 percent of the land area comprises forest land (28 million hectares), which can be compared with the global average of just over 20 percent. This creates an opportunity for measures that may have a relatively major impact on the carbon sink in the forest, and on the forest as a resource for renewable raw materials. Compared with other countries of the same size, the amount of agricultural land in Sweden is relatively small (less than 3.5 million hectares of arable and grazing land according to Sweden's climate reporting). At the same time, there is also scope to create underlying conditions for higher carbon sequestration on such land through measures that may provide several additional values without affecting the domestic supply of food and other products.

The biogenic carbon flows found in the LULUCF sector differ considerably from fossil carbon flows in that they are volatile, can flow in both directions and are part of a circular flow. An uptake of carbon stored in biomass at one occasion may contribute emissions at a later stage when the carbon is released, e.g. when biomass is burned or naturally decomposed. The carbon flows in the sector are also highly influenced by natural factors, but human activity is of major significance on forested and agricultural land.

There are several potential measures in the LULUCF sector capable of increasing carbon sequestration and reducing greenhouse gas emissions respectively, but the effect of the measures on total greenhouse gas emissions – when in time the effect is achieved and how long-lasting it is – varies hugely due to the inherent inertia of the biological systems affected. This means that certain measures

should be put in place early in order to achieve a real effect on carbon sequestration and greenhouse gas emissions by 2030, 2040, 2045 and thereafter, while other measures can be carried out on an ongoing basis since they have a more direct impact on emissions. One difficulty is distinguishing which measures can also provide a long-lasting effect on the carbon stock into the future.

Measures to increase the carbon sink and reduce emissions in the LULUCF sector that produce additional values and meet other objectives, e.g. preserving biodiversity and reducing nutrient leaching, should be prioritised. Measures that contribute towards several values and objectives are generally judged to be more lasting than measures that solely help to increase the carbon sink, because in such cases there are more drivers capable of ensuring that the measures are retained.

The inquiry's proposed measures in the LULUCF sector

The proposed policies mainly concern measures on agricultural land and agricultural land taken out of production, where agricultural land means arable land and all forms of grazing. On agricultural land, the proposed policies have been judged to lead to an increase in the use of catch crops and cover crops on 400,000 hectares and agroforestry on 50,000 hectares. The proposed policies are also judged to lead to that 40,000 hectares of agricultural land taken out of production will be used for energy crop cultivation (e.g. Salix and Poplar) and that 100,000 hectares will be used for afforestation, while approximately 50,000 hectares of land in a later stage of natural overgrowth should be managed to promote growth. The assessment of the effects of the measures is based on that they are implemented gradually such that the full area is attained in 2030, apart from carbon-capture crops, where the full area will be attained in 2040.

The inquiry also proposes policies that create incentives so 100,000 hectares of forest land and 10,000 hectares of former agricultural land on peatland previously drained for farming and forestry, may be gradually re-wetted up to 2040. With all proposed measures, it is important that the underlying conditions for attaining other environmental objectives and the objectives of the National Food Strategy are not impeded but rather strengthened.

Provided that the measures above come about in the next ten years, they are judged in combination to be able to contribute to reducing emissions of just over one million tonnes of carbon dioxide equivalents in 2030 and almost three million tonnes of carbon dioxide equivalents in 2045. Re-wetting and catch crop initiatives are the most important for these estimated effects.

Land use affected

The estimate of available land area is based on land use trends in the agriculture sector today and how land use may change. The future demand for land to produce food and other products is hard to assess, however, and may change rapidly, which means that measures that block agricultural land for other use over a long period have been included to a lesser extent than would be possible if the entire available potential were to be included.

The measures in terms of catch crops, cover crops and agroforestry are judged to be able to be integrated with existing land use without it being affected to any major extent. Energy crop cultivation and afforestation mainly concern measures on land that has already been taken out of production but also involve land that may be taken out of production in the future to a certain extent. Re-wetting covers forest land where forestry is conducted to a limited extent, often former arable land. Land where farming is carried out or has recently been carried out may also be considered for re-wetting.

Measures to the extent proposed by the inquiry cover less than 1 percent of the total land area used for forestry and slightly more than 14 percent of agricultural land. Regionally, however, the proportion may be greater as, for example, the majority (over 80 percent) of the approximately 230,000 hectares of agricultural land taken out of production in the past 20 years and that may be available for afforestation is found in Götaland and Svealand. This is also where the most suitable land for re-wetting is found (forest land and agricultural land).

Instruments to increase the carbon sink

To put in place measures that lead to enhanced carbon sequestration on existing agricultural land and agricultural land no longer used for food or feed production, advice in agriculture and forestry needs to be stepped up at the same time as making sufficient funding available for these measures in upcoming Rural Development Programmes and in some cases through additional national financing programmes.

It is also important that existing funding for other measures that increase or maintain the carbon stocks in agricultural land, e.g. for ley that currently covers large areas, is retained in future programme periods of the Rural Development Programme. In the long term, measures on agricultural land that is proposed to be counted as supplementary measures can be broadened such that other crops that are beneficial for carbon sequestration are also included. Adding biochar for long-term carbon sequestration with simultaneous soil improvement could also be included.

Outreach activity, effective advice and increased opportunities for financial support are needed to initiate extensive re-wetting of drained peatland. Funding that currently exists in the Rural Development Programme and in the wetlands initiative for creating or restoring wetlands must be supplemented.

In general, the measures proposed to increase carbon sequestration and reduce emissions in the LULUCF sector are cost-effective because they usually result in several other environmental benefits in addition to increased carbon sequestration and lower greenhouse gas emissions. For example, catch crops produce a reduction in nutrient leaching, while re-wetting benefits biodiversity. The underlying conditions for measures, and thus also the costs, vary considerably within the sector, and some measures, e.g. afforestation, may also bring an income for the landowner. Examples of costs of measures include the cost of re-wetting, which comes in at between SEK 100 and SEK 700 per tonne of carbon dioxide equivalent depending on the land concerned, and the cost of catch crops and cover crops, where the cost comes in at between SEK 200 and SEK 700 per tonne of carbon dioxide. No simultaneous benefits have been valued in this case.

Other measures to strengthen and preserve the carbon sink

There is also potential to increase the carbon sink on forest land through measures that increase growth and forest management measures that also prioritise other environmental values and by exempting larger areas of productive forest land from timber production to attain other environmental objectives such as the environmental quality objective *Sustainable forests*.

In a national perspective, the total effect on the forest's carbon balance from growth-increasing measures and measures that increase the protection of forests will mainly be determined by how harvesting develops in relation to total growth. The harvesting level in turn depends on demand for Swedish forest raw material. Increased demand for forest raw material in Sweden may also lead to more harvesting in another country if this demand cannot be met with Swedish forest raw material.

Another opportunity to increase carbon sequestration is to increase production and use of long-lived wood products, e.g. by increasing the use of wood in buildings. Increased use of long-lived wood products also leads to reduced fossil emissions in that they can replace more fossil-intensive alternatives.

Permanently changing land use from forest land and arable land to settlement can lead to major emissions of greenhouse gases and lost carbon sinks. The effect on emissions and carbon sinks can be reduced either by development being steered to land where the impact on the greenhouse balance is lower or through limiting the area developed each year.

There is also a great need to safeguard the existing carbon stocks already sequestered in biomass and in land, in the light of ongoing climate change bringing increasing risks of damage of various types, e.g. storms, drought, insect infestation, root rot and fires. There is a need to increase knowledge of different types of damage to boost preparedness in the event of outbreaks.

Besides the climate-related damage referred to, there is also a major need to reduce the damage from grazing wild animals in the forest. This damage has a negative impact on carbon sequestration, timber production and biodiversity, and also leads to major economic losses in forestry.

Knowledge is good but can be improved

Knowledge about the proposed measures and of the impact of these measures on the greenhouse gas balance is already good. For several of the measures, however, it is essential that preparatory work is conducted by the agencies concerned to identify which measures should be carried out on which land so as not to negatively impact on other environmental objectives. For example, this involves developing recommendations on where it is appropriate to increase bushes and trees on agricultural land, and on where afforestation is appropriate and which varieties of tree should be used.

Several of the proposed measures already exist today in the portion of agriculture eligible for financial support. In conjunction with producing the new Rural Development Programme, however, compensation for these measures needs to be reviewed at the same time as developing support schemes for measures that are not currently included. Forms of support for measures that do not naturally fall within the Rural Development Programme, or where the support is not sufficient today, should also be developed.

The Government should therefore commission several agencies to contribute expertise and further develop work in their respective areas.

An important element in terms of supplementary measures in general and supplementary measures in the LULUCF sector in particular is developing reporting and monitoring systems so as to enable evaluation of the impact of proposed measures and instruments. Such a system should complement existing systems for reporting greenhouse gas emissions to the EU and the UN Framework Convention on Climate Change.

High quality requirements for the contribution from the LULUCF sector

Increased removal or reduced emissions from supplementary measures in the LULUCF sector must be calculated and reported under Regulation 2018/841 of the European Parliament and the Council (the LULUCF Regulation).

It should be possible to count supplementary measures in the LULUCF sector towards the national climate goals as the additional

effect of each individual measure proposed here, compared with the situation had the measure not been carried out, provided that the additional effect on removal and emissions can be estimated in a reliable manner. This restriction means that only the effect of supplementary measures is counted towards the national target, not the entire accounting effect possible under the EU's LULUCF regulation.

This is in line with the intentions of the Cross-Party Committee on Environmental Objectives (SOU 2016:47) to enable contributions from increased carbon sinks calculated in line with internationally approved rules, e.g. that only the effect of additional measures in the area may be counted.

However, it would be irrational for Sweden to report potential debits in the EU while contributions from supplementary measures are used to achieve the national objectives. Potential debits from the parts of the sector that are not affected by the supplementary measures must first be balanced. The contribution from supplementary measures in the LULUCF sector can thus be limited by the LULUCF Regulation's requirement that the LULUCF sector must not have any net emissions.

To attain the goal of the LULUCF Regulation, all accounted flows in the respective activity are included, both changes due to the supplementary measures proposed here and changes carried out for other reasons.

The contribution from the proposed supplementary measures in the LULUCF sector is thus affected by the outcome for the whole LULUCF sector in relation to the goal of the LULUCF Regulation 2021–2030. The same approach should apply for 2040 and 2045 relative to the potential rules which will apply within the EU at that time.

In some cases, it may be difficult to distinguish the effect of proposed measures from other factors that also affect changes in emissions and removals. This mainly concerns measures that are already being carried out to a certain extent. One solution in such cases might be to calculate the detected effect of relative emissions or removal compared to emissions or removal the year the measure being introduced. In some cases, changes in the carbon sink arising for reasons other than the inquiry's proposals can then be included. Considering the often-low use of the proposed measures today, and the good opportunities for transparent monitoring, the view of the inquiry is

that this contribution to an increased carbon sink or emission mitigation due to factors other than the inquiry's proposed instruments is minor and does not reduce the importance of the measures for the carbon balance.

The following measures should be taken:

Create conditions for financing climate measures

- Sweden should continue to work to ensure that climate measures that increase carbon sequestration and mitigate greenhouse gas emissions can also be supported in the future and afforded greater weight within the remit of the EU's Common Agricultural Policy.

Produce advice and support for proposed supplementary measures

- The Swedish Board of Agriculture should intensify existing advice, including the support that can be applied for, in order to put in place additional measures that lead to enhanced carbon sequestration on existing agricultural land and agricultural land no longer being used for food and feed production. For this, the Swedish Board of Agriculture will be allocated an equivalent of SEK 10 million per year in 2021–2030.
- The Swedish Board of Agriculture should be given the task to review and investigate the potential design of existing and new measures to benefit carbon sequestration on agricultural land in the Rural Development Programme. This mandate should also include reviewing the levels of compensation. Measures that increase the opportunity to attain several environmental objectives and that strengthen additional values in the agricultural landscape should be prioritised.
- The Swedish Board of Agriculture should, in consultation with the Swedish Environmental Protection Agency, be given the task to draw up criteria for the type of land suitable for agroforestry and the species of tree most suitable for the measures without impeding the achievement of other environmental objectives and the objectives of the National Food Strategy.

- The Swedish Forest Agency, in consultation with the Swedish Board of Agriculture, the county administrative boards and the Swedish Environmental Protection Agency, should be given the task to draw up criteria for which former agricultural land is suitable for afforestation and which the species of tree are most suitable for the measures without impeding achievement of other environmental objectives and the objectives of the National Food Strategy.
- The Swedish Forest Agency and the county administrative boards, in consultation with the Swedish Board of Agriculture and the Swedish Environmental Protection Agency, should be given the task to develop criteria to assess the suitability and prioritisation of different types of re-wetting projects. This is in line with the proposals for re-wetting drained peatland laid out in the in-depth evaluation of the environmental objectives in 2019. The focus should be on producing a basis for identifying appropriate land for re-wetting to steer the measures to the land that provides the most climate benefit and the most benefit for other goals, e.g. biodiversity, at the lowest cost, and for the landowners concerned to be offered free advice and financial compensation for implementation, maintenance if required, and lost land value. The funding that currently exists for creating or restoring wetlands in the Rural Development Programme and in the wetlands initiative must be increased by an average of SEK 125 million per year. The compensation should be placed within the remit of existing or planned measures and administrative systems.
- The Swedish Forest Agency should be given the task to review potential forms of support, including the size of the compensation, for afforestation, i.e. planting trees on agricultural land taken out of production, and for optimised management of natural regenerated forest on former agricultural land.

Invest in research and development to increase the cost-efficiency of measures

- An investment in R&D on the effects of re-wetting on greenhouse gas emissions should be carried out, whereby the Swedish Forest Agency should be granted SEK 9 million in 2021–2023 to allocate through targeted calls for proposals.
- Research is needed on how different climate-induced damages to forest can be limited. An investment in research and development (R&D) on how forest damage can be limited should be carried out, whereby the Swedish Forest Agency should be granted a total of SEK 6 million for the years 2021–2023 to allocate through targeted calls for proposals.
- The Swedish Environmental Protection Agency, in consultation with the Swedish Board of Agriculture, the Swedish Forest Agency and the county administrative boards, should be given the task to review how the effect on the greenhouse gas balance from exploitation of land is to be calculated and develop proposals for how this can be mitigated.

Other measures to strengthen and preserve the carbon sink

- Under its terms of reference, the Forest Inquiry 2019 (M 2019:02) is to propose the measures needed to be able to comply with international commitments on biodiversity and climate. The proposals must take into account existing knowledge and needs analyses on protecting forests and increased demand for forest raw material. Once the need for measures for preserving biodiversity has been established, the measures that also contribute towards an increased carbon sink should be realised as soon as possible.
- The Swedish Forest Agency should be given higher appropriations for advisory activities on sustainable growth-increasing measures, measures for enhanced nature conservation on productive forest land, and damage prevention together with climate-friendly measures aimed at safeguarding the carbon sink and timber production. A specially earmarked budget of SEK 10 million per year for 2021–2030 is proposed for this.

- In the budget for 2020, the Government allocates the Swedish Forest Agency funding for 2020–2022 for managing forest damage and to support work to combat spruce bark beetle infestations. After 2022, the Swedish Forest Agency should also be granted higher funding to monitor and combat existing and new pests.

Capture and storage of biogenic carbon dioxide (bio-CCS)

Underlying conditions and assessment

Sweden is well-placed for bio-CCS. Today there are about seventy facilities in Sweden whose emissions of biogenic carbon dioxide alone exceed 100,000 tonnes. The combined emissions of biogenic carbon dioxide from these exceed 30 million tonnes. The greatest biogenic point emission sources and the greatest combined biogenic carbon dioxide emissions are found in the pulp and paper industry. Electricity and district heating production, including waste incineration, also accounts for significant point emissions of biogenic carbon dioxide. Emissions from both these industries primarily derive from incineration of waste products from forestry and pulp manufacture and biogenic waste. There are also a few industrial facilities outside the pulp and paper industry with major emissions of biogenic carbon dioxide.

The realisable potential for bio-CCS in Sweden amounts to at least 10 million tonnes of biogenic carbon dioxide per year from a 2045 perspective. Bio-CCS is well suited to be a cost-effective measure to attain the long-term climate goal of net zero emissions by 2045.

Biogenic carbon dioxide ought to be able to be captured at a cost of SEK 400 to 600 per tonne in facilities with favourable conditions for bio-CCS, mainly in the pulp and paper industry and combined heat and power (CHP) production. The cost of transporting carbon dioxide from Swedish plants to a storage site is estimated at between SEK 150 and SEK 300 per tonne. Storage and monitoring the storage site should be feasible at a cost of SEK 100 to SEK 200 per tonne of carbon dioxide.

From a geological perspective, there is storage space for carbon dioxide from Swedish CCS (including bio-CCS) for the foreseeable future, in Sweden or nearby. Carbon dioxide storage in Norway or

another North Sea country is a fully realistic alternative for Swedish CCS projects in a technical and financial sense.

It is likely that there is significant potential for carbon dioxide storage in Sweden, but knowledge of potential domestic storage sites is poor. Developing a storage site for carbon dioxide in Sweden would take a very long time, partly for that reason. For storing carbon dioxide in Sweden to be an option in the future, we need to have better knowledge about how storage sites can be identified. However, at the moment Sweden should not prioritise establishing a storage site on Swedish territory.

For bio-CCS to be able to take place at Swedish emission sources in the immediate future, it needs to be possible to store carbon dioxide outside Sweden's borders. We therefore need to facilitate carbon dioxide storage abroad. The legal obstacles that currently exist to cross-border transport and storage of carbon dioxide should be lifted. Swedish agencies should also investigate with agencies in potential storage countries the need for bilateral agreements and what these might involve, to ease transport to and storage in another country.

Transport by sea is the only realistic alternative for transporting carbon dioxide to a storage site when conducting CCS including bio-CCS in Sweden for the foreseeable future. The distance to a potential storage site affects the cost scenario but not in a decisive way; as long as a plant is located on the Swedish coast, or on Lake Mälaren or Lake Vänern, it could be a candidate for CCS, including bio-CCS. In the current situation, the State should refrain from by itself carrying out an investment in transport infrastructure for carbon dioxide.

Swedish bio-CCS is judged to have very limited consequences for biodiversity at the quantities relevant to reach the goal of net zero emissions, even if the removal of biomass increases somewhat compared with today's situation. When producing instruments for bio-CCS at European level, it must be ensured that no incentives are given for bio-CCS that risk leading to unsustainable land use. At the same time, it is important not to create obstacles to sustainable biomass use.

Although experience of CCS including bio-CCS is limited in practice, the knowledge situation is relatively good, which means that CCS, including bio-CCS, can be carried out in Sweden with no need to await the results of ongoing or planned research initiatives. In order to further improve the knowledge situation, research can be

directed towards systemic questions linked to CCS including bio-CCS, e.g. instruments, acceptance, value chain integration and consequences for biomass use and the energy system in the event of extensive application of CCS including bio-CCS in Sweden. Basic research and applied research in partnership with Swedish industry to lower the cost and reduce the energy-intensiveness of CCS including bio-CCS are also highly important.

Today there is a lack of national or EU-wide incentives for full-scale bio-CCS. An incentive structure needs to be introduced capable of promoting technological development and demonstration activities, at the same time as creating long-term economic conditions for full-scale bio-CCS projects. Governance to develop complicated and capital-intensive value chains such as bio-CCS needs to be sustainable, predictable and long-term.

Bio-CCS results in net removal of carbon dioxide from the atmosphere, which is a benefit that can be attributed an economic value for society in general but does not result in any benefit specifically for operators that apply bio-CCS. Emissions of fossil carbon, on the other hand, cause damage to society but are an unwanted side-effect of production that is a benefit to the operator. When designing instruments for bio-CCS, attention needs to be paid to the major difference between these two cases in principle. While it is reasonable that an emitter pays for the damage the emissions cause, it is reasonable that a business that creates negative emissions through bio-CCS receives payment for the benefit generated.

In parallel with Sweden developing national instruments for the introduction of bio-CCS, Sweden needs to work to ensure that EU-wide instruments come into being. Sweden should be sensitive to other Member States and the European Commission and act pragmatically and strategically based on Swedish interests when instruments are being designed at EU level.

No agency has currently been appointed to take overarching responsibility for CCS issues in Sweden. Nor has any agency been designated responsibility for coordinating the work of agencies on CCS including bio-CCS. This is a deficiency that should be tackled. Because CCS including bio-CCS is a technology chain that has not yet been established or become well-known in Sweden, it is also important to improve opportunities for effective information sharing between agencies, private actors, academia and society.

The following measures should be taken:*Create underlying conditions for transport and storage of carbon dioxide*

- Sweden should drive the question of whether all transport of carbon dioxide for storage is to be included in the EU's Emissions Trading System. At the same time, Sweden should apply to opt in all transport of carbon dioxide for storage in the Emissions Trading System for its own part. The system should furthermore include an approved method of monitoring the carbon during transport, and an opportunity to separate biogenic and fossil carbon in transport and storage using the mass balance method, without everything being considered to be fossil carbon.
- Sweden should ratify the amendment in the London Protocol that means that under certain circumstances, transport of carbon dioxide for geological storage with another party to the protocol is exempt from the export ban prescribed by the protocol. At the same time, Sweden should work to hasten other parties' ratification of the amendment so that it can enter into force. When Sweden has entered into a bilateral agreement on transport and storage in another country, Sweden should take the action required such that the amendment to the London Protocol can be applied provisionally until it enters into force.
- Sweden should take the initiative to urge the parties to the Helsinki Convention to amend the convention or adopt a resolution on the interpretation of the convention which permits geological storage into the seabed, such that the CCS Directive becomes compatible with the convention.
- Sweden should work to ensure that the decision on the moratorium on geoengineering made at the Tenth meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity in Nagoya is amended such that bio-CCS and other non-fossil CCS are not covered by the moratorium.
- Sweden should propose that an addition be made to the definition of transport of carbon dioxide in Commission Regulation (EU) No. 651/2014 of 17 June 2014 declaring certain categories of aid compatible with the internal market in application of Articles 107 and 108 of the Treaty (Block Exemption Regulation) and in the

guidelines for state aid to environmental protection and energy such that state aid may also be granted for transport of carbon dioxide for storage other than through pipelines. Furthermore, Sweden should propose that the opportunities to provide state aid in line with the General Block Exemption Regulation and the guidelines for state aid for capture and storage of carbon dioxide be extended.

- The Geological Survey of Sweden (SGU) should be given the task to identify what decision-making data for a Swedish storage site for carbon dioxide needs to contain and how such data could be produced. This includes setting out what surveys, amounts of data and modelling are needed and estimating what interventions involve in the form of resources and time.
- The Swedish Energy Agency should be given the task to work with Norwegian agencies to specify what a bilateral inter-governmental agreement on transport to and storage of carbon dioxide in Norway should contain, including what is needed to fulfil the requirements under the London Protocol for exports of carbon dioxide. The Swedish Energy Agency should complete this task in consultation with the Swedish Environmental Protection Agency and SGU and in dialogue with industry. The mandate should also include establishing whether there is interest in the Netherlands and the UK in carrying out equivalent analyses together with the aforementioned Swedish agencies.

Continued support for technological development and demonstrations in the field of bio-CCS

- The already existing investment aid instrument for negative emissions should continue to encourage the development of technology and demonstrations in bio-CCS. It is likely that targeted support for technology development and demonstrations in bio-CCS will have to remain in place in some form up to at least 2030, even if the interventions that need support may change in nature by then. The future size of the appropriation should be determined taking into account experiences from calls for proposals and initiatives carried out.

Apply reverse auctioning to support full-scale bio-CCS

- The Swedish Energy Agency should be given the task to run what are termed reverse auctions of negative carbon dioxide emissions through bio-CCS to support full-scale bio-CCS.
- The reverse auctions are to result in differentiated guarantee prices for stored biogenic carbon dioxide for the actors that win auctions (normally the lowest bidder). The compensation paid out should be the difference between the agreed guarantee price and the value of any EU funding and national funding to promote bio-CCS that an actor receives. To have funds paid out, it should be required that the project owner has applied for relevant support from the EU.
- Payments could partly be made in advance, which can be seen as a form of investment aid. Procurement should be limited in terms of maximum total cost and maximum cost per tonne of geologically stored carbon dioxide. The binding period should be 10 to 20 years to enable the parties involved to conduct long-term planning.
- The total amount of stored biogenic carbon dioxide procured through reverse auctions should at an initial stage be limited to a maximum of 2 million tonnes per year (an estimated 3–5 plants). Once bio-CCS has reached this quantity and level of maturity in Sweden, experiences of reverse auctions should be evaluated as part of a review of the forms of continued governance of bio-CCS.

Other governance of bio-CCS

- In the long term, the economic instruments proposed above could also be opened up to other technologies for negative greenhouse gas emissions that entail permanent storage with the aim of making governance more cost-effective. No other such technology, however, is currently judged to be sufficiently mature and have potential in Sweden.

- Current taxation rules mean that it is often beneficial to use steam instead of electricity for carbon dioxide capture. This can lead to plants with their own electricity production that apply CCS/bio-CCS switching to steam turbines with lower maximum output than today, which can lead to a deterioration in the power balance on cold winter days. The Government should review whether there are grounds or opportunity to make self-generated electricity used to capture carbon dioxide tax exempt, or to take other steps to reduce the risk of a poorer power balance as a result of switching turbines.
- It should not be possible for carbon dioxide storage that contributes towards greater extraction of oil or natural gas though what is termed enhanced hydrocarbon recovery (EHR) to be counted as a supplementary measure for attaining the Swedish climate goals, irrespective of the origin of the carbon dioxide. Only projects within CCS including bio-CCS where carbon dioxide storage takes place permanently and without contributing to EHR, should be eligible for state aid.

Work for instruments to promote bio-CCS at EU level

- Sweden should work to ensure that the EU develops a common long-term instrument to promote bio-CCS. A separate technology-neutral instrument with EU joint financing to achieve permanent negative greenhouse gas emissions may be the most accessible route in the immediate future, because the alternative does not demand renegotiation of the EU's main legal provisions in the climate field. Another option is to change the EU's Emissions Trading System (ETS) such that bio-CCS gives rise to emission credits that may be used within the ETS. However, it is not desirable for this to lead to reduced pressure away from fossil fuel use in the ETS. The change therefore needs to be carried out in combination with a measure that adjusts the number of emission allowances in the ETS.

Clarify and develop the distribution of responsibilities within the State

- The Swedish Energy Agency should be made responsible for coordinating issues concerning CCS including bio-CCS by an addition to the agency's instructions that means that the agency coordinates work on CCS issues at the agencies concerned and is made responsible for CCS issues that do not fall within the remit of any other agency. This responsibility for coordination does not mean that the Swedish Energy Agency takes over any area of responsibility from another agency or is superior to another agency.
- The Swedish Energy Agency's instructions should be changed such that the agency is given the task to work to facilitate the well-planned, resource-efficient and environmentally sustainable expansion of CCS including bio-CCS in Sweden. The agency should also be given the task to assist actors in CCS or bio-CCS with information and guidance on e.g. legal questions and aid that can be sought nationally or from the EU.
- The Government should commission the Swedish Energy Agency to set up a national centre for CCS including bio-CCS as part of the agency. The national centre should be tasked with promoting the appropriate application of CCS including bio-CCS in Sweden, building networks for increased knowledge exchange, providing a platform for dialogue and collaboration between agencies, actors and stakeholders, enabling coordinated action from the actors' side and contributing to increasing understanding of CCS including bio-CCS in society.
- The national centre for CCS including bio-CCS should be tasked with encouraging interested operators to carry out site-specific studies of the prerequisites for bio-CCS. The studies should, for example, be able to provide details of the approximate cost of capturing different volumes of carbon dioxide, the potential transport solutions that exist and what they might cost. They should be able to be financed by the already existing investment aid instrument for negative emissions. It should be possible for the operators concerned to apply for aid and have it paid out to them.

- The Swedish Energy Agency should be given the task to investigate how coordination of different permit and inspection issues concerning CCS including bio-CCS could facilitate capture, transport and storage of carbon dioxide from Swedish emission sources. This includes the issuing of permits under the ETS. The investigation should include producing a plan for guidance with support and advice to operators and permit and inspection authorities on permit and inspection issues regarding CCS including bio-CCS, such that the permit and inspection procedures become as effective as possible and, where possible, work to ensure that the procedures run in parallel. Furthermore, the task should cover whether a particular agency should have coordinating responsibility for permission and inspection of CCS including bio-CCS facilities and which agency should have such responsibility in such cases.

Other technological measures for negative emissions of greenhouse gases

Underlying conditions and assessment

The realisable potential of other negative emission technologies is uncertain, as several of the alternative technologies are under development and largely untested. It is therefore difficult to judge which technological measures may be relevant for carbon dioxide removal in Sweden before the middle of this century. Several of the technologies are judged to result in long-term sequestration of carbon dioxide.

The inquiry has studied several different technologies: biochar as a carbon sink, binding carbon dioxide in crushed concrete, binding carbon dioxide in slag from waste incineration, DACCS, enhanced weathering, fertilising the oceans and CCU.

The inquiry judges that the use of biochar as a method for long-term carbon sequestration and simultaneous soil improvement is the technology among those studied that has the greatest realisable potential to contribute to negative emissions in Sweden in the middle of this century, bearing in mind, however, that the information available may be insufficient. In Sweden small-scale production and use of biochar is already in progress. Biochar is predominantly used

as a soil conditioner in parks and when planting trees. Carbon sinks from the use of biochar are not, however, included in Sweden's climate reporting.

Biochar production plants have previously received investment funding from the climate investment aid programme Klimatklivet, and such aid may also be provided during the current programme period. Compensation may be paid both for substitution of fossil fuels and for carbon sequestration. It is also possible to receive investment aid through the Rural Development Programme for production facilities for biochar that replaces fossil fuels. In the long term, aid could be given to the use of biochar for carbon sequestration and soil improvement within the remit of the Rural Development Programme.

Quality requirements should be set when granting state aid to biochar projects, including that the composition of the biochar must be stable for aid to be able to be granted for higher carbon sequestration. The anticipated carbon sink must be calculated on scientific grounds. Furthermore, a requirement should be set whereby only sustainably produced raw materials may be used in production and whereby the area of use is such as to contribute to a carbon sink, e.g. use in soil, arable land, animal feed and subsequent spreading as fertiliser on arable land, animal bedding and subsequent spreading on arable land and mixing in construction material.

Additional initiatives in applied research, tests and evaluation of Swedish biochar projects are needed to determine the extent to which the use of biochar as a carbon sink can contribute towards the supplementary measures.

The potential for carbon capture and utilisation (CCU) is uncertain. Only a fraction of today's emissions of fossil and biogenic carbon dioxide is used, and largely all carbon dioxide caused by humans is released into the atmosphere. CCU has the potential to partly replace fossil fuels and fossil-based material with products based on carbon-dioxide, and partly to create a market basis to improve carbon dioxide capture technology. For carbon dioxide use to be able to be viewed as negative emissions, the carbon dioxide must be biogenic (bio-CCU) or atmospheric, and be stored for the long term. Currently, however, there is no established definition in climate reporting of what long-term carbon sequestration means. In most cases, the captured carbon dioxide reaches the atmosphere relatively

quickly and CCU is thus viewed as circular use of carbon dioxide to delay emissions. However, there may be some potential in long-term carbon storage in construction material, but more research is needed in this area.

There are advantages of long-term, technology-neutral financial incentives for negative emissions with similar features and permanence, as it is unclear which technologies are capable of contributing towards cost-effective measures long term. In the long term, too, it is likely that there will be new technological solutions that may need to be the object of specific development-support. The voluntary climate compensation market can contribute towards developing new negative emissions technologies.

The following measures should be taken:

- It should continue to be possible to receive investment aid for biochar facilities through Klimatklivet and the Rural Development Programme.
- It should be investigated whether, in the long term, aid could be provided for the use of biochar for carbon sequestration and soil improvement within the remit of the Rural Development Programme. If such aid is introduced, the necessity of and the forms of investment aid for biochar facilities should be reviewed.

Verified emission reduction by investment in other countries

Underlying conditions and assessment

The rulebook of the Paris Agreement on voluntary cooperative approaches and transfer of mitigation outcomes between countries have not yet been finally negotiated, and it will take time before the forms of such cooperation have been developed in detail. The Paris Agreement means a major change compared with the situation under the Kyoto Protocol, in that all parties have now adopted their own nationally determined contributions, (NDCs) reflecting the country's or the region's contribution to meeting the goal of the Agreement. The nationally determined contributions, however, are currently overall insufficient, and the Paris Agreement presupposes that

the NDCs will gradually increase in ambition. The gaps that must be bridged to reach the emission levels demanded by the global 2 °C and above all 1.5 °C scenarios are very large.

It is important that the mitigation of greenhouse gases that Sweden contributes towards, in bilateral agreements or jointly with several other countries and international organisations, are performed in such a way that they are additional, contribute to sustainable development and can help to raise the climate ambitions of the host country, too. Such effects can be attained through choice of country, programme and type of measure, the conditions set in relation to the host country's own policies and by the number of units resulting from the measures carried out being calculated in relation to a strict reference scenario.

It will not be easy to set requirements on improvements in all the above areas in every case of international cooperation on mitigation of greenhouse gases, but the ambition should be to achieve results in as many areas as possible.

The agreements entered into with the focus to increase the level of ambition as set out above should simultaneously strive at being as cost-effective as possible.

At the start of the 2020s, the demand for units resulting from mitigation outcomes in other countries under the Paris Agreement is judged to be relatively limited overall, with few explicit investor countries and host countries. International air travel is judged to account for the greatest demand for units and thus also to set the price in the market for offset projects, at least initially. Prices are judged to be relatively low, but still higher than when at their height during the first commitment period under the Kyoto Agreement. The situation may change if, for example, the EU countries were to jointly choose to also include international greenhouse gas mitigation outcomes as part of a more stringent EU target for 2030. Were this to be the case, the prices of measures in other countries would rise.

One of the starting points for the Swedish climate framework is that it is being carried out in a world that is in transition in a manner in line with the temperature goal of the Paris Agreement. The costs will rise in deep greenhouse gas mitigation scenarios based on the 1.5 °C goal being reached and would become harmonised across the world in scenario developments with a cost-optimised approach. The

costs converge by 2050 in some scenarios, while in other modelling they converge as early as by 2030.

The prices of units from mitigation outcomes in other countries, in a world in transition, are estimated to come in at about the same level or higher than the estimated marginal costs, at that time, of equivalent supplementary measures in Sweden, e.g. in the form of bio-CCS and carbon sequestration in agricultural land.

At the same time, it cannot be ruled out that new potential measures may be developed in other countries and that these measures will be more cost-effective than supplementary measures in Sweden, e.g. new measures or technologies for negative emissions in the form of DACCS or biochar.

In the 2010s, Sweden has invested in a relatively large volume of emission units mainly from CDM (Clean Development Mechanism) projects under the Kyoto Protocol in order to contribute towards Sweden's national targets for 2020. The units have gradually been cancelled and subsequently partly reported as results-based climate financing of emission mitigation, as part of Sweden's climate financing undertaking under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

No major coordination is judged to have taken place between these initiatives and other financing initiatives in nearby areas, mainly financing using aid funding of measures to reduce greenhouse gas emissions in least developed countries. Sweden's current undertaking on climate financing amounts in total to approximately SEK 6 billion per year from 2020 onwards – an undertaking that may increase in scope towards the mid-2020s, if not earlier. A smaller proportion of these initiatives is estimated to go to measures that lower emissions, mainly as a side-effect, and a larger proportion to climate adaptation measures, also as a side-effect of aid projects with several simultaneous benefits. The proportion of results-based climate financing, where the emission effect per krona input is calculated, is low. Most of the projects are carried out in least developed countries.

If, within the remit of its climate financing undertaking, Sweden also chooses in the future to contribute to emission mitigation programmes in middle income countries with relatively high and growing emissions, Sweden has an opportunity to contribute towards greater dissemination effects of measures in regions where, globally speaking, it is particularly urgent to rapidly turn the current emis-

sion trend around. Also linking the initiatives to Article 6 of the Paris Agreement will enable the actual climate effects of the mitigation measures to be calculated in line with internationally agreed principles. It is looking more likely that results-based financing will be attained, which in turn means that opportunities to attain a greater effect per krona invested will improve compared with the measures being financed by other means.

The programmes proposed by the inquiry will partly seek to contribute towards the supplementary measures to the extent that may be needed, but will also seek to increase Sweden's climate financing of emission mitigation measures, mainly in middle income countries.

Through the proposed programme, this part of Sweden's contribution to climate financing will be results based and carried out mainly in countries with high and growing emissions.

The following measures should be taken:

Direction up to 2030

- Sweden should set up a programme for international mitigation of greenhouse gas emissions under Article 6 of the Paris Agreement, to be implemented in the 2020s. The new programme needs to result in units from emission mitigation outcomes equivalent to at least 20 million tonnes of carbon dioxide equivalents in the 2020s, to work in the manner the inquiry proposes. To attain such a result, a budget equivalent to an average of SEK 400 million a year needs to be allocated during the 2020s. It is proposed that the programme contribute to:
 - the proportion of climate funding of measures to mitigate emissions increasing, becoming results-based and also covering middle income countries to a greater extent.
 - achieving the targets of the supplementary measures.
- The initiatives should provide incentives to raise the level of ambition in line with the temperature goal of the Paris Agreement, have high environmental integrity and contribute towards sustainable development in the host countries as laid down in Article 6(1) of the Paris Agreement. It is proposed that the pro-

gramme be designed such that it helps host countries to increase the level of ambition in their NDCs. This focus on raising ambitions should influence the choice of host countries in which greenhouse gas mitigation measures are implemented, which types of programme or measure are selected for funding, the conditions set in relation to the host country's own policies and by the number of resulting units from the measures carried out being calculated in relation to a strict reference scenario.

- It is assumed that the host countries for the initiatives will adjust their emission reporting so that no mitigation of emissions is counted twice. This adjustment needs to be made whether Sweden subsequently uses the units acquired as part of the country's climate financing or as part of the supplementary measures.
- The Swedish Energy Agency, the Swedish Environmental Protection Agency and the Swedish International Development Agency (Sida) should jointly be given the task to provide proposals for how climate financing initiatives via emission mitigation and international initiatives for supplementary measures can best be coordinated, partly in the light of the inquiry's proposal for a new programme for international initiatives in middle income countries. The Swedish Energy Agency should be given the task to coordinate this mandate.

Direction of international initiatives up to 2045 and beyond

- The international initiatives to contribute towards further emission mitigation also need to continue after 2030. Initiatives for further emission mitigation will be key, while initiatives to achieve negative emissions need to successively increase in scope.
- Where global ambitions are raised in line with the temperature goal of the Paris Agreement, i.e. the development presumed by the Swedish climate framework, the long-term initiatives to mitigate emissions in other countries to achieve the climate target for 2045 need to mainly be targeted towards measures for negative emissions with high permanence.

- Continued initiatives for emission mitigation in other countries, alongside measures for negative emissions, should be transferred to the area of results-based climate financing and not be counted as supplementary measures in the Swedish climate framework when Sweden is to attain net zero emissions by 2045 at the latest and net negative emissions thereafter.

1 Författningsförslag

1.1 Förslag till förordning om statligt stöd till negativa utsläpp genom bio-CCS

Inledande bestämmelse

1 § Denna förordning innehåller bestämmelser om statligt stöd till negativa utsläpp genom bio-CCS.

Förordningen är meddelad med stöd av 8 kap. 7 § regeringsformen.

Ord och uttryck

2 § I denna förordning betyder *bio-CCS*: avskiljning, transport och geologisk lagring av koldioxid av biogent ursprung.

I övrigt har ord och uttryck i förordningen samma betydelse som i kommissionens förordning (EU) nr 651/2014 av den 17 juni 2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget.

Förutsättningar för stöd

3 § Om det finns medel, får Statens energimyndighet besluta om statligt stöd i form av bidrag till negativa utsläpp genom bio-CCS.

4 § Stöd får endast ges

1. i enlighet med de villkor och till sådana åtgärder som anges i kapitel I och i artiklarna 36 och 48 i kommissionens förordning (EU) nr 651/2014,

2. i enlighet med Europeiska kommissionens beslut X i de fall stödet överstiger de tröskelvärden som anges i artikel 4.1 i kommissionens förordning (EU) nr 651/2014, eller

3. i enlighet med Europeiska kommissionens beslut X i de fall stödet har anmälts och godkänts av kommissionen.

Anbud om stöd

5 § Statens energimyndighet ska besluta om stöd vid särskilda auktionstillfällen.

Ett anbud om stöd ska vara skriftligt och ges in till Statens energimyndighet. Anbudet ska undertecknas av anbudsgivaren.

Anbudet ska lämnas enligt de anvisningar som ges av Statens energimyndighet.

Prövning och beslut om stöd

6 § Statens energimyndighet prövar anbud och beslutar om stöd.

Statens energimyndighet beslutar om antal auktionstillfällen och publicerar uppgifter om auktionstillfällen på sin webbplats.

7 § Statens energimyndighets beslut om stöd ska förenas med de villkor som krävs för att tillgodose syftet med stödet.

Villkoren ska framgå av beslutet.

Utbetalning av stöd

8 § Ett beslutat stödbelopp får betalas ut i omgångar. En delmängd av stödet får betalas ut innan lagring av biogen koldioxid påbörjats.

9 § Stöd får endast betalas ut till företag som har ansökt om relevanta EU-stöd under förutsättning att sådana stöd finns.

De EU-stöd och nationella stöd som företaget erhållit för att främja bio-CCS ska räknas av vid utbetalning av stödet.

10 § Ett stöd enligt denna förordning får inte betalas ut till ett företag som är föremål för betalningskrav på grund av ett beslut av Europeiska kommissionen som förklarar att ett stöd beviljat av en svensk stödgivare är olagligt och oförenligt med den inre marknaden.

11 § Statens energimyndighet får besluta att ett stöd helt eller delvis inte ska betalas ut om

1. den som har ansökt om eller beviljats stöd genom att lämna oriktiga uppgifter har orsakat att stödet beviljats felaktigt eller med för högt belopp,

2. stödet av något annat skäl har beviljats felaktigt eller med för högt belopp och mottagaren borde ha insett detta, eller

3. villkoren för stödet inte har följts.

Årlig redovisning

12 § Ett företag som har tagit emot stöd ska minst en gång om året redovisa till Statens energimyndighet hur utbetalat stöd har använts.

Återbetalning och återkrav

13 § Om ett stöd har betalats ut trots att det enligt 10 eller 11 § inte funnits förutsättningar att betala ut det, är mottagaren återbetalningsskyldig.

14 § Om en stödmottagare är återbetalningsskyldig enligt 13 §, ska Statens energimyndighet besluta att helt eller delvis kräva tillbaka stödet tillsammans med ränta enligt räntelagen (1975:635).

Om det finns särskilda skäl, får Statens energimyndighet efterge kravet på återbetalning och ränta helt eller delvis.

15 § Statens energimyndighet ska vid domstolar och myndigheter och i övrigt bevaka statens rätt mot stödmottagaren enligt denna förordning. Statens energimyndighet får då anta ackordsförslag eller på annat sätt efterskänka statens rätt.

Uppföljning, utvärdering och tillsyn

16 § Statens energimyndighet ska löpande följa upp och utvärdera det stöd som ges genom auktionssystemet och utöva tillsyn över att villkoren för stödet följs.

17 § Den som gett anbud om eller tagit emot stöd ska på begäran av Statens energimyndighet lämna de uppgifter som behövs för uppföljning och utvärdering av stödet.

Offentliggörande, rapportering och registerföring

18 § Bestämmelser om offentliggörande, rapportering och registerföring finns i 12 a § lagen (2013:388) om tillämpning av Europeiska unionens statsstödsregler och i förordningen (2016:605) om tillämpning av Europeiska unionens statsstödsregler.

Bemyndigande

19 § Statens energimyndighet får meddela föreskrifter om

1. anbudets innehåll,
2. den närmare utformningen av auktionssystemet och den årliga redovisningen av utbetalat stöd,
3. ytterligare krav och kvalifikationer som ska ställas på anbudsgivare,
4. de uppgifter som ska lämnas inför uppföljning och utvärdering av auktionssystemet, och
5. övriga uppgifter som behövs för verkställigheten av denna förordning.

Överklagande

20 § I 40 § förvaltningslagen (2017:900) finns bestämmelser om överklagande till allmän förvaltningsdomstol. Andra beslut än beslut av Statens energimyndighet enligt 10 och 11 §§ om att inte betala ut stöd får dock inte överklagas.

-
1. Denna förordning träder i kraft den X.
 2. Förordningen upphör att gälla vid utgången av X.
 3. Den upphävda förordningen gäller dock fortfarande för stöd som har beviljats före utgången av X.

1.2 Förslag till förordning om ändring i förordningen (2014:21) om geologisk lagring av koldioxid

Härigenom föreskrivs i fråga om förordningen (2014:21) om geologisk lagring av koldioxid

dels att 1 och 2 §§ ska ha följande lydelse,

dels att det ska införas två nya paragrafer, 7 a och 82 §§, av följande lydelse,

dels att det närmast före 82 § ska införas en ny rubrik som ska lyda ”Nationellt centrum för CCS”.

Nuvarande lydelse

Föreslagen lydelse

1 §¹

Denna förordning syftar till geologisk lagring av koldioxid på ett miljömässigt säkert sätt som innebär permanent inneslutning av koldioxid på ett sätt som förhindrar och, där detta inte är möjligt, i möjligaste mån eliminerar negativa effekter och eventuella risker för miljön och människors hälsa.

Förordningen är meddelad med stöd av

- 4 kap. 9 § miljöbalken i fråga om 10 §,
- 9 kap. 6 § och 15 kap. 40 § miljöbalken i fråga om 9, 11–25, 27–37, 39–41, 45, 46, 48–54, 58, 59, 64, 67, 68 och 70 §§,
- 15 kap. 28 § miljöbalken i fråga om 7 a §,
- 15 kap. 37 a § miljöbalken i fråga om 38 §,
- 26 kap. 19 § miljöbalken i fråga om 42–44 §§,
- 26 kap. 20 § miljöbalken i fråga om 47 §,
- 27 kap. 2 § miljöbalken i fråga om 55–57 §§, och
- 8 kap. 7 § regeringsformen i fråga om övriga bestämmelser.

¹ Senaste lydelse 2019:296.

2 §²

I denna förordning avses med

geologisk formation: en litostratigrafisk enhet inom vilken distinkta lager av bergarter kan hittas och kartläggas,

geologisk lagring av koldioxid: lagring av koldioxidströmmar som har injekterats i en underjordisk geologisk formation,

lagringsplats: en avgränsad volym inom en geologisk formation som används för geologisk lagring av koldioxid med tillhörande yt-anläggningar och injekteringsanläggningar,

lagringskomplex:

lagringsplatsen och det omgivande geologiska område som kan påverka lagringsintegriteten och säkerheten, och

tillsynsmyndighet: den myndighet som enligt miljötillsynsförordningen (2011:13) utövar tillsyn över geologisk lagring av koldioxid.

lagringskomplex:

lagringsplatsen och det omgivande geologiska område som kan påverka lagringsintegriteten och säkerheten,

tillsynsmyndighet: den myndighet som enligt miljötillsynsförordningen (2011:13) utövar tillsyn över geologisk lagring av koldioxid, och

CCS: avskiljning, transport och geologisk lagring av koldioxid.

7 a §

Koldioxid som har avskilts i Sverige får transporteras för geologisk lagring i ett land som har genomfört Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/31/EG av den 23 april 2009 om geologisk lagring av koldioxid och ändring av rådets direktiv 85/337/EEG, Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG, 2001/80/EG, 2004/35/EG, 2006/12/EG och 2008/1/EG samt förordning (EG) nr 1013/2006, i lydelsen enligt Europaparlamentets och rådets direk-

² Senaste lydelse 2014:432.

tiv 2011/92/EU och lagringen i det andra landet är förenlig med 1996 års protokoll till 1972 års konvention om förhindrande av havsföroreningar till följd av dumpning av avfall och annat material (SÖ 2000:48).

Nationellt centrum för CCS

82 §

Vid Statens energimyndighet ska finnas ett nationellt centrum för frågor som gäller CCS, inklusive där koldioxiden kommer från biogena eller atmosfäriska källor.

Centrumet ska ha till uppgift att främja en ändamålsenlig tillämpning av CCS samt tillhandahålla en plattform för dialog och kunskapsutbyte mellan myndigheter, aktörer och intressenter.

Denna förordning träder i kraft den X.

1.3 Förslag till förordning om ändring i förordningen (2014:520) med instruktion för Statens energimyndighet

Härigenom föreskrivs att 2 § förordningen (2014:520) med instruktion för Statens energimyndighet ska ha följande lydelse.

Nuvarande lydelse

Föreslagen lydelse

2 §³

Statens energimyndighet ska inom sitt verksamhetsområde

1. verka för att de energi- och klimatpolitiska målen samt målen för forskning och innovation inom energiområdet som riksdagen antagit uppnås,

2. verka för att det generationsmål för miljöarbetet och de miljö kvalitetsmål som riksdagen har fastställt uppnås och vid behov föreslå åtgärder för miljöarbetets utveckling,

3. bidra i arbetet med omställningen till ett ekologiskt uthålligt energisystem och verka för en ökad användning av förnybara energikällor och för en effektivare energianvändning,

4. bidra i arbetet med omställningen av elsystemet som även kan möjliggöra för nya användningsområden av el,

5. medverka i det arbete som regeringen bedriver inom Europeiska unionen och internationellt för begränsad klimatpåverkan och bidra med expertkunskap och underlag, tidigt göra konsekvensanalyser, bistå Regeringskansliet med att tillvarata Sveriges intressen i de internationella klimat- och energifonder som Sverige deltar i samt tillsammans med Naturvårdsverket delta i arbetet med att genomföra och föreslå förbättringar av Europeiska unionens system för handel med utsläppsrätter samt löpande informera verksamhetsutövare och allmänheten om systemet,

6. genomföra internationella klimatinvesteringar genom att delta i och förvärva certifierade utsläppsenheter från projekt och program i utvecklingsländer för att bidra till att Sveriges internationella åtaganden och nationella mål inom klimatområdet uppnås samt för att bidra till att mekanismer för internationell utsläppshandel och klimatfinansiering utvecklas,

³ Senaste lydelse 2018:1374.

7. främja forskning och innovation i form av en strategiskt utformad samlad insats som spänner över hela innovationssystemet, i nära samverkan med, och som komplement till, övriga energipolitiska insatser och andra styrmedel som syftar till att nå klimat- och energimål samt energirelaterade miljöpolitiska mål,

8. främja kommersialisering av forskningsresultat och spridning av nya produkter, processer och tjänster,

9. integrera ett jämställdhetsperspektiv i myndighetens verksamhet och främja jämställdhet vid fördelning av medel för forsknings- och innovationsverksamhet,

10. verka för att ett köns- och genusperspektiv inkluderas i den forsknings- och innovationsverksamhet som myndigheten finansierar, när det är tillämpligt,

11. bevaka och analysera energimarknadernas och energisystemets utveckling och deras inverkan på och betydelse för miljö och klimat samt näringslivets konkurrenskraft och den ekonomiska tillväxten,

12. skapa förutsättningar för en väl planerad och resurseffektiv vindkraftsutbyggnad, höja kunskapen om vindkraftens egenskaper och möjligheter samt dess roll i samhällsutvecklingen och bidra till en ökad förståelse och dialog för att skapa möjligheter till ökad samexistens mellan vindkraft och andra samhällsintressen,

13. utveckla och samordna samhällets krisberedskap och åtgärder för höjd beredskap inom energiberedskapsområdet och bedriva omvärldsbevakning och analys samt stödja andra myndigheter med expertkompetens inom området,

14. planera, samordna och, i den utsträckning som regeringen föreskriver, genomföra ransoneringar och andra regleringar som gäller användning av energi,

15. medverka i genomförandet av det regionala tillväxtarbetet med utgångspunkt i förordningen (2017:583) om regionalt tillväxtarbete och i enlighet med prioriteringarna i den nationella strategin för hållbar regional tillväxt och attraktionskraft,

16. underlätta och delta i genomförandet av riskkapitalsatsningen inom ramen för det nationella regionalfondsprogrammet,

17. följa den internationella utvecklingen och främja svenskt deltagande i internationellt samarbete,

18. se till att regelverk och rutiner som myndigheten disponerar över är kostnadseffektiva och enkla för medborgare och företag,

19. beakta konsumentaspekter vid myndighetens testverksamhet för energieffektiva produkter, *och*

20. ansvara för vägledning och information.

19. beakta konsumentaspekter vid myndighetens testverksamhet för energieffektiva produkter,

20. ansvara för vägledning och information,

21. samordna arbetet vid berörda myndigheter i frågor som rör avskiljning, transport och geologisk lagring av koldioxid och ansvara för dessa frågor om de inte faller inom någon annan myndighets ansvarsområde, och

22. skapa förutsättningar för en väl planerad, resurseffektiv och miljömässigt hållbar utbyggnad av avskiljning, transport och geologisk lagring av koldioxid. Detta inkluderar att bistå aktörer inom området med vägledning och information.

Denna förordning träder i kraft den X.

1.4 Förslag till förordning om ändring i förordningen (2017:1319) om statligt stöd till åtgärder för att minska industrins processrelaterade utsläpp av växthusgaser och för negativa utsläpp

Härigenom föreskrivs att 1 § förordningen (2017:1319) om statligt stöd till åtgärder för att minska processrelaterade utsläpp av växthusgaser och för negativa utsläpp ska ha följande lydelse.

Nuvarande lydelse

Föreslagen lydelse

1 §⁴

Statens energimyndighet får, om det finns medel, ge statligt stöd enligt denna förordning i form av bidrag för åtgärder som bidrar till

1. att minska industrins processrelaterade utsläpp av växthusgaser, eller

2. negativa utsläpp genom avskiljning, transport och geologisk lagring av *växthusgaser* av biogent ursprung eller som tagits ut ur atmosfären.

2. negativa utsläpp genom avskiljning, transport och geologisk lagring av *koldioxid* av biogent ursprung eller som tagits ut ur atmosfären.

Denna förordning är meddelad med stöd av 8 kap. 7 § regeringsformen.

Denna förordning träder i kraft den X.

⁴ Senaste lydelse 2019:544.

2 Uppdraget och dess genomförande

2.1 Utredningens uppdrag

Regeringen beslutade den 19 juli 2018 att ge en särskild utredare i uppdrag att utarbeta ett förslag till strategi för hur kompletterande åtgärder ska bidra till att Sverige når negativa utsläpp av växthusgaser efter 2045. Begreppet kompletterande åtgärder inkluderar exempelvis ökad kolsänka i skog och mark genom åtgärder för ökat upptag av koldioxid eller minskad växthusgasavgång, avskiljning, transport och lagring av koldioxid med biogent ursprung samt verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder. Vad som menas med negativa utsläpp i detta sammanhang, och vilka beräkningsregler som ska tillämpas, framgår av de nya nationella klimatmålen i det klimatpolitiska ramverket. Det klimatpolitiska ramverket inklusive de nya klimatmålen beskrivs i kapitel 3.

Det övergripande syftet med utredningen är att bidra till att målen i det klimatpolitiska ramverket nås. Utredningen ska föreslå hur incitament kan skapas och hinder undanröjas för önskvärd utveckling. En mycket viktig avgränsning av utredningens uppdrag är att det inte ingår att lämna förslag om hur utsläppsminskningar ska åstadkommas i de sektorer som direkt omfattas av de nationella klimatmålen. Utredningens fokus är i stället de kompletterande åtgärderna.

Utredningens uppdrag framgår av utredningens direktiv som beslutades av regeringen den 19 juli 2018. Direktiven återfinns i bilaga 1 och uppdraget beskrivs nedan.

2.1.1 En strategi för negativa utsläpp av växthusgaser

Utredningens huvudsakliga uppdrag är att föreslå en strategi för hur Sverige ska nå negativa utsläpp av växthusgaser och hur kompletterande åtgärder kan bidra till detta. Som en del av strategin ska utredningen föreslå hur stor mängden kompletterande åtgärder uttryckt som volym koldioxidekvivalenter bör vara och hur den bör fördelas 2021–2045 och därefter. Basen för strategin och dess åtgärdsförslag är de analyser som görs på de fyra områdena

- ökad kolsänka
- avskiljning, transport och lagring av koldioxid
- verifierade utsläppsminskningar i andra länder
- andra tekniska åtgärder för upptag av växthusgaser.

Strategin ska även ge vägledning om hur viktiga bokföringsfrågor bör hanteras. Strategin ska hålla sig inom ramarna för det riksdagsbundna klimatpolitiska ramverket, vilket beskrivs i kapitel 3.

2.1.2 Ökad kolsänka i skog och mark

Växter tar upp koldioxid från atmosfären genom fotosyntesen. När organiskt material bryts ner återgår det bundna kolet till atmosfären igen. En ökad kolsänka i skog och mark kan skapas genom åtgärder som antingen ökar inbindningen av kol eller minskar avgången. Även upplagring av kol i form av träprodukter kan öka kolsänkan.

Utredningen ska uppskatta vilken potential olika åtgärder har för att öka kolsänkan i skog och mark på kort och lång sikt. Utredningen ska i ett andra steg uppskatta den sammantagna realiserbara potentialen för ökad kolsänka att bidra till att uppfylla de nationella klimatmålen. Den realiserbara potentialen att öka kolsänkan skiljer sig från den teoretiska potentialen på det avgörande sättet att hänsyn ska tas till bl.a. målkonflikter och kostnadseffektivitet. Avvägningar kommer exempelvis att behöva göras mellan åtgärder som ökar kolinlagringen i skog och mark och behovet av att producera biomassa för olika marknader för att ersätta fossila bränslen och material som orsakar större utsläpp av växthusgaser. Utredningen ska också föreslå sätt att skapa incitament för åtgärder som ökar kolsänkan. Hinder

för önskad utveckling ska redovisas. Utredningen ska dock inte lämna författningsförslag på skatteområdet. Slutligen ska utredningen föreslå en tolkning av hur de nationella klimatmålen bör förhålla sig till de internationella regelverken vad gäller eventuella kvantitativa begränsningar för hur mycket en ökad kolsänka får bidra som kompletterande åtgärd.

En ökad kolsänka ska enligt utredningsdirektivet beräknas i överensstämmelse med internationellt beslutade regler. EU har beslutat om bokföringsregler för sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (*land use, land use change and forestry, LULUCF*) fram till 2030 genom LULUCF-förordningen¹. Dessa kommer att tillämpas för EU:s åtagande under klimatavtalet från Paris (Parisavtalet). Det är inte känt hur EU:s bokföringsregler kommer att se ut efter 2030 eller hur och om bokföringsregler för sektorn kommer att utvecklas på global nivå under Parisavtalet.

Ökad kolsänka i skog och mark behandlas i del II.

2.1.3 Avskiljning, transport och lagring av koldioxid

Avskiljning, transport och lagring av koldioxid (*carbon capture and storage, CCS*) innebär att koldioxid avskiljs från rökgaser och transporteras till en plats där den lagras permanent. För utredningen är det s.k. geologisk lagring av koldioxid som är aktuell, vilket innebär att koldioxiden injekteras under tryck och på stort djup i porösa geologiska formationer. I denna typ av lager blir koldioxiden successivt allt hårdare bunden i formationen och på sikt permanent lagrad, vilket minskar risken för framtida läckage.

Utredningen ska identifiera brister och hinder i nationell rätt, EU-rätt och internationell rätt, samt i genomförandet av dessa, för hela kedjan som krävs för att CCS ska kunna tillämpas på svenska utsläppskällor. Utredningen ska även lämna förslag för att undanröja identifierade brister och hinder. Analysen omfattar alla tänkbara transportalternativ av koldioxid, inklusive gränsöverskridande transporter.

Endast CCS tillämpat på biogena utsläpp (bio-CCS) är en kompletterande åtgärd och en teknik för negativa utsläpp medan CCS tillämpat på fossila utsläpp är en utsläppsminskande åtgärd. Tekniken

¹ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/841 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030.

är dock densamma och bio-CCS är att betrakta som en delmängd av CCS. På vissa punkter skiljer sig dock förutsättningarna åt för bio-CCS och fossil CCS. En sådan punkt är de ekonomiska och bokföringsmässiga förutsättningarna, och där ska utredningen lämna förslag på hur incitament kan skapas specifikt för bio-CCS, där incitament och ändamålsenliga bokföringsregler saknas i dag. Enligt utredningens direktiv ska författningsförslag inte lämnas på skatteområdet. Vidare ska utredningen uppskatta den realiserbara potentialen för bio-CCS att kostnadseffektivt bidra till att uppfylla de nationella klimatmålen.

Utredningen ska sammanfatta tillgänglig information om möjliga lagringsplatser för koldioxid i Sverige och det svenska närområdet. I ett andra steg ska utredningen bedöma genomförbarheten av koldioxidtransport från svenska utsläppskällor till, och lagring vid, möjliga lagringsplatser. Utredningen ska också identifiera brister i kunskapsunderlaget om CCS och lämna förslag på insatser som syftar till att förbättra kunskapsläget. Det ska utredas hur bio-CCS kan utvecklas utan att skada biologisk mångfald och ekosystemtjänsterna.

Utredningen bör även analysera förutsättningarna för, och klimat-effekten av, att använda avskild koldioxid som insatsvara i andra processer, s.k. avskiljning och användning av koldioxid (*carbon capture and utilisation*, CCU). Avskild koldioxid kan exempelvis användas som råvara inom den kemiska industrin eller vid produktion av syntetiska transportbränslen, bindas i material eller användas till odling av biomassa. Generellt räknas inte CCU som en teknik som genererar negativa utsläpp, även om den tillämpas på biogena utsläpp, eftersom koldioxiden oftast återgår till atmosfären inom en begränsad tidsperiod. CCU innebär dock en temporär lagring av koldioxid. CCS och bio-CCS behandlas i del III medan CCU behandlas i del V.

2.1.4 Verifierade utsläppsminskningar i andra länder

Verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder innebär att Sverige bekostar en åtgärd som minskar växthusgasutsläppen i ett annat land, varefter utsläppsminskningen kvantifieras och verifieras av en oberoende part. Det är av avgörande betydelse att ingen dubbelräkning av den utsläppsminskande åtgärden sker. Sverige kan sedan tillgodoräkna sig utsläppsminskningen i form av utsläppsenheter som en kompletterande åtgärd. Verifierade utsläpps-

minskningar genom investeringar i andra länder skiljer sig från övriga kompletterande åtgärder genom att det vanligtvis, åtminstone på kort sikt, handlar om åtgärder för att minska utsläppen, till skillnad från åtgärder som sänker halten koldioxid i atmosfären genom åtgärder eller tekniker för negativa utsläpp.

Utredningen ska uppskatta hur marknaden för verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder kan komma att utvecklas från 2020 till mitten av detta sekel. Analysen bör belysa aspekter relaterade till åtgärders fördelning regionalt, mellan olika kategorier av länder och mellan olika sektorer samt mervärden vid sidan av utsläppsminskningar. I ett andra steg ska utredningen uppskatta den realiserbara potentialen för Sverige att använda verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder som en kompletterande åtgärd för att bidra till uppfyllandet av de nationella klimatmålen. Avslutningsvis ska utredningen lämna förslag på insatser som behövs för att Sverige ska kunna förvärva utsläppsenheter genom investeringar i andra länder i enlighet med utredningens förslag till strategi.

Parisavtalet anger vissa grundförutsättningar för hur länder kan samverka i genomförandet av sina nationella åtaganden. Regelverket för de internationella samverkansformerna är dock föremål för förhandlingar, och det kan dröja många år innan det har etablerats ett detaljerat regelverk. Utöver detta kommer utsläppsmarknadens utveckling att påverkas av ett flertal faktorer, t.ex. den kollektiva ambitionsnivån i det internationella klimatarbetet och skillnader mellan olika länders ambitionsnivå.

Verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder behandlas i del IV.

2.1.5 Andra tekniska åtgärder för upptag av växthusgaser

Ökad kolsänka och bio-CCS är långt ifrån de enda åtgärderna eller teknikerna som är möjliga för att åstadkomma negativa utsläpp av växthusgaser, dvs. minska halten växthusgaser i atmosfären. Generellt befinner sig dock övriga åtgärder eller tekniker i en tidig utvecklingsfas och är ännu långt från storskalig praktisk tillämpning. Utredningen har dock ett långsiktigt tidsperspektiv och därför ingår att göra en översiktlig analys av om det finns några åtgärder eller tekni-

ker vid sidan av ökad kolsänka och bio-CCS som skulle kunna bidra signifikant till negativa utsläpp i Sverige i mitten av detta sekel. Analysen ska för varje åtgärd eller teknik väga in exempelvis kostnader för att fånga in koldioxid och eventuella negativa konsekvenser av storskalig tillämpning på miljö och samhälle. Om utredningen finner det lämpligt ska förslag läggas som syftar till att påskynda utvecklingen av relevanta åtgärder eller tekniker.

Det är viktigt att notera att det framgår implicit av det klimatpolitiska ramverket (se kapitel 3) att en åtgärd eller teknik för negativa utsläpp inte per automatik är en godkänd kompletterande åtgärd. Det är rimligt att anta att tanken bakom detta är att en kompletterande åtgärd ska uppfylla minimikrav avseende exempelvis kvantifierbarhet och undvikande av negativa sidoeffekter.

Andra tekniska åtgärder för upptag av växthusgaser behandlas i del V.

2.2 Utredningens arbete

Utredningen har bedrivit arbetet i ett traditionellt projektupplägg med en inledningsfas, en analysfas, en strategifas och en avslutningsfas. Inledningsfasen startade i mitten av september 2018 och avslutades genom det första expertgruppsmötet i slutet av november 2018. Under inledningsfasen bemannades sekretariatet och expertgruppen. Utredningen utformade administrativa rutiner och genomförde inledande bilaterala möten. Vidare arbetade utredningen fram en plan för arbetets fördelning och en tidsplan samt utformade betänkandets disposition. Under analysfasen tog utredningen fram det underlag som behövdes för att utveckla den strategi som är utredningens huvudsakliga leverans och besvarade frågorna i utredningsdirektivet. Analysfasen var omfattande och innebar att sekretariatet arbetade på djupet med de olika frågorna. En viktig del i analysfasen var att kontinuerligt förankra slutsatser och delresultat inom utredningen.

Analysfasen avslutades sommaren 2019 och övergick sedan i strategifasen, där strategin för hur Sverige ska nå negativa utsläpp av växthusgaser och hur s.k. kompletterande åtgärder bör bidra till det utarbetades. Under avslutningsfasen utvecklade och kvalitetssäkrade utredningen resultatet och färdigställde konsekvensutredningen.

Expertgruppen har sammanträtt vid fem tillfällen. Däremellan har sekretariatet haft möten och andra kontakter med experter i olika konstellationer.

2.3 Samråd

Utredningen har samrått med Havs- och vattenmyndigheten, Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen, Statens energimyndighet, Statens jordbruksverk, Sveriges geologiska undersökning, Sveriges lantbruksuniversitet, och Vinnova. Vidare har utredningen träffat riksdagens klimattalespersoner för de partier som ingick i Miljömålsberedningens arbete med det klimatpolitiska ramverket och fört en nära dialog med forskare från Chalmers tekniska högskola, Kungliga Tekniska högskolan och Linköpings universitet. Samråd har även skett med Betonginitiativet, Biorecro, Energiföretagen, Klimatpolitiska rådets kansli, Konjunkturinstitutet, Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, Naturskyddsföreningen, Preem, Skogsindustrierna, Stockholm Exergi, Svensk Torv, initiativet Fossilfritt Sverige (M 2016:05) samt utredningarna Biogasmarknadsutredningen (M 2018:06) och Skogsutredningen 2019 (M 2019:02). Utredningen har även gjort en studieresa till Norge och besökt Olje- och energidepartementet, Equinor och CO₂ Technology Centre Mongstad.

Utredningen har uppdragit åt IVL Svenska Miljöinstitutet att utreda förutsättningar och potential för svenska utsläppsminskningar genom internationella investeringar och incitament och finansiering av bio-CCS i Sverige. Stockholm Environment Institute, SEI, genom Mathias Fridahl har utrett incitamentsstrukturer för bioenergi med koldioxidavskiljning och lagring i Sverige och Europeiska unionen. Sveriges lantbruksuniversitet har uppskattat kolbalanser vid beskogning av jordbruksmark, uppskattat tillgänglig areal av tidigare åkermark lämplig för återvätning samt analyserat långsiktiga effekter på kolbalansen av åtgärder på jordbruksmark. Umeå universitet har utrett incitament vid kolsänkor. Slutligen har David Langlet, professor i havsförvaltningsrätt vid Göteborgs universitet, haft i uppdrag att analysera och ta fram handlingsalternativ för vissa internationellt rättsliga hinder för användning av CCS respektive bio-CCS.

DEL I

Allmän bakgrund

3 Det klimatpolitiska ramverket och dess tillkomst

Utredningens tillkomst och uppdrag är nära förknippat med det klimatpolitiska ramverket, som inte bara ger utredningen dess bakgrund utan även definierar de ramar utredningen har att förhålla sig till vad gäller förslag och strategi. För att en beskrivning av utredningens uppdrag ska ge en mer fullständig bild behöver därför även det klimatpolitiska ramverket beskrivas. Av särskilt stor betydelse för uppdraget är de nya nationella klimatmålen och de beräkningsregler som gäller för dem.

3.1 Ett mål för nettonollutsläpp tar form

För drygt tio år sedan togs det första tydliga steget mot ett svenskt mål om nettonollutsläpp av växthusgaser. I regeringens proposition *En sammanhållen klimat- och energipolitik – Klimat* (prop. 2008/09:162) återfinns en vision om att Sverige 2050 inte har några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären. Av propositionen framgår att det är en tydlig skillnad mellan en vision och riksdagsbundna klimatmål, även om riksdagen också ställde sig bakom visionen och inte bara de klimatmål till 2020 som föreslogs. Propositionen preciserar dock inte vilka beräkningsregler som ska tillämpas.¹ Visionen blev startskottet för en omfattande process om hur Sverige kan nå nettonollutsläpp – en process som fortfarande pågår.

I december 2012 presenterade Naturvårdsverket rapporten *Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050*.² Rapporten togs fram på regeringens uppdrag. Ett stort antal myndigheter bidrog till rapporten och en dialoggrupp med organisationer från näringslivet

¹ Bet. 2008/09:MJU28, rskr. 2008/09:300.

² Rapport nr 6537.

och miljörörelsen kopplades till processen. Rapporten beskrev bl.a. hur Sverige skulle kunna nå nettonollutsläpp och redovisade olika scenarier på sektornivå för utsläppsutvecklingen fram till 2050. Samhället i form av näringsliv, myndigheter, akademi och frivilligorganisationer engagerades också i det s.k. färdplansarbetet genom en referensgrupp under ledning av den dåvarande miljöministern.

I december 2014 gav regeringen den parlamentariska Miljömålsberedningen i uppdrag att dels föreslå ett klimatpolitiskt ramverk som reglerar mål och uppföljning, dels utveckla en strategi med styrmedel och åtgärder för en samlad och långsiktig klimatpolitik. Miljömålsberedningen redovisade sitt arbete genom två delbetänkanden 2016.

Det första delbetänkandet, *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige* (SOU 2016:21), avhandlar merparten av det klimatpolitiska ramverkets beståndsdelar, inklusive förslag till ett långsiktigt nationellt klimatmål. Miljömålsberedningen föreslog där att Sverige ska anta nettonollutsläpp senast 2045 som långsiktigt klimatmål.

Det andra delbetänkandet, *En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige* (SOU 2016:47), innehåller ovan nämnda strategi men också förslag på nationella klimatmål för 2030 och 2040 som steg på vägen mot det långsiktiga klimatmålet.

Sju riksdagspartier deltog i Miljömålsberedningens arbete: C, KD, L, M, MP, S och V. Samtliga sju partier stod bakom det första delbetänkandet om ramverk och långsiktigt mål medan sex partier stod bakom det andra delbetänkandet; Vänsterpartiet reserverade sig mot vissa delar. Bland sakkunniga och experter i Miljömålsberedningen fanns en bred representation av företrädare från miljöorganisationer, näringsliv och offentlig sektor.

I mars 2017 överlämnade regeringen propositionen *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige* (prop. 2016/17:146) till riksdagen. Propositionen behandlar alla Miljömålsberedningens förslag från 2016 utom förslaget till klimatstrategi. Det ramverk och de mål som återfinns i propositionen är i sak identiska med Miljömålsberedningens förslag. Riksdagen antog regeringens förslag i juni 2017³ och Sverige fick därmed ett klimatpolitiskt ramverk på plats.

Regeringen återkom till riksdagen angående Miljömålsberedningens förslag till klimatstrategi genom skrivelsen *En Klimatstrategi för Sverige* (skr. 2017/18:238) som överlämnades till riksdagen i april 2018.

³ Bet. 2016/17:MJU24, rskr. 2016/17:320.

3.2 Det klimatpolitiska ramverket

Det klimatpolitiska ramverket syftar till att ge förutsättningar för ett långsiktigt och transparent klimatpolitiskt arbete. Det klimatpolitiska ramverket består av tre komponenter: en klimatlag, ett klimatpolitiskt råd och nationella klimatmål.

En svensk klimatlag

Klimatlagen (2017:720) slår fast att regeringen ska bedriva ett klimatpolitiskt arbete som bl.a. syftar till att förhindra farlig störning i klimatsystemet och som bidrar till att skydda ekosystemen samt nutida och framtida generationer mot skadliga effekter av klimatförändring. Arbetet ska vila på vetenskaplig grund. Det klimatpolitiska arbetet ska utgå från det långsiktiga, tidsatta utsläppsmål som riksdagen har fastställt.

Lagen reglerar även formerna för hur regeringens klimatarbete ska bedrivas och redovisas. Regeringen ska varje år presentera en klimatredovisning i budgetpropositionen. Vart fjärde år ska regeringen därutöver ta fram en klimatpolitisk handlingsplan som ska redovisa hur klimatmålen ska uppnås.

Klimatlagen trädde i kraft den 1 januari 2018.

Ett klimatpolitiskt råd

Ett klimatpolitiskt råd bildades den 1 januari 2018. Rådet har till uppgift att bistå regeringen med en oberoende utvärdering av hur den samlade politik som regeringen lägger fram är förenlig med klimatmålen.

Nationella klimatmål

Miljökvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan*, ett av 16 miljökvalitetsmål i det svenska miljömålssystemet, innebär att halten av växthusgaser i atmosfären ska stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Målet ska uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för håll-

bar utveckling inte äventyras. Miljökvalitetsmålet är således globalt till sin natur och kan inte nås enbart genom svenska ansträngningar.

I prop. 2016/17:146 ändrades preciseringen av miljökvalitetsmålet så att det överensstämmer med temperaturmålet enligt klimatavtalet från Paris (det s.k. Parisavtalet). Den nuvarande preciseringen innebär att den globala medeltemperaturökningen ska begränsas till långt under 2 grader Celsius över förindustriell nivå, och ansträngningar görs för att hålla ökningen under 1,5 grader Celsius över förindustriell nivå.

För att konkretisera vad ovanstående ska innebära för Sverige och den svenska klimatpolitiken har riksdagen beslutat om etappmål som en del av miljömålssystemet. Det klimatpolitiska ramverket innehåller etappmål för 2030, 2040 och 2045.

3.2.1 Långsiktigt utsläppsmål till 2045

Det långsiktiga utsläppsmålet till 2045 lyder:

Senast år 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp. För att nå netto-nollutsläpp får kompletterande åtgärder tillgodoräknas. Utsläppen från verksamheter inom svenskt territorium ska vara minst 85 procent lägre än utsläppen år 1990.

I beräkningarna av växthusgasutsläppen från verksamheter inom svenskt territorium ingår varken utsläpp och upptag från skogsbruk och annan markanvändning (LULUCF-sektorn) eller utsläpp från utrikes sjö- och luftfart. Ett eventuellt ökat nettoupptag i skog och mark kan dock räknas som en kompletterande åtgärd för att nå netto-nollutsläpp och negativa utsläpp. Det långsiktiga utsläppsmålet inkluderar de utsläpp som omfattas av EU:s utsläppshandelssystem (ofta benämnt *EU emissions trading system*, EU ETS).

Utsläppen ska beräknas i enlighet med Sveriges internationella växthusgasrapportering, vilket innebär att regler och riktlinjer i FN:s ramkonvention om klimatförändringar (klimatkonventionen) ska tillämpas. Avskiljning, transport och lagring av koldioxid (CCS) av fossilt ursprung får räknas som en åtgärd för att nå målet ”där rimliga alternativ saknas”. Detta kan tolkas som en inskränkning av de internationella beräkningsreglerna som inte ställer upp något krav som ska vara uppfyllt för när CCS får räknas som en utsläppsminskande åtgärd.

Det långsiktiga utsläppsmålet förutsätter höjda ambitioner i EU:s utsläppshandelssystem. Utgångspunkten för målet är att omvärlden också agerar så att de globala utsläppen minskar i enlighet med Parisavtalet.

Målet innebär en tidigareläggning och precisering av den tidigare visionen om att Sverige 2050 inte har några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären.

3.2.2 Mål till 2030 och 2040

Utsläppsmålen till 2030 och 2040 lyder:

Växthusgasutsläppen i Sverige i ESR-sektorn bör senast år 2030 vara minst 63 procent lägre än utsläppen år 1990. Högst 8 procentenheter av utsläppsminskningarna får ske genom kompletterande åtgärder.

Växthusgasutsläppen i Sverige i ESR-sektorn bör senast år 2040 vara minst 75 procent lägre än utsläppen år 1990. Högst 2 procentenheter av utsläppsminskningarna får ske genom kompletterande åtgärder.

Målen till 2030 och 2040 skiljer sig omfångsmässigt från det långsiktiga utsläppsmålet fram till 2045 på så sätt att de endast omfattas av ansvarsfördelningsförordningen (ESR)⁴. Skillnaden består i att de utsläpp som omfattas av EU:s utsläppshandelssystem exkluderas i 2030- och 2040-målen men ingår i det långsiktiga utsläppsmålet.

Med utsläpp i ESR-sektorn avses alltså växthusgasutsläppen i Sverige exklusive från LULUCF-sektorn, utrikes sjö- och luftfart och de utsläpp som omfattas av EU:s utsläppshandelssystem. Om omfattningen av EU:s utsläppshandelssystem ändras framöver kan det leda till att målen till 2030 och 2040 behöver justeras för att behålla den beslutade ambitionsnivån.

Det finns även ett sektorspecifikt mål om att växthusgasutsläppen från inrikes transporter ska minska med minst 70 procent senast 2030 jämfört med 2010. Det målet exkluderar även inrikes luftfart, eftersom dess utsläpp omfattas av EU:s utsläppshandelssystem.

⁴ Europaparlamentets och rådets förordning 2018/842/EU av den 30 maj 2018 om medlemsstaternas bindande årliga minskningar av växthusgasutsläpp 2021–2030, bidrar till klimatåtgärder för att fullgöra åtaganden enligt Parisavtalet, *Effort Sharing Regulation*.

3.2.3 Kompletterande åtgärder

År 1990 uppgick de samlade svenska växthusgasutsläppen till 71 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Om växthusgasutsläppen från svenskt territorium minskar med 85 procent till 2045 jämfört med 1990, vilket är den minsta tillåtna utsläppsminskningen enligt målet, återstår utsläpp motsvarande 11 miljoner ton koldioxidekvivalenter. För att nå det långsiktiga utsläppsmålet om nettonollutsläpp senast 2045 får således maximalt 11 miljoner ton koldioxidekvivalenter tillgodoräknas från kompletterande åtgärder.

Målen till 2030 och 2040 omfattar enbart ESR-sektorn vars växthusgasutsläpp 1990 kan uppskattas till 46 miljoner ton koldioxidekvivalenter enligt Naturvårdsverket. Vid maximal användning av kompletterande åtgärder för måluppfyllnad (dvs. 8 procentenheter 2030 och 2 procentenheter 2040) uppgår dessa till 3,7 respektive 0,9 miljoner ton koldioxidekvivalenter 2030 respektive 2040.

I och med att de maximalt tillåtna mängderna kompletterande åtgärder som får tillgodoräknas gentemot målen uttrycks som procentuella andelar av Sveriges utsläpp 1990, och de historiska utsläppen revideras årligen i enlighet med de internationella riktlinjerna för utsläppsrapporering, kan mängderna kompletterande åtgärder uttryckta i miljoner ton koldioxidekvivalenter komma att ändras framöver.

Ovanstående visar alltså maximal volym kompletterande åtgärder som får tillgodoräknas gentemot de olika målen. Någon begränsning av hur stor volym kompletterande åtgärder som de facto åstadkoms finns inte. Det sistnämnda är av betydelse inte minst om man beaktar hur uppbyggandet av 11 miljoner ton koldioxidekvivalenter till 2045 kan ske, med tanke på att endast 0,9 miljoner ton får räknas in i målet för 2040.

För att nå klimatmålen får, men måste inte, kompletterande åtgärder tillgodoräknas inom de givna begränsningarna. Det är upp till kommande regeringar att besluta i vilken mån kompletterande åtgärder ska användas för att nå målen. Enligt prop. 2016/17:146 behöver de kompletterande åtgärder öka över tid efter 2045 för att uppnå nettonegativa utsläpp. Någon slutpunkt för hur länge de nettonegativa utsläppen behöver bestå eller på vilken nivå de bör vara anges inte.

Enligt prop. 2016/17:146 samt SOU 2016:21 och SOU 2016:47 är de kompletterande åtgärder som är kända i dag ökat nettoupptag i skog och mark, verifierade utsläppsminskningar genom investeringar

i andra länder samt avskiljning och lagring av biogen koldioxid. Formuleringen tycks därmed utesluta vissa tekniker för negativa utsläpp som är kända och under utveckling i dag från att få räknas som kompletterande åtgärder. Ett uppenbart exempel på en sådan, synbart utesluten, teknik för negativa utsläpp är direktinfångning av koldioxid från atmosfären (*direct air carbon capture and storage*, DACCS). Av SOU 2016:21 och SOU 2016:47, som ligger till grund för prop. 2016/17:146, framgår dock att även andra kompletterande åtgärder kan vara aktuella på sikt.

Den sammantagna innebörden av ovanstående torde vara att vad som får räknas som en kompletterande åtgärd är underställt kommande regeringars bedömning och att en teknik för att åstadkomma negativa utsläpp inte automatiskt är en kompletterande åtgärd. Detta resonemang är rimligt, eftersom det behöver säkerställas att de negativa utsläppen kan mätas och att åtgärden inte medför allvarliga sidoeffekter. Exemplet direktinfångning av koldioxid skulle enligt detta resonemang kunna kvalificeras som en kompletterande åtgärd när tekniken blivit mer etablerad.

De kompletterande åtgärderna ska beräknas i enlighet med internationellt beslutade regler.

3.2.4 Indikativa målbanor

Mellan de specifika målåren (2030, 2040 och 2045) finns inga bindande nivåer som utsläppen måste underskrida. Vid uppföljning av klimatpolitiken ska dock en indikativ utsläppsbanan användas för ESR-sektorn. Den indikativa utsläppsbanan för ESR-sektorn dras linjärt från 2015 års utsläppsnivå i ESR-sektorn, via målen för 2030 och 2040, vidare till 2045. Observera att målet om nettonollutsläpp 2045 gäller samtliga utsläpp, inte bara ESR-sektorn, varför den indikativa utsläppsbanan inte går till noll 2045. Kvarvarande utsläpp inom ESR-sektorn ska dock kompenseras inom ramen för de 11 miljoner ton koldioxidekvivalenter som utgör maximal användning av kompletterande åtgärder för att nå målet om nettonollutsläpp.

Ovanstående indikativa utsläppsbanor bör enligt 2017 års klimatproposition kompletteras med en bana som visar hur stor del av utsläppsminskningarna som ska klaras utan att kompletterande åtgärder används.

Om utsläppen överskrider den indikativa utsläppsbanan, och detta inte kan tillskrivas mellanårsvariationer i t.ex. väderlek (kalla vintrar innebär exempelvis högre växthusgasutsläpp på grund av ökat uppvärmningsbehov), kan det föranleda en analys och eventuell skärpning av den förda klimatpolitiken.

4 Klimatramverk internationellt och inom EU

4.1 FN:s ramkonvention om klimatförändringar

4.1.1 Klimatkonventionen och Kyotoprotokollet

Förenta nationernas ramkonvention om klimatförändringar (klimatkonventionen) antogs 1992 och trädde i kraft 1994. Klimatkonventionens övergripande mål är att ”halten av växthusgaser i atmosfären ska stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Målet ska uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras”.

Det övergripande målet saknar dock en kvantitativ precisering, exempelvis i form av ett temperaturmål eller ett mål som anger under vilken högstanivå halten växthusgaser behöver stabiliseras.

EU-länderna enades 1997 om att sträva efter att det internationella klimatarbetet ska leda till att den globala temperaturökningen begränsas till högst två grader jämfört med förindustriell nivå, men det dröjde drygt tio år innan denna typ av konkretisering antogs av klimatkonventionens parter.¹

Kyotoprotokollet till klimatkonventionen innehåller de första rättsligt bindande åtagandena om utsläppsminskningar under klimatkonventionen. Kyotoprotokollet fram till och med den första åtagandeperioden 2008–2012, antogs 1997 och trädde i kraft 2005, och det innebar att utvecklade länder och länder vars ekonomier befann sig under utveckling (s.k. Annex 1-länder enligt klimatkonventionens

¹ I Cancunöverenskommelsen 2010 (FCCC/CP/2010/7/Add.1) ingick det långsiktiga målet om att begränsa den globala temperaturökningen till högst två grader jämfört med den förindustriella nivån. I Parisavtalet från 2015 har temperaturmålet formulering skärpts.

definitioner) från början av 1990-talet, skulle minska sina utsläpp med drygt fem procent totalt jämfört med ett basår, oftast 1990. EU och dess medlemsstater valde att gemensamt fullgöra sina åtaganden enligt protokollet.

För att öka flexibiliteten och kostnadseffektiviteten i genomförandet av åtagandena introducerades tre s.k. flexibla mekanismer: 1) handel med utsläpp mellan länder, 2) gemensamt genomförande (JI) och 3) mekanismen för ren utveckling (CDM). Även upptag och utsläpp i samband med beskogning och avskogning omfattades av Kyotoprotokollet under den första åtagandeperioden (KP1).

Enligt KP1 var det möjligt för länderna att tillgodoräkna sig ett förutbestämt upptag av kol i landets kolsänka och ökade upptag i olika jordbruksaktiviteter för att uppfylla sina åtaganden.

Det faktiska utfallet den första perioden blev att Annex 1-ländernas utsläpp minskade med omkring 20 procent i genomsnitt, samtidigt som de globala utsläppen ökade med 50 procent.

Den begränsade effekten berodde delvis på att en del länder inte ratificerade protokollet och att några parter inte uppfyllde sina åtaganden. Av störst betydelse var dock att protokollet inte omfattade mer än en begränsad del av världsekonomin. Att de parter som omfattades av protokollet sammantaget överträffade minskningsmålet berodde även på andra faktorer än avtalet i sig.²

Kyotoprotokollet första åtagandeperiod uppfylldes alltså med marginal men resultatet var långtifrån tillräckligt i förhållande till klimatkonventionens övergripande mål. Ett nytt internationellt klimatavtal behövde därför komma på plats, och avtalet behövde omfatta en betydligt större del av världens samlade utsläpp av växthusgaser jämfört med Kyotoprotokollet och även ha en betydligt högre ambitionsnivå. Ett försök att åstadkomma ett sådant avtal misslyckades vid klimatkonventionens 15:e partsmöte (COP 15) i Köpenhamn 2009.

I Cancun 2010 (COP 16) fastställdes i princip den överenskommelse som togs fram i Köpenhamn. I överenskommelsen ingår ett antal utfästelser (*Cancun pledges*), där parter under klimatkonventionen redovisar sina planer och ekonomiöverskridande mål för att kontrollera sina utsläpp av växthusgaser. Utfästelserna tar sikte på mållåret 2020. Utfästelserna bekräftades av partsmötet i Cancun.

² IPCC AR5 WG 3 kapitel 13.

Vid partsmötet i Doha 2012 (COP 18) antog parterna till Kyoto-protokollet en ändring av protokollet för att möjliggöra en andra åtagandeperiod, KP2, 2013–2020. För Kyotoprotokollets andra åtagandeperiod har EU, dess medlemsstater och Island angett att de gemensamt ska begränsa sina årliga växthusgasutsläpp till 80 procent av sina basårsutsläpp. De flexibla mekanismerna ingår, i princip, även under denna åtagandeperiod. Bokföringsreglerna för markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) har dock getts en annan utformning jämfört med den första perioden, för att ge länderna fler möjligheter att tillgodoräkna sig utsläppsminskningar och upptagsökningar inom sektorn. Kyotoprotokollets andra åtagandeperiod omfattar ett fåtal parter som sammanlagt står för cirka tio procent av världens samlade utsläpp av växthusgaser.

4.1.2 Parisavtalet

Vid klimatkonventionens 21:a partsmöte (COP21) i Paris 2015 enades världens länder om ett globalt och rättsligt bindande klimatavtal (Parisavtalet). Parisavtalet ratificerades i snabb takt och trädde i kraft den 4 november 2016.³

Parisavtalet syftar till att förstärka genomförandet av klimatkonventionen. Avtalets övergripande mål är att begränsa ökningen av den globala medeltemperaturen till långt under 2 grader Celsius och göra ansträngningar för att hålla ökningen under 1,5 grader Celsius jämfört med förindustriell nivå. Avtalet innebär därmed att ambitionsnivån höjts i den internationella klimatpolitiken och att klimatkonventionens övergripande mål har kvantifierats även i avtalstext.

Enligt avtalets artikel 3 ska alla parter bidra till att avtalets mål nås genom nationellt bestämda bidrag (*nationally determined contributions*, NDC, eller nationella klimatplaner). De nationella klimatplanerna ska redovisa parternas bidrag till avtalets artiklar 4, 7, 9, 10, 11 och 13, se nedan.

Bidragen ska ses över vart femte år i syfte att öka ambitionen stegvis. Den första översynen ska göras 2023.

Parterna ska enligt avtalet beakta den senaste klimatvetenskapen som, enligt vad som återges i avtalstexten, säger att utsläppen behöver kulminera inom kort och att utsläppen och upptagen av växt-

³ FCCC/CP/2015/10/Add.1.

husgaser behöver nå en balans under andra hälften av århundradet. Hänsyn behöver dock tas till skilda förutsättningar mellan utvecklade länder och utvecklingsländer. Utsläppsminskningarna förutsätts främst ske nationellt.

Användning av utsläppshandelssystem och internationellt överförbara utsläppsenheter ska enligt avtalet ske på ett sätt som säkerställer miljöintegriteten, dvs. att utsläppsminskningar faktiskt sker, samtidigt som dubbelräkning undviks. En ny mekanism som ska bidra till överförbara utsläppsbegränsningar och hållbar utveckling ska etableras (artikel 6.4).

Artikel 6 i avtalet öppnar i princip för två typer av internationella marknadsmekanismer till stöd för utsläppsminskningar – en som styrs av gemensamma regelverk på FN-nivå (artikel 6.4) och en som kan tillämpas mellan två parter med vägledning från den internationella processen (artikel 6.2).

Parisavtalet innebär att formerna för internationellt samarbete förändras jämfört med situationen under Kyotoprotokollet, eftersom alla parter nu förutsätts bidra med utsläppsminskningar. När alla länder har åtaganden uppstår dock en risk för dubbelräkning av utsläppsminskningar. Möjligheterna att söka upp särskilt kostnads-effektiva åtgärder i andra länder, som mekanismerna enligt Kyoto-protokollet inbjöd till, begränsas och de nya mekanismerna behöver i stället inriktas mot att bidra till att höja ambitionerna i den globala utsläppsminskningen.

Parterna förutsätts även bevara och om möjligt också förstärka sina kolsänkor enligt Parisavtalet (artikel 5). Ingen ytterligare precisering ges dock i Parisavtalets tillhörande regelbok om hur kolsänkor ska beräknas och bokföras. Det är för närvarande även oklart om reduktionsenheter kopplade till internationella samarbeten om beskogning eller återbeskogning ska kunna överföras mellan länder eller om sådana åtgärder ska ses som resultatbaserad klimatfinansiering (eller s.k. artikel 6.8-samarbeten, se kapitel 14). I artikel 5 refereras huvudsakligen till finansiering.

Negativa utsläpp nämns inte i avtalstexten men finns implicit med i bilden i och med ambitionen att uppnå en balans mellan utsläpp och upptag av växthusgaser under andra hälften av århundradet.

Vid partsmötet 2018 i Katowice (COP 24) fastställdes stora delar av den regelbok som behövs för att Parisavtalet ska kunna tillämpas.⁴ Mötet lyckades dock inte enas om detaljbestämmelserna rörande artikel 6; planen är att dessa ska beslutas vid klimatmötet i Glasgow 2020 (COP 26).

4.2 EU:s klimatmål till 2020, 2030 och kommande långsiktiga klimathandlingsplan till 2050

4.2.1 EU:s klimat- och energimål till 2020

Under perioden 2007 till 2009 förhandlades och beslutades EU:s klimat- och energipaket till 2020. Paketet kom att omfatta tre övergripande mål: ett klimatmål, ett energieffektiviseringsmål och ett mål för förnybar energi. Dessa mål är de s.k. 20–20–20-målen.⁵

Klimatmålet, tillsammans med paketet i sin helhet, utgjorde EU:s ovillkorade åtagande inför partsmötet i Köpenhamn och ingår även som EU:s del i Cancunöverenskommelsen och EU:s åtagande under Kyotoprotokollets andra period.

EU:s klimatmål till 2020 består av två delar.

Den första delen är *utsläpp som omfattas av EU:s utsläppshandels-system*, dvs. utsläpp från större industri- och energianläggningar och flyg som sammantaget ska minska med 21 procent mellan 2005 och 2020. För att genomföra denna del innehöll 2020-paketet relativt omfattande förändringar av handelsdirektivet.⁶

Den andra delen är *övriga utsläpp*, dvs. från transporter, arbetsmaskiner, jordbruk, småskalig uppvärmning av bostäder och lokaler, avfallsdeponier m.m. Dessa utsläpp omfattas av det s.k. ansvarsfördelningsbeslutet (ESD)⁷. De övriga utsläpp, exempelvis inom transportsektorn och bostadssektorn, som på det här sättet omfattas av bindande mål på medlemslandsnivå ska sammantaget minska med tio procent jämfört med 2005.

⁴ FCCC/PA/CMA/2018/30.

⁵ Europeiska rådet 8–9 mars 2007, KOM (2008)16,17,18,19, Europeiska rådet 13–14 mars 2008.

⁶ Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/29/EG av den 23 april 2009 om ändring av direktiv 2003/87/EG i avsikt att förbättra och utvidga gemenskapssystemet för handel med utsläppsrätter för växthusgaser (ändringsdirektivet).

⁷ Europaparlamentets och rådets beslut nr 406/2009/EG av den 23 april 2009 om medlemsstaternas insatser för att minska sina växthusgasutsläpp i enlighet med gemenskapens åtaganden om minskning av växthusgasutsläppen till 2020.

Ansvarsfördelningsbeslutet omfattar alltså alla övriga växthusgasutsläpp utanför utsläppshandelssystemet, utom upptag och avgång av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF-sektorn). EU:s klimatmål till 2020 saknar mål för LULUCF-sektorns utveckling.

Ansvarsfördelningsbeslutet fördelar utsläppsmål mellan medlemsländerna

Ansvar för att minska utsläppen utanför den handlande sektorn delas alltså mellan medlemsländerna genom ansvarsfördelningsbeslutet. Enligt beslutet fördelas ett successivt sjunkande utsläppsutrymme per medlemsland över perioden 2013–2020. Fördelningen innebär att utrymmet för EU:s rikare medlemsländer minskar medan utsläppen i medlemsländerna med lägre bnp per capita tillåts öka upp till vissa nivåer.

Länderna kan vid behov uppfylla delar av sina åtaganden genom att föra över överskott mellan år, dvs. använda ett tidigare sparat utsläppsutrymme eller låna av ett framtida, eller genom att köpa överskott från ett annat medlemsland. Beslutet ger även visst utrymme att använda åtgärder utanför EU i form av JI- och CDM-projekt för måluppfyllelse.

Behovet att handla med utsläppsutrymme mellan medlemsländer har i praktiken visat sig bli mycket litet, och inget medlemsland har använt reduktionsenheter från internationella mekanismer för måluppfyllelse. Den flexibilitet som kommit till störst användning är överföring mellan år, där de länder som 2019 ligger relativt nära sina minskningsmål till 2020 kan använda tidigare överskott för att nå målen. Målen enligt ansvarsfördelningsbeslutet bedöms som helhet komma att uppnås med ett relativt stort överskott.⁸

4.2.2 EU:s färdplaner

Efter att förhandlingarna om EU:s 20–20–20-paket slutförts tog Europeiska kommissionen även fram underlag till tre färdplaner fram till 2050.⁹ Färdplanerna baserades på resultat från modellanalyser med

⁸ EEA (2018), figur 3.3 s. 28.

⁹ KOM (2011)(112) slutlig KOM(2011)144 slutlig, KOM (2011)(885) slutlig.

flera, inbördes länkade, modeller av EU:s energisystem och markanvändning. Modellanalyserna gav kommissionen ett underlag om vilka målnivåer (*milestones*) som EU-länderna gemensamt borde uppnå längs vägen vid en lågkolomställning av EU till 2050.

Modellanalyserna utgick från att EU:s inhemska utsläpp av växthusgaser sammanlagt skulle minska med 80 procent till mitten av seklet jämfört med 1990. Resultaten visade bl.a. att det fanns skäl för EU att skärpa det inhemska målet till 2020 till en mer ambitiös nivå än minus 20 procent.

Resultaten gav också underlag om vilka områden i EU-politiken där skärpningar skulle kunna införas oavsett utvecklingen i resten av världen, s.k. *no regrets policies* exempelvis på området energieffektivisering, och var det kunde finnas skäl att ta större hänsyn till negativa effekter på industrins konkurrenskraft. Resultaten från färdplanerna användes senare vid utformningen av EU:s klimat- och energiramverk till 2030.

Föga förvånande lyckades inte modellanalyserna fånga den snabba teknikutvecklingen inom framför allt solkraft, vindkraft, laddbara bilar och stationära batterier, utan de resulterade i stället i en omfattande utbyggnad av CCS-teknik (avskiljning, transport och lagring av koldioxid), även på elproduktionsanläggningar, och en relativt långsam omställning av transportsektorn mot 2050.

Förutsättningarna för hur energieffektivisering modelleras har också reviderats efter att de modellerade scenarierna togs fram. Färdplanerna mot 2050 behöver därför uppdateras, bl.a. av dessa skäl, se nedan. Utvecklingen inom LULUCF-sektorn ingick inte i någon större omfattning i de modellerade scenarierna bakom färdplanerna. Möjligheter till negativa utsläpp, t.ex. genom bio-CCS-teknik ingick inte heller.

4.2.3 EU:s klimat- och energiramverk till 2030

Europeiska rådet formulerade i oktober 2014 rådslutsatser där bl.a. nivåerna för tre av de mest centrala målen i EU:s klimat- och energiramverk till 2030 preciserades.¹⁰

Ståndpunkterna innebar att EU:s utsläpp av växthusgaser skulle minska med minst 40 procent till 2030 jämfört med 1990, samtidigt

¹⁰ Europeiska rådet (2014), European Council Conclusions 23–24 oktober 2014.

som andelen förnybar energi skulle öka till minst 27 procent av den slutliga energianvändningen (brutto) och energianvändningen effektiviseras med minst 27 eller 30 procent jämfört med ett tidigare referensscenario.

Europeiska kommissionen lade 2015 och 2016 fram en rad förslag till lagstiftning som tillsammans syftade till att genomföra ramverkets alla delar. Förslagen förhandlades färdigt vintern 2018/2019.

Förnybarhetsmålet och energieffektiviseringsmålet skärptes jämfört med rådslutsatserna 2014, när målen med tillhörande genomförandelagstiftning förhandlades vidare. Europaparlamentet och rådet enades 2018 om att dessa båda mål i stället ska uppgå till minst 32 procent (förnybar energi) respektive 32,5 procent (energieffektivisering).¹¹

Markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk har nu länkats till klimatmålet

Målet om 40 procents utsläppsminskning ses som ett steg på vägen mot EU:s nuvarande långsiktiga klimatmål till 2050 om 80–95 procents utsläppsminskning jämfört med 1990, varav minst 80 procents minskning inom EU.¹²

I klimat- och energiramverket till 2030 ingår nu även mål och regelverk för utsläpp och upptag i LULUCF-sektorn.

Målen i klimat- och energiramverket utgör EU:s första gemensamma nationella bidrag till utsläppsminskningar och bevarande av kolsänkor enligt Parisavtalet (NDC).

Utsläppsminskningarna mot målet på minus 40 procent har nu fördelats, så att utsläppsutrymmet inom utsläppshandelssystemet sammantaget ska sänkas med 43 procent medan utsläppen i verksamheter som omfattas av ansvarsfördelningsförordningen¹³ ska minska med 30 procent. Basåret för dessa minskningar är 2005.

¹¹ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/directive_renewable_factsheet.pdf och https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/energy_efficiency_factsheet.pdf

¹² Som en del av de utvecklade ländernas bidrag till att halvera de globala utsläppen vid denna tid. Roadmap 2050, Europeiska rådet 10–11 december 2009.

¹³ Europaparlamentets och rådets förordning 2018/842/EU av den 30 maj 2018 om medlemsstaternas bindande årliga minskningar av växthusgasutsläpp under perioden 2021–2030 som bidrar till klimatåtgärder för att fullgöra åtaganden enligt Parisavtalet (ansvarsfördelningsförordningen, ESR).

EU:s utsläppshandelssystem har skärpts

I början av 2018 fastställdes ett antal skärpningar av EU:s utsläppshandelssystem.¹⁴ Ändringarna ska bli verkningsfulla under systemets fjärde handelsperiod 2021–2030.

Ändringarna skärper utsläppshandelssystemet på flera sätt. Sammantaget bedöms förändringarna kunna leda till högre priser i systemet. Utsläppsrättspriserna har också stigit 2018 och trenden har fortsatt 2019.

Bland de mest betydelsefulla förändringarna märks att den s.k. linjära faktorn skärps så att taket i utsläppshandelssystemet sänks med 2,2 procent per år från 2021. Med början 2019 kommer 24 procent av det beräknade sammanlagda överskottet i systemet föras till en s.k. marknadsstabilitetsreserv (MSR), och från 2023 kommer delar av överskottet i MSR annulleras upp till den mängd utsläppsrätter som auktioneras ut året innan.

Medlemsländerna får också frivilligt annullera utsläppsrätter för att kompensera effekten av nationella åtgärder som reducerar elproduktionskapaciteten i landet. Annulleringen 2023 bedöms bli relativt omfattande och ytterligare annulleringar kan komma att ske om överskottet i utsläppshandelssystemet åter börjar växa över vissa förutbestämda nivåer.

Bland förändringarna märks också att det inrättats nya fonder för investeringar i utveckling och demonstration av ny teknik med särskilt låga utsläpp i industri- och energianläggningar i systemet.

Dessa fonder finansieras med intäkter från försäljningen av utsläppsrätter. Medlen i fonderna ökar i omfattning om priserna går upp i utsläppshandelssystemet.

Ansvarsfördelningsförordningen ersätter ansvarsfördelningsbeslutet

Ansvarsfördelningsförordningen (ESR) bygger vidare på det regelverk som infördes i det tidigare ansvarsfördelningsbeslutet till 2020. Förordningen innehåller en fördelning av bindande årliga utsläppsminskningar per medlemsland 2021–2030. Utsläppsutrymmet start-

¹⁴ Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/410 av den 14 mars 2018 om ändring av direktiv 2003/87/EG för att främja kostnadseffektiva utsläppsminskningar och koldioxid snåla investeringar, och beslut (EU) 2015/1814.

året 2021 bestäms av medlemsländernas genomsnittliga utsläppsnivåer 2016–2018, och alltså inte av det utsläppsutrymme de hade 2020 enligt ansvarsfördelningsbeslutet. Endast en begränsad del av det överskott som uppstått i ESD-sektorn fram till och med 2020 får föras över till nästa period.

Perioden 2021–2030 behålls de flexibiliteter som fanns den tidigare perioden, med undantag av användning av reduktionsenheter från projekt utanför EU.

Två nya flexibiliteter – enheter från utsläppshandelssystemet och från LULUCF-sektorn – har dessutom tillkommit. Hur mycket som respektive medlemsland får använda av respektive flexibilitet begränsas i ansvarsfördelningsförordningen. Överskott från ESR-sektorn kan även användas för måluppfyllelse enligt LULUCF-förordningen¹⁵.

En bärande princip vid utformningen av regelverket är att de flexibiliteter som ska kunna genereras från LULUCF-sektorn och användas inom ESR-sektorn behöver komma från additionella åtgärder, dvs. åtgärder som genomförs utöver en utveckling vid *business as usual*. Samma villkor ställs även upp när det gäller de utsläppsrätter som föreslås kunna föras över från utsläppshandelssystemet till ESR-sektorn.

LULUCF-förordningen är en ny komponent

Enligt LULUCF-förordningen innebär målet till 2030 att länderna inte tillåts bokföra sammanlagda upptagsminskningar eller utsläppsökningar jämfört med de referensnivåer som ska bestämmas enligt förordningen, se kapitel 7.

Regelverket för LULUCF-sektorn syftar till att ge incitament till åtgärder som bevarar och förstärker upptaget av kol i skog och mark. LULUCF-förordningen innebär att växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk inkluderas som en separat del av EU:s klimatramverk till 2030, men med vissa kopplingar till ESR-sektorn.

Förordningen innebär att varje medlemsstat förbinder sig att säkra att utsläppen och upptagen av växthusgaser i landets LULUCF-sektor ska utvecklas så att dessa inte sammanlagt ger upphov till *bok-*

¹⁵ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/841 av den 30 maj 2018 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030 (LULUCF-förordningen).

förda upptagsminskningar eller utsläppsökningar, dvs. inga sammanlagda skulder får uppstå, en s.k. *no-debits rule*.

Förordningen innehåller detaljerade regler för hur förändrade utsläpp och upptag ska bokföras. Dessa regler skiljer sig åt framför allt mellan brukad skogsmark, beskogad mark, avskogad mark och övriga marktper.

För att klara åtagandet om att inga sammanlagda skulder ska bokföras får medlemsländerna nyttja vissa flexibiliteter. I de fall en medlemsstat redovisar ett ökat bokfört nettoupptag leder det till ett överskott av utsläppsenheter. Dessa enheter får överföras till kommande år eller andra medlemsstater eller, i begränsad omfattning, användas för att nå målet för de utsläpp som omfattas av ansvarsfördelningsförordningen. Tills vidare omfattas inte bokförda krediter från brukad skogsmark av denna generella flexibilitet.

I de fall det uppstår ett underskott av utsläppsenheter i LULUCF-sektorn kan medlemsstaten köpa utsläppsenheter från andra medlemsstater eller överföra utsläppsenheter från den tilldelning som gjorts enligt ansvarsfördelningsförordningen. Under den andra perioden (2026–2030) kan utsläppsenheter som sparats från den första perioden (2021–2025) nyttjas.

Om underskott uppstår för aktiviteten brukad skogsmark finns även en specifik flexibilitet för att balansera detta. (Se vidare i kapitel 7).

LULUCF-förordningen har alltså som ett syfte att ge incitament till ytterligare, additionella, åtgärder inom LULUCF-sektorn, åtgärder som förstärker upptaget av kol i skog och mark utöver vad som annars hade skett i sektorn. Ett motiv till att koppla LULUCF-åtgärderna till ESR-sektorn är att åtgärdsalternativen i jordbrukssektorn i ansvarsfördelningsförordningen är begränsade och att additionella åtgärder i LULUCF-sektorn skulle kunna höja kostnadseffektiviteten i hur klimatmålet för ansvarsfördelningsförordningen kan nås.

Kommissionen framhåller även i underlaget till förslaget till LULUCF-förordningen att de internationellt överenskomna riktlinjerna från FN:s klimatpanel IPCC innebär att utsläpp från förbränning av biomassa kan räknas som nollutsläpp från energisektorn under förutsättning att dessa bokförs i LULUCF-sektorn. På så sätt undviks både att utsläpp räknas flera gånger eller inte räknas alls.

4.2.4 Kommissionens underlag till en långsiktig klimatstrategi för EU

I slutet av november 2018 publicerade Europeiska kommissionen ett meddelande med en vision som innehöll några av de centrala byggstenarna för en ny långsiktig klimatstrategi för EU.¹⁶ Visionen tar sikte på att EU ska uppnå nettonollutsläpp av växthusgaser till 2050, men underlaget innehåller även andra utvecklingsalternativ som inte når fullt lika långt.

Meddelandet åtföljs av en relativt omfattande analys, i vilken bl.a. sammanlagt åtta olika målsценarier och ett referensscenario finns beskrivna, se kapitel 5.

Kommissionen konstaterar att de analyser den nu gjort visar att det är möjligt att nå nettonollutsläpp 2050 och att det går att nå målet på ett sätt som samtidigt kan både ta om hand negativa sociala fördelningseffekter och utformas på ett kostnadseffektivt sätt. Kommissionen medger att omställningen innehåller många utmaningar men också stora möjligheter som kan stärka EU:s ekonomiska utveckling.

Kommissionen lyfter fram behovet av att prioritera ytterligare insatser inom sju strategiska tekniska åtgärdsområden. Bland dessa märks

- stöd till en fortsatt bioekonomiutveckling samtidigt som ytterligare åtgärder behövs för att åstadkomma förstärkta kolsänkor på sätt som gynnar den biologiska mångfalden och marken, samt
- stöd till utveckling och demonstration av CCS-teknik, framför allt kopplat till industrianläggningar men också till anläggningar som använder biomassa.

För att CCS ska kunna etableras behöver dock insatserna inom EU koordineras och skalas upp.

Förankringsarbetet fortsätter

Underlaget till en långsiktig strategi är tänkt att utgöra ett stöd för den förankringsprocess som behövs för EU:s kommande långsiktiga lågutsläppsstrategi. Förankringen har fortsatt under 2019, för att EU 2020 ska kunna lämna in EU:s långsiktiga lågutsläppsstrategi till

¹⁶ KOM (2018) 773 slutlig.

klimatkonventionen enligt Parisavtalet. Vid rådsmötet i december 2019 ställde sig EU:s statschefer bakom målet att uppnå ett klimat-neutralt EU senast 2050. Polen kunde i detta skede inte åta sig att genomföra målet och det Europeiska rådet kommer därför återkomma till frågan i juni 2020.¹⁷ Kommissionen presenterade under samma vecka ett meddelande om *Den europeiska gröna given*¹⁸ där bl.a. kommissionens plan för det fortsatta arbetet mot en skärpt europeisk klimatpolitik stakas ut för de närmsta två åren.

Kommissionens analys bör också kunna utgöra ett underlag för fortsatta diskussioner om att skärpa EU:s nuvarande NDC till 2030.

Kommissionens nya underlag innebär att det tidigare arbetet med färdplaner till 2050 och underlaget till 2030-ramverket nu uppdateras, bl.a. på basis av ny kunskap från klimatforskningen och den syntes som IPCC tog fram hösten 2018 men också genom att en bredare palett av nya och utvecklade tekniker och möjliga och pågående samhällsförändringar förs in i analysen, se kapitel 5.

¹⁷ Europeiska rådets slutsatser 12–13 december 2019.

¹⁸ KOM (2019) 640 slutlig. Den europeiska gröna given.

5 Parisavtalets temperaturmål – aktuella scenarier från IPCC och EU

5.1 Temperaturmål, utsläppsbudgetar och negativa utsläpp

FN:s klimatpanel (IPCC) består av klimatforskare från hela världen inom en rad olika forskningsdiscipliner. Forskarna nomineras att delta i den återkommande utvärderingsprocess som IPCC bedriver.

IPCC har som huvuduppgift att bistå FN och de internationella klimatförhandlingarna med återkommande utvärderingar av det vetenskapliga kunskapsläget om klimatförändringarna, dess effekter och framtida risker samt möjligheter till åtgärder för anpassning och för att minska utsläppen och öka upptaget av växthusgaser.

Under 2014 redovisade IPCC en femte utvärderingsrapport (AR5) med denna breda inriktning. I AR5 handlade analysen av möjliga globala lågutsläppsutvecklingar främst om hur en global medeltemperaturökning på 2 grader Celsius eller mer, jämfört med förindustriell nivå, skulle kunna undvikas.

Bland annat redovisades resultat från en rad modellerade scenarier av utsläppsminskingsbanor (*mitigation pathways*) där utsläppen och upptaget av växthusgaser världen över utvecklades på ett sätt som innebar att den globala temperaturökningen med viss sannolikhet kunde begränsas till högst 2 grader. Dessa banor benämns i fortsättningen 2-gradersscenarier.

I rapporten fanns däremot bara ett fåtal resultat omnämnda från analyser av utsläppsscenarier som nådde under 2 graders uppvärmning. I det följande benämns sådana banor 1,5 gradersscenarier.

Tekniker för negativa utsläpp i form av avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung (bio-CCS) och förstärkta

kolsänkor hade en framträdande roll i AR5-scenarierna. Den stora omfattningen av framför allt bio-CCS i scenarierna möttes dock av kritik i forskningslitteraturen i samband med och efter att AR5-rapporterna publicerades.¹

Inriktningen mot 2-gradersscenarier i AR5 var en spegling av att målet om att begränsa den globala temperaturökningen till högst 2 grader under lång tid varit rådande i den internationella klimatpolitiken.

I processen fram mot Parisavtalet lyftes även behovet av att fortsätta ansträngningarna för att begränsa temperaturökningen till högst 1,5 grader in på ett tydligare sätt än tidigare. Även sättet som målet om 2 grader uttrycks på i Parisavtalet ("långt under 2 grader") är ambitiösare jämfört med tidigare formuleringar ("inte överskrida 2 grader").

Det vetenskapliga underlaget om hur utsläppsminskningar i linje med ett 1,5-gradersmål, skulle kunna uppnås var samtidigt inte så omfattande. När beslutet togs 2015 bjöds därför IPCC in för att ta fram en specialrapport i ämnet. Rapporten publicerades i oktober 2018.²

5.2 IPCC:s specialrapport om 1,5 graders global temperaturökning

Enligt IPCC:s specialrapport om 1,5 graders global temperaturökning (Global warming of 1,5 C) kan 1,5 graders ökning, jämfört med perioden 1850–1900³, uppkomma mellan 2030 och 2052, om temperaturökningen fortsätter i samma takt som hittills. Temperaturökningen fram till 2018, bedöms i genomsnitt uppgå till 1,0 grader jämfört med förindustriell nivå.

Rapporten innehåller även en syntes av forskningen som visar hur mycket lägre de klimatrelaterade riskerna blir i en värld där temperaturökningen begränsas till högst 1,5 grader respektive om den fortsätter upp till 2 grader.

¹ Kritiken handlade om att utvecklingen i scenarierna förutsatte en omfattande och snabb ökning av bio-CCS-tekniker under den senare hälften av århundradet, trots att tekniken inte prövats i någon större skala tidigare och trots de konflikter som finns mellan en omfattande biomassanvändning för energisektorn, biologisk mångfald och behov av mark för livsmedelsproduktion och andra ändamål. Geden (2015), Anderson and Peters (2016).

² IPCC (2018).

³ Denna tidsperiod motsvarar den förindustriella nivån enligt IPCC:s 1,5-gradersrapport.

Den övergripande slutsatsen från rapporten är att en ökning av den globala medeltemperaturen till 2 grader i stället för 1,5 grader påtagligt ökar de klimatrelaterade riskerna både för naturliga och av människan skapade system världen över. Riskerna för att unika och hotade ekosystem påverkas allvarligt ökar, liksom riskerna för extrema väderhändelser. Det uppstår även större skillnader i hur klimateffekterna fördelas världen över samtidigt som riskerna för stora tröskel-effekter⁴ förstärks.

En stor del av 1,5-gradersrapporten består av en summering och slutsatser från resultat från en rad modellerade scenarioanalyser som genomförts under senare år, efter AR5.

Scenarierna är huvudsakligen framtagna med s.k. integrated assessment models (IAM:s).⁵ Dessa modeller ska på ett huvudsakligen kostnadsoptimerande sätt, givet gjorda antaganden och begränsningar i och utanför modellen, sänka utsläppen av växthusgaser och förstärka upptaget av koldioxid på sätt som begränsar temperaturökningen till högst 1,5 grader.

I rapporten jämförs scenarioresultaten från olika IAM-modellpaket med varandra och med motsvarande scenarier som i stället tar sikte på att begränsa temperaturökningen till högst 2 grader.

5.2.1 Globala utsläppsbanor som begränsar temperaturökning till 1,5 grader jämfört med den förindustriella nivån

Det är de sammanlagda kumulativa utsläppen av koldioxid, tillsammans med strålningsdrivningen av andra växthusgaser och klimatpåverkande ämnen, som bestämmer nivån på den globala medeltemperaturökningen och hur den kan begränsas.⁶

⁴ Abrupta, ibland irreversibla systemförändringar som kan förstärka klimateffekterna ytterligare.

⁵ De analysmodeller som används består i regel av sammanlänkande modellmoduler över energisystemet, markanvändningen och det ekonomiska systemet i världen, uppdelade på olika regioner. Ibland saknas något delsystem och då representeras det delsystemet i regel på ett enklare vis. I modellpaketet finns också en klimatmodell som bl.a. beräknar temperatureffekter av de modellerade utsläppsutvecklingarna. De flesta modellerna är kostnadsoptimerande, dvs. modellresultatet är den systemlösning som innebär att det i modellen uppsatta målet (t.ex. årliga utsläppsmål, koncentrationsmål eller mål för strålningsdrivning) nås till lägsta kostnad.

⁶ Hur stor den återstående koldioxidbudgeten är för att begränsa den globala temperaturökningen till högst 1,5 respektive 2 grader med viss sannolikhet är en mycket osäker bedömning. I 1,5-gradersrapporten anges budgeterna i olika intervall. Budgetens storlek beror bl.a. på vilka antaganden som görs om hur snabbt utsläppen av övriga växthusgaser minskar. Ytterligare en faktor som påverkar är den ökning av utsläppen av metan som uppstår till följd av upptining av områden med permafrost och från våtmarker.

För att stabilisera temperaturökningen på en viss nivå behöver utsläppen av koldioxid nå nettonollnivåer, och för att temperaturökningen ska kunna sänkas behöver utsläppen bli nettonegativa.

Fram till och med 2017 beräknas de globala koldioxidutsläppen sammanlagt ha uppgått till 2 200 miljarder ton jämfört med förindustriell nivå.⁷ I nuläget ligger de globala koldioxidutsläppen på omkring 42 miljarder ton per år.

Den återstående totala utsläppsbudgeten för att begränsa uppvärmningen till högst 1,5 grader uppgår till 400–600 miljarder ton koldioxidekvivalenter i de scenarier som redovisas i IPCC-rapporten. Budgeten överskrids inledningsvis i nästan samtliga scenariomodelleringar men kompenseras därefter med nettonegativa utsläpp.

Ett sammanlagt utsläpp på 400 miljarder ton koldioxidekvivalenter motsvarar ungefär en återstående utsläppsbudget som med en sannolikhet på minst 66 procent kan begränsa den globala temperaturökningen till högst 1,5 grader.

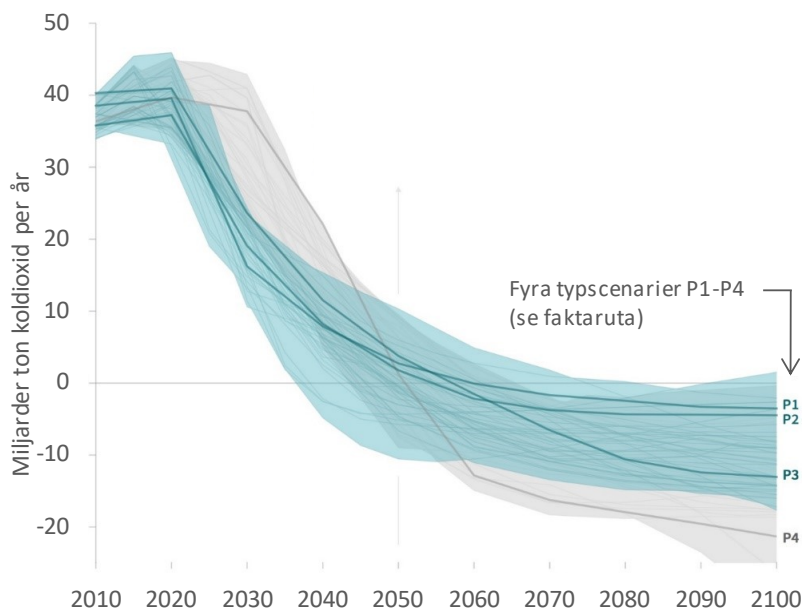
Ett sammanlagt utsläpp om 600 miljarder ton koldioxidekvivalenter motsvarar i stället en återstående utsläppsbudget som kan begränsa temperaturökningen till högst 1,5 grader med omkring 50 procents sannolikhet.⁸

Nästan alla scenarier visar att de globala utsläppen av koldioxid behöver kulminera mycket snart för att sedan kraftigt vända nedåt, se figur 5.1.

⁷ Beräkningarna i IPCC-rapporten har perioden 1850–1900 som basperiod.

⁸ Se UNEP (2018) Box 3,2 s. 18, *Technical comparison with the IPCC Special Report on Global warming of 1,5 C*.

Figur 5.1 Sammanställning av 1,5 gradersscenarier i IPCC:s 1,5-gradersrapport (banorna omfattar utvecklingen av koldioxidutsläppen)



Källa: IPCC (2018): Global Warming of 1.5 °C, del av figur SPM3.

Utsläppen når därefter nettonollnivåer av koldioxid i mitten av århundradet (2045–2055) världen över.⁹ Nettonollnivåer är den situation som uppstår när de av människan orsakade, dvs. antropogena, utsläppen av koldioxid motsvarar det antropogena upptaget av koldioxid, se avsnitt 5.2.2 nedan.¹⁰ Utsläppen av övriga växthusgaser begränsas samtidigt till mycket låga nivåer.

I nästan alla de modellerade 1,5-gradersscenarierna kommer även temperaturökningen behöva överskrida 1,5 grader under en period för att sedan sjunka tillbaka mot slutet av århundradet.

⁹ I scenarierna med inget eller ett begränsat överskridande av 1,5 graders temperaturökning.

¹⁰ I IAM-modeller ingår inte hela upptaget i det som länderna bokför inom LULUCF-sektorn. Om hela det bokförda upptaget i LULUCF-sektorn skulle räknas med behöver nettonollnivåer uppkomma tidigare, se avsnitt 5.2.2.

Faktaruta

1,5-gradersbanor i 1,5-gradersrapporten

I rapporten modelleras ett stort antal utsläppsbanor som med olika grad av sannolikhet begränsar medeltemperaturökningen till under 2 grader respektive 1,5 grader. I rapporten lyfts fyra typscenarier för att nå 1,5-gradersmålet för att lite närmare beskriva vilken typ av samhällsomställning som de olika scenarierna motsvarar.

Typscenario 1 utgår från antaganden om att sociala, affärs- och tekniska innovationer ger en låg energianvändning globalt. En snabb omställning av energisektorn möjliggörs av den låga efterfrågan på energi. Negativa utsläpp behövs i mindre omfattning och åstadkoms genom förstärkt nettoupptag i skog och mark – inte genom bio-CCS.

Typscenario 2 utgår från antaganden om ett brett fokus på hållbarhet, där världen ställer om till hållbara och hälsosamma konsumtionsmönster. Innovationer görs inom klimatsmart teknik och markanvändningen är väl hanterad. Negativa utsläpp åstadkoms genom nettoupptag i skog och mark samt i begränsad mängd genom bio-CCS.

Typscenario 3 är ett medelvägsscenario som utgår från antaganden om att teknikutveckling följer historiska trender. Lösningar genomförs främst på produktionssidan snarare än genom förändrad konsumtion. Scenariot innebär ett något större behov av negativa utsläpp genom bio-CCS.

Typscenario 4 motsvarar ett resurs- och energiintensivt scenario där antaganden utgår från att växthusgasintensiva livsstilar främjats genom ekonomisk tillväxt och globalisering. Inom scenariot antas en hög efterfrågan på transporter och animalieprodukter samt behov av stora negativa utsläpp genom bio-CCS.

Negativa utsläppstekniker i scenarierna

Alla 1,5-gradersscenarier i IPCC-rapporten ställer krav på negativa utsläppstekniker, i olika former och olika omfattning, för att kompensera för att koldioxidbudgeten behöver överskridas inledningsvis och för vissa kvarvarande koldioxidutsläpp. De negativa utsläppen behöver bli så omfattande att de globala utsläppen blir nettonegativa

under andra hälften av århundradet – i något scenario även tidigare än så.

Koldioxidbudgeten för att klara högst 1,5 graders temperaturökning är så begränsad att även utsläppsbanor med ingen eller begränsad temperaturökning över 1,5 grader – dvs. banor med mycket snabba utsläppsminskningar i närtid, mellan 40 och 60 procent till 2030 jämfört med 2010 – behöver nå nettonegativa utsläpp.

De negativa utsläppen summerar till mellan 100 till 1 000 miljarder ton koldioxid under detta århundrade i scenarier av denna typ.

De negativa utsläppen i form av bio-CCS är störst mot slutet av århundradet men behöver successivt byggas upp för att hinna genomföras i den skala som modellerats. Det ökade upptaget på grund av beskogning och återbeskogning är däremot som högst i mitten av århundradet i scenarierna. Se tabell 5.1 nedan.

Tabell 5.1 Ökat upptag – negativa utsläpp (brutto) i IPCC:s 1,5-graders-scenarier (där 1,5 grader inte överskrids eller överskrids på ett begränsat sätt)

Miljarder ton per år globalt, ton per capita 2050

	2030	2050	2100
Bio-CCS miljarder ton per år	0–1	0–8	0–16
ton per capita 2050		0–0,9	
Återbeskogning/beskogning miljarder ton per år	0–5	1–11	1–5
ton per capita 2050		0,1–1,3	

Källa: IPCC AR1,5 SPM C3.2 s.19, plus egen bearbetning. Ökat upptag/negativa utsläpp (brutto) per capita vid en befolkning på nio miljarder människor globalt 2050.

Sammanställningen i tabellen visar att några av scenarierna förutsätter ett mer omfattande genomförande av bio-CCS och förstärkta kolsänkor än storleken på den globalt hållbara och realiserbara potential på 5 miljarder ton respektive 3,6 miljarder ton som enligt ny litteratur¹¹ uppskattas finnas för den här typen av tekniker vid seklets mitt.

I modellerna är de möjliga negativa utsläppsteknikerna begränsade till i huvudsak bio-CCS och till åtgärder som ökar koldioxidupptaget i skog och mark genom framför allt ökad beskogning och återbeskogning.

Modellerna har alltså inte med, eller bara i begränsad utsträckning med, andra tillgängliga åtgärder för ökad kolinlagring, t.ex. i brukad

¹¹ Fuss m.fl. (2018) refereras i IPCC:s 1,5 graders-rapport, inklusive i Summar For Policymakers.

skogsmark eller på jordbruksmark. Andra tekniker för negativa utsläpp som är under utveckling, t.ex. direktinfångning och avskiljning av koldioxid i atmosfären och lagring (DACCS), saknas också i de flesta scenarier. När ett större utbud av möjliga tekniker introduceras i modellerna kan de även påverka resultaten och då troligen minska den dominerande rollen för bio-CCS.

Användningen av bio-CCS förutsätts introduceras som en integrerad energisystemlösning, där biomassan används i en energianläggning för el- eller vätgasproduktion eller i en anläggning där det produceras biodrivmedel. Den biomassa som används i anläggningar med bio-CCS i modellerna härrör främst från energiskogsodlingar eller utgörs av skogsrester och jordbruksavfall.

Även i modelleringar där användningen av bio-CCS begränsas ökar användningen av biomassa, och de konflikter som finns mellan olika markintressen vid en ökad användning av biomassa som råvara eller för energiändamål behöver därför bemästras även i dessa scenarier.¹²

Om det går att åstadkomma kraftiga utsläppsreduktioner i närtid minskar behovet av omfattande och osäkra negativa utsläpp på längre sikt, men behovet försvinner inte helt. Flest synergier med FN:s hållbarhetsmål (*sustainable development goals*, SDG:s) uppkommer vid scenarieutvecklingar där utsläppen minskar snabbt i närtid och där energianvändningen och resursanvändningen hålls ner genom olika åtgärder även på efterfrågesidan, t.ex. till följd av beteendeförändringar.

Behovet av omfattande negativa utsläpp i framtiden skulle också kunna minska genom att både kraftiga utsläppsminskningar och olika typer av åtgärder som medför ett ökat antropogent upptag av koldioxid ur atmosfären i närtid vidtas. Genom att upptaget av koldioxid på så sätt fördelas över tid och typ kan genomförandet ske i mindre skala i genomsnitt per år, och därmed reduceras risken för negativa sidoeffekter.¹³

Även i en stor del av de globala 2-gradersscenarier som redovisas i 1,5-gradersrapporten behöver utsläppen snabbt kulminera och minska till 2030 – med 20 procent jämfört med 2010 – för att nettonollutsläpp av koldioxid ska kunna nås omkring 2070 (2065–2080). Även i 2-gradersscenarierna förekommer nettonegativa utsläpp mot slutet

¹² IPCC (2018) kapitel 2 Box 2.1 s. 43.

¹³ Obersteiner m.fl. (2018). Denna slutsats är inte framlyft i IPCC-rapporten.

av århundradet, och tekniker för negativa utsläpp ökar successivt i omfattning även i dessa scenarier.

5.2.2 Nettonollutsläpp enligt modelleringarna i IPCC:s specialrapport

Som beskrivs ovan visar modelleringarna i 1,5-gradersrapporten att världen behöver nå nettonollutsläpp vid mitten av århundradet och nettonegativa utsläpp av koldioxid därefter.

Vad menar då forskarna bakom IPCC-rapporten med de begrepp de använder? Begreppsförklaringen i 1,5-gradersrapporten ger följande vägledning:

- *Nettonollutsläpp* är den situation som uppstår när de av människan orsakade antropogena utsläppen av växthusgaser (eller koldioxid) motsvarar det antropogena upptaget av växthusgaser (eller koldioxid).
- *Nettonegativa utsläpp* nås när en större mängd växthusgaser (eller koldioxid) än de återstående antropogena utsläppen tas bort från atmosfären på grund av mänsklig aktivitet.
- *Negativa utsläpp* uppstår genom planerad mänsklig aktivitet, t.ex. i tillägg till det upptag som annars skulle ha uppstått naturligt i kolcykeln.

I de IAM-modeller som används för scenariomodelleringarna är upptaget och avgången av koldioxid från markanvändning huvudsakligen begränsat till *direkt mänsklig aktivitet* genom förändrad markanvändning (avskogning, beskogning och återbeskogning). Koldioxidbalansen kopplad till markanvändning omfattar däremot *inte*¹⁴ den förändring av upptaget som kan uppkomma till följd av:

1. direkt mänsklig påverkan genom skogsbruksåtgärder,
2. indirekt mänsklig påverkan i växande skog (exempelvis genom CO₂ och NO_x-gödning) eller
3. det upptag som kan finnas i naturskogar.

¹⁴ Förekommer bara i ett fåtal modeller.

När länder redovisar upptag och avgång inom markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF-sektorn), kommer därför sammantaget ett större upptag att redovisas kopplat till mänsklig aktivitet, jämfört med det upptag som finns i forskarnas modeller,¹⁵ eftersom LULUCF-rapporteringen omfattar en större del av markanvändningen och skogsbruket jämfört med IPCC-modellerna.

Det betyder i sin tur att nettonollutsläpp kan uppstå redan vid högre utsläppsnivåer om hela det redovisade upptaget i LULUCF-sektorn inkluderas i en nettonollbalans.¹⁶

För att kompensera för detta extra upptag genom LULUCF-redovisningen behöver resultaten från IPCC:s modelleringar kalibreras om och tidpunkten för nettonollutsläpp behöver uppkomma tidigare.

Ett exempel på detta ges i Europeiska kommissionens underlag till en långsiktig lågutsläppsstrategi till 2050 för EU, där tidpunkten för nettonollutsläpp av växthusgaser (i stället för koldioxid) satts till 2050 för att kompensera för att nettonollbalansen görs mot hela det rapporterade upptaget i LULUCF-sektorn – inte mot den snävare avgränsning som används i IAM-modellerna. Kalibreringen förutsätter dessutom att utsläppen därefter fortsätter minska till nettonegativa nivåer för att vara i linje med IAM-modellernas resultat, dvs. nettonegativa utsläpp behöver också uppnås tidigare om hela det rapporterade upptaget i LULUCF-sektorn räknas med. Så sker dock inte i kommissionens scenarier från 2018, se nedan.¹⁷

5.2.3 Ländernas sammanlagda åtaganden är inte tillräckliga

De samlade utfästelser om utsläppsminskningar som länderna gjort under Parisavtalet genom sina nationella klimatplaner (*nationally determined contributions*, NDC:s) till 2030 ligger inte i linje med de utsläppsbanor som begränsar temperaturökningen till 1,5 eller 2 grader vid samma tid. Utifrån nuvarande ovillkorade och villkorade klimatplaner bedöms de globala utsläppen inte kulminera före 2030 och ligga mellan 12 och 15 miljarder ton koldioxidekvivalenter för högt i förhållande till de 2-gradersscenarier som redovisas av FN:s klimat-

¹⁵ Där motsvarande upptag i stället ingår i det naturliga upptaget i terrestra system.

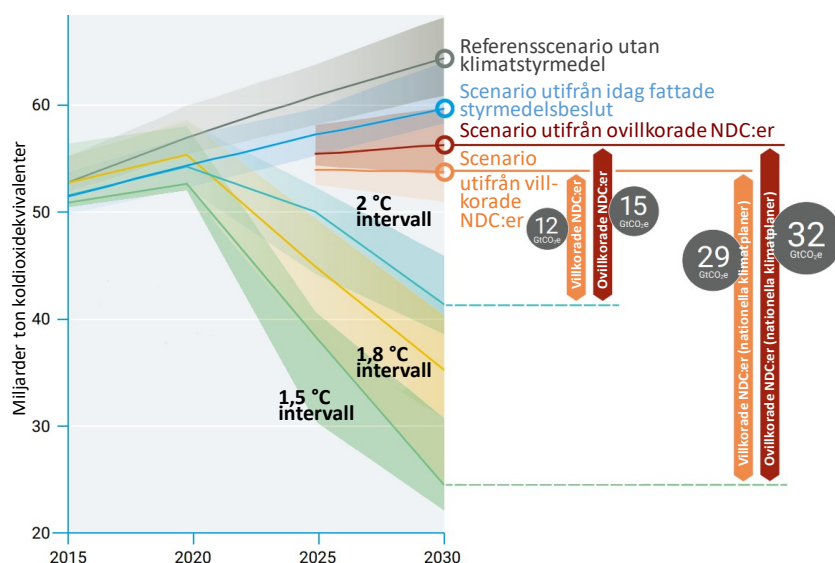
¹⁶ Grassi m.fl. (2018).

¹⁷ PBL (2018).

program (UNEP) och i IPCC-rapporten. För att nå ett medianvärde av 2-gradersbanorna behöver utsläppen minska med cirka 20 procent jämfört med den globala utsläppsnivån 2017, i stället för att fortsätta öka svagt som utsläppen antas göra när länderna uppfyller sina nuvarande bidrag till utsläppsminskningarna.

Motsvarande gap till 1,5-gradersscenarierna uppgår till 29–32 miljarder ton koldioxidkvivalenter 2030. För att sluta gapet behöver de globala utsläppen i stället minska med omkring 50 procent jämfört med dagens utsläppsnivåer.

Figur 5.2 Globala utsläpp av växthusgaser till 2030 vid olika scenarier i UNEP (2019). Beräknade avstånd mellan en utveckling där länderna uppfyller sina nationella klimatplaner under Parisavtalet och ett medianvärde av 2- respektive 1,5-gradersscenarier



Källa: UNEP (2019).

5.3 Behovet av negativa utsläpp i Europeiska kommissionens nya långsiktiga lågutsläppsscenarier

I kapitel 4 beskrivs bakgrunden till kommissionens nya långsiktiga lågutsläppsscenarier mot 2050 och därefter. Kommissionens analys tar sikte på att EU ska uppnå nettonollutsläpp av växthusgaser till 2050, men underlaget innehåller även andra utvecklingsalternativ som inte når fullt lika långt. Kommissionens meddelande åtföljs av en omfattande analys, i vilken bl.a. sammanlagt åtta olika målscenarier och ett referensscenario finns beskrivna.¹⁸

Redan i referensscenariot, med beslutade och planerade styrmedel, minskar utsläppen med 45 procent till 2030 respektive 60 procent till 2050 exklusive LULUCF, jämfört med 1990. Det är något mer än EU:s nuvarande mål till 2030 men inte i linje med minskningstakten, eller utvecklingen av de genomsnittliga per capita-utsläppen i globala 1,5-gradersbanor, se ovan.

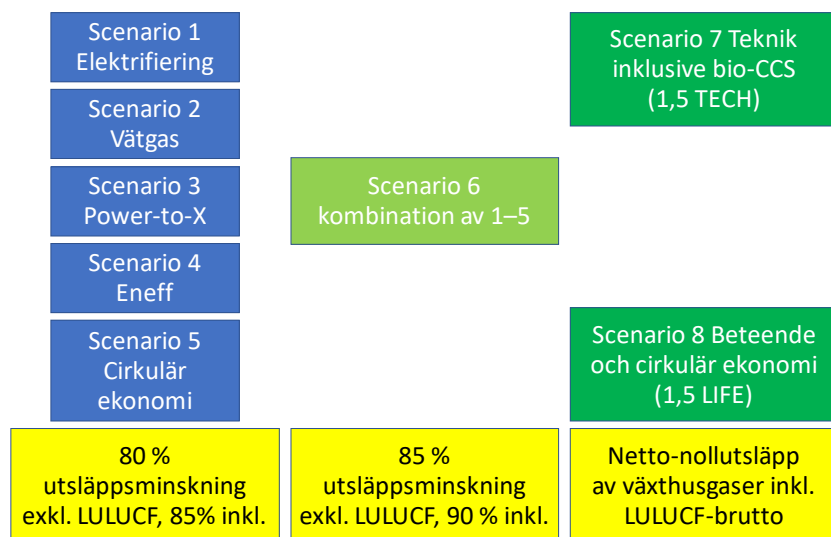
I fem av målscenarierna minskar utsläppen med 80 procent (85 procent inklusive LULUCF). I dessa scenarier betonas några alternativa teknik- och åtgärdsinriktningar olika mycket (elektrifiering, vätgas, power-to-X¹⁹, energieffektivisering och cirkulär ekonomi).

När de fem inriktningarna kombineras nås en utsläppsminskning på 85 procent (90 procent inklusive LULUCF). I två ytterligare scenarier nås sedan nettonollutsläpp, antingen genom ytterligare resurseffektivisering (cirkulär ekonomi) tillsammans med förstärkta kolsänkor jämfört med kombinationsscenariot (scenario 8, 1,5 LIFE), eller genom att negativa utsläppstekniker kompletterar utvecklingen i kombinationsscenariot (scenario 7, 1,5 TECH), se figur nedan.

¹⁸ KOM (2018) 773 slutlig.

¹⁹ Termen power-to-x används för omvandlingstekniker som på olika sätt hanterar och drar nytta av ett elsystem med en hög andel variabel förnybar eltillförsel som tidvis kan generera stora mängder el som överskrider den momentana efterfrågan. Elöverskottet kan exempelvis användas för att tillverka vätgas, andra drivmedel, plaster m.m. för användning i andra sektorer. Överskottet kan också lagras på olika sätt för att senare generera el vid tillfällen då efterfrågan överskrider tillförseln i elnätet.

Figur 5.3 Översikt över de olika lågutsläppsscenarierna i kommissionens underlag till EU:s långsiktiga lågutsläppsstrategi



Källa: Egen bearbetning från KOM (2018)773.

De scenarier som kommissionen bedömer vara i linje med globala 1,5-gradersscenarier innebär utsläppsminskningar, inklusive LULUCF, med drygt 90 procent (91–96 procent) till 2050. Kommissionen konstaterar samtidigt att en utsläppsminskning på 100 procent (inklusive LULUCF och negativa utsläpp) till 2050 är att föredra för att reducera behovet av ytterligare negativa utsläpp under återstoden av århundradet.

Kommissionen redovisar alltså genomgående även utsläppsutvecklingen inklusive hela upptaget i LULUCF – inte enbart exklusive LULUCF, vilket tidigare varit brukligt. Redovisningssättet för med sig att EU:s utsläpp minskar något mer i procent räknat, eftersom EU:s samlade koldioxidsänka bedöms öka till 2050 jämfört med basåret 1990 enligt kommissionens scenarier. Nettonollutsläpp nås genom att utsläppen 2050 balanseras av summan av negativa utsläpp och EU:s hela kolsänka 2050.

I de scenarier som enligt kommissionens underlag bedöms vara i linje med Parisavtalets 2-gradersmål minskar utsläppen i EU med 80 procent, exklusive LULUCF.

Dessa scenarier måste dock snarare betraktas som konsistenta med en global utveckling som sannolikt²⁰ begränsar den globala temperaturökningen till högst 2 grader, eftersom ambitionsnivån i de nya 2-gradersscenarierna från kommissionen inte är högre än de som utvecklades i de tidigare färdplansscenarierna från 2011 gentemot det tidigare 2-gradersmålet.

Genom resonemanget ovan förefaller kommissionen göra tolkningen att den nya formuleringen av 2-gradersmålet i Parisavtalet, dvs. att uppvärmningen ska hållas långt under 2 grader, inte är mer ambitiös än den formulering som tidigare gällde i Cancunöverenskommelsen (högst 2 grader).²¹

Utvecklingen av negativa utsläpp i kommissionens scenarier

I kommissionens scenarier fördubblas efterfrågan på biomassa till 2050 jämfört med dagens nivåer. Resurserna kommer i första hand från en ökad användning av avfall av biogent ursprung. Dessutom ökar användningen av avverkningsrester (grot) och jordbruksavfall medan helträdsavverkning för energiändamål ligger kvar på dagens nivåer.

Det sker också en ökning av energiskogsodling för att tillgodose det ökande behovet av biomassa. Biomassaökningen antas tillgodoses med resurser inom EU, inte genom import.

Störst påverkan på markanvändningen har scenarierna med ökad energiskogsodling. Odlingarna antas framför allt nyttja tillgängliga arealer i form av icke-produktiva gräsmarker.

I scenarierna ökar däremot inte användningen av långlivade träprodukter i någon större omfattning jämfört med utvecklingen i övriga scenarier, inklusive referensscenariot, med dagens beslutade styrmedel.

Utvecklingen av efterfrågan på bioråvara i scenarierna påverkar inte upptaget och avgången av koldioxid i LULUCF-sektorn negativt jämfört med den antagna utvecklingen i referensscenariot. Genom åtgärder för ökat kolupptag i jordbruksmark och förstärkta sänkgårdar i växande skog ökar upptaget i LULUCF-sektorn till 2050 i kommissionens nettonollscenarier (1,5 TECH och 1,5 LIFE-

²⁰ Med minst 66 procents sannolikhet.

²¹ Wachsmuth, Schaeffer och Hare (2018).

se figur 5.3). Störst potential har åtgärder inom skogsbruket enligt kommissionen redovisning.

Sänkan ökar från drygt 230 miljoner ton till sammanlagt drygt 300 respektive knappt 500 miljoner ton koldioxid per år i de två scenarierna 1,5 TECH respektive 1,5 LIFE. Åtgärderna som förstärker kolsänkan simuleras genom att ett koldioxidpris antas införas även i LULUCF-sektorn. Vilka incitament som behövs i verkligheten, och hur de lämpligen utformas, diskuteras däremot inte i rapporten.

I det nettonollscenario som förutsätter större beteendeförändringar och en cirkulär ekonomi (1,5 LIFE) kan skogsmarkens omfattning öka, vilket medför en ökad sänka, och efterfrågan på biomassa för energiändamål minska på grund av en större resurseffektivitet i ekonomin.

I nettonollscenariot med en något högre energiefterfrågan (1,5 TECH) ökar däremot bioenergiefterfrågan och kolsänkan blir då något lägre. I detta scenario nås nettonoll i stället genom att andra åtgärder (främst bio-CCS) för negativa utsläpp kompletterar de åtgärder som förstärker upptaget i LULUCF-sektorn. Bio-CCS byggs i detta scenario ut i viss omfattning tillsammans med DACCS.

Bio-CCS förefaller i modelleringen vara knuten till att ytterligare energiskogsodlingar anläggs för att producera bioenergi – inte till att tekniken i första hand implementeras på befintliga anläggningar, där exempelvis restavfall av biogent ursprung redan används i förbränningen.

I 1,5 TECH-scenariot lagras 180 miljoner ton biogen koldioxid per år 2050 genom bio-CCS. CCS på anläggningar med fossila utsläpp, främst inom industrin, byggs också ut i scenariot, men i en relativt liten omfattning. Det handlar sammanlagt om att cirka 120 miljoner ton per år fångas in och lagras 2050.

I övriga scenarier är omfattningen av bio-CCS relativt liten, cirka 5–6 miljoner ton per år 2050, medan CCS-användningen på fossila koldioxidutsläpp uppgår till mellan 60 och 70 miljoner ton per år.

Avskiljning och användning av koldioxid (CCU), främst i form av framställning av elektrobränslen, ökar också i omfattning, främst i 1,5 TECH-scenariot (och power-to-X-scenariot). Omfattningen av direktinfångad koldioxid från atmosfären är i samma storleksordning som bio-CCS i 1,5 TECH-scenariot och 50 procent högre i power-to-X-scenariot. Eftersom merparten går till framställning av

elektrobränslen och inte till material med längre livslängd bidrar den ökade direktinfångningen inte till negativa utsläpp.

Tabell 5.2 Ökat nettoupptag- (brutto)negativa utsläpp och tillämpning av CCS-teknik 2050 i kommissionens 2050-scenarier

Miljoner tonkoldioxid 2050, ton per capita 2050

	1,5 LIFE	1,5 TECH	KOMBO	CIRC	EE	P2X	H2	ELEC	Baseline
Bio-CCS	6	180	6	5	4	6	6	5	0
DACCS /perm CCU	123/47	210/80	83	0	0	264	0	0	0
CCS (fossil)	74	120	61	47	61	71	57	60	5
LULUCF	470	320	250	290	240	263	244	240	230
Ökat bidrag från LULUCF jämfört med baseline (=230)	240	90	20	60	10	33	14	10	
Negativa utsläpp med bio-CCS/CCU i ton per capita 2050, vid en befolkning på 525 miljoner	0,1	0,5							
LULUCF-förstärkning i ton per capita 2050, vid en befolkning på 525 miljoner	0,45	0,15							

Källa: KOM (2018)773 final och egen bearbetning.

EU-området står för cirka nio procent av de globala utsläppen i nuläget. IPCC-scenerierna ovan förutsätter en ökning av negativa utsläpp samt ökat upptag i skog och mark på sammanlagt omkring 5–10 miljarder tonkoldioxid 2050, i lite olika proportioner fördelat mellan en ökad kolsänka och bio-CCS. I kommissionens 1,5 graders-scenarier hamnar de negativa utsläppen, inklusive den förstärkta kolsänkan, sammanlagt i stället på mellan 300 och 400 miljoner ton per år 2050, vilket motsvarar cirka 3,8 procent av ett globalt ökat negativt utsläpp. Andelen bio-CCS är lägre jämfört med i de globala scenarierna vilket inte uppvägs av DACCS, eftersom den koldioxid som fångas in på detta sätt huvudsakligen inte lagras under längre tid utan antas användas för framställning av syntetiska bränslen och därmed inte kan räknas bidra med negativa utsläpp i scenarierna.

Kommissionen lyfter fram behovet av att bygga en ändamålsenlig infrastruktur för CCS-teknik. Dessutom nämns behovet av att ut-

veckla ett konsistent ramverk för hur upptag av koldioxid ska bokföras på ett korrekt sätt.²²

Kommissionens scenarier sträcker sig till 2070 men trots det ökar inte användningen av negativa tekniker efter 2050.

Det är också värt att notera att utsläppen inom utsläppshandelsystemet hamnar på negativa nivåer 2050 i 1,5 TECH-scenariot. Även i 1,5 LIFE-scenariot minskar utsläppen inom utsläppshandelsystemet i en snabbare takt till 2050, jämfört med motsvarande utveckling med den nu beslutade linjära reduktionsfaktorn för systemet.²³

²² Se s. 194 i KOM (2018)773 slutlig.

²³ Med nuvarande linjära reduktionsfaktor på 2,2 procent per år från 2021 hamnar utsläppen i utsläppshandelssystemet på nollnivåer 2057.

DEL II

Ökning av kolsänkan

6 Förutsättningar och potential för åtgärder inom LULUCF-sektorn

Utredningens bedömning

Potential för ökad kolsänka och minskade utsläpp

- Flera åtgärder inom sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF-sektorn) kan ge betydande bidrag för att öka upptaget respektive minska utsläppen av växthusgaser. En viktig förutsättning är att åtgärderna inte försvårar möjligheten att nå andra miljömål som berörs av åtgärderna.
- Hur stor effekten av en specifik åtgärd blir, när i tiden effekten uppnås och hur varaktig effekten är varierar stort på grund av den inneboende trögheten i de biologiska system som åtgärderna ska påverka. Vissa åtgärder (t.ex. beskogning) behöver därför komma till stånd tidigt för att potentialen i sådana åtgärder ska hinna realiseras och ge en reell effekt på kolinlagringen och utsläppen av växthusgaser till 2045. Andra åtgärder (t.ex. återvätning av dikad torvmark) kan genomföras löpande, eftersom de ger en mer direkt effekt på utsläppen. Den varaktiga effekten för en viss åtgärd beror på den framtida utvecklingen av den nya markanvändningen. Det är därför bättre att satsa på åtgärder som bedöms ha förutsättningar att bli bestående, både inom jord- och skogsbruk.
- Det finns ett behov av att säkra de kollager som redan finns och byggs upp i biomassa och mark, mot bakgrund av att de pågående klimatförändringarna medför ökande skaderisker av olika slag, t.ex. stormfällning, torka, insektsangrepp, rotröta och brand.

- Åtgärder för ökad kolsänka och minskade utsläpp bör prioriteras så att även andra värden och mål tillgodoses, t.ex. biologisk mångfald och minskad näringsutlakning. Åtgärder som bidrar till flera värden och mål bedöms generellt vara mer långsiktiga än åtgärder som enbart bidrar till ökad kolsänka.

Åtgärder inom LULUCF-sektorn för ökad kolsänka och minskade utsläpp, vilka bedöms kunna ge effekter till 2030 och 2045 där förslag till styrmedel lämnas

- Med de styrmedel som föreslås i kapitel 7, och förutsatt att åtgärderna kommer till stånd de kommande 20 åren, kan den realiserbara potentialen för ökad kolsänka och minskade utsläpp i LULUCF-sektorn uppgå till drygt 1 miljon ton koldioxidekvivalenter per år 2030, drygt 2 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år 2040 och knappt 3 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år 2045. Det årliga bidraget för perioden efter 2045 varierar mellan knappt 1,5 och närmare 5 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år på grund av kolflödernas tidsberoende dynamik.
- Användningen av fånggrödor och mellangrödor i växtföljden på åkermark bedöms kunna öka till 400 000 hektar, vilket kan ge en ökad kolinlagring på cirka 0,5 miljoner ton koldioxid per år när hela arealen tagits i anspråk. Användning av fånggrödor och mellangrödor bedöms vara en del av ett hållbart framtida jordbruk, vilket gör den erhållna kollagringen varaktig.
- För att gynna kolinlagringen ytterligare bör inslaget av träd och buskar, s.k. agroforestry, på jordbruksmark (åkermark och betesmark) successivt kunna öka på upp till cirka 50 000 hektar. Åtgärden kan ge en ökad kolinlagring på cirka 0,03 miljoner ton koldioxid per år 2030.
- Jordbruksmark som tagits ur bruk, främst på grund av bristande lönsamhet, de senaste 20 åren och jordbruksmark som kan komma att tas ur bruk framöver bör nyttjas på ett gynnsamt sätt för kolbalansen. På den mark som bedöms finnas tillgänglig bör föreslagna styrmedel kunna leda till energiskogsodling (t.ex. salix och poppel) på en mindre del, cirka 40 000 hektar, och beskogning med traditionella skogsträdslag (t.ex. gran, björk eller andra lämpliga trädslag) på cirka

100 000 hektar. På delar av den areal som redan börjat växa igen, cirka 50 000 hektar, bör åtgärder som främjar tillväxten vidtas, utan att den biologiska mångfalden utarmas. Genom dessa åtgärder kan den årliga kolinlagringen till 2030 öka med cirka 0,24 miljoner ton koldioxid per år.

- Totalt minst 110 000 hektar dikad torvmark, fördelat på cirka 100 000 hektar skogsmark och cirka 10 000 hektar nyligen nedlagd jordbruksmark, på torvjord bedöms kunna återställas genom permanent återvätning. Återväts dränerad mark i denna omfattning bedöms åtgärden ge en utsläppsminskning på cirka 0,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år till 2030 och cirka 1 miljon ton koldioxidekvivalenter per år till 2045.

Andra möjligheter att öka kolsänkan

- Det finns stora möjligheter att ytterligare öka kolsänkan. Utredningen har dock valt att inte räkna in dessa möjligheter i den realiserbara potentialen eftersom utredningen inte lämnar några förslag på styrmedel på dessa områden. Om även dessa potentialer realiserar ökar möjligheterna att nå utsläppsmålen till 2045. Andra pågående processer och förslag på styrmedel bedöms leda till att åtgärder kommer till stånd så att dessa potentialer realiserar.
- Ökad kolsänka på skogsmark kan åstadkommas genom tillväxthöjande åtgärder, genom åtgärder för ökad miljöhänsyn i skogsbruket och genom att större arealer produktiv skogsmark undantas från virkesproduktion. Den totala effekten på skogens kolbalans av dessa åtgärder avgörs i ett nationellt perspektiv framför allt av hur avverkningen utvecklas i förhållande till den totala tillväxten. Genom att åtgärderna på olika sätt påverkar det möjliga uttaget av biomassa påverkas även möjligheten att nyttja skogsråvara för att ersätta fossilintensiva produkter och bidra till utsläppsminskningar i andra sektorer. Åtgärderna påverkar i olika riktning och omfattning även möjligheterna att nå andra miljömål.

- Inlagring av kol i trä som används i långlivade träprodukter kan också bidra till att öka den totala kolsänkan genom att användningen av långlivade träprodukter i samhället ökar. Ökad användning av långlivade träprodukter leder också till minskade fossila utsläpp när de ersätter mer fossilintensiva alternativ.
- Växthusgasutsläpp i samband med permanent överföring av skogsmark, jordbruksmark och våtmark till bebyggd mark bidrar med stora utsläpp. Dessa utsläpp bör kunna minskas genom styrmedel som antingen styr exploatering till mark med låg påverkan på växthusgasbalansen eller begränsar den areal som årligen exploateras.
- Det finns ytterligare åtgärder inom jordbruket som kan öka kolsänkan, t.ex. ökad användning av grödor som ökar tillförseln av organiskt material, t.ex. fleråriga grödor eller tillförsel av biokol till marken. Det är också viktigt att se till att befintligt kollager bevaras, t.ex. genom att fortsatt vallodling.

Inledning

Enligt utredningens direktiv ska potentialen för olika åtgärder för att öka kolsänkan inom sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk, den s.k. LULUCF-sektorn (*land use, land use change and forestry*) redovisas för åren 2030, 2040 och 2045 samt på ännu längre sikt.

Med hänsyn tagen till potentiella målkonflikter ska utredningen uppskatta den sammantagna realiserbara potentialen för LULUCF-sektorn för att kostnadseffektivt bidra till uppfyllandet av klimatmålen (för 2030, 2040, 2045 och till negativa utsläpp). Alternativa scenarier bör redovisas för att öka kolsänkan i skog och mark på kort och lång sikt.

Svårigheter att fånga upp resultat av åtgärder i rapporteringen av LULUCF-sektorns utsläpp och upptag av växthusgaser ska redovisas.

Utredningen ska också föreslå hur incitament kan skapas för de åtgärder som anses realiserbara för att öka kolsänkan och minska utsläppen. De hinder som identifieras för önskad utveckling ska redovisas.

Slutligen ska utredningen föreslå en tolkning av hur de nationella klimatmålen bör förhålla sig till EU:s regelverk och internationella regelverk vad gäller eventuella kvantitativa begränsningar för hur mycket en ökad kolsänka får bidra som kompletterande åtgärd. En ökad kolsänka ska enligt utredningsdirektivet beräknas i överensstämmelse med internationellt beslutade regler. Det handlar i nuläget huvudsakligen om att EU har beslutat om bokföringsregler för LULUCF-sektorn fram till 2030 genom LULUCF-förordningen.¹ Samma regler kommer även att tillämpas för EU:s åtagande under Parisavtalet.

Detta kapitel redovisar åtgärdspotential, realiserbar åtgärdspotential, åtgärdskostnader och konsekvenser för andra miljömål. Kapitlet ger också en övergripande bakgrund till LULUCF-sektorn samt de utsläpp och upptag som redovisas. Dessutom diskuteras kort såväl mållkonflikter som effekter av klimatförändringar på jord- och skogsbruk.

Skäl för utredningens bedömning

Flera åtgärder inom LULUCF-sektorn kan ge betydande bidrag för att öka upptaget respektive minska utsläppen av växthusgaser. Hur stor effekten på växthusgasutsläppen blir, när i tiden den uppnås och hur varaktig den är för en specifik åtgärd varierar dock stort på grund av den inneboende trögheten i de biologiska system som åtgärderna ska påverka. Det innebär att vissa åtgärder bör komma till stånd tidigt för att kunna ge en reell effekt på kolinlagringen och utsläppen av växthusgaser till 2045, medan andra kan genomföras löpande eftersom de ger mer direkt effekt på utsläppen.

Det krävs också en skyndsam förändring mot ett mer klimat-anpassat jord- och skogsbruk för att bevara befintlig tillväxtpotential och befintliga kollager. Det är därför av stor vikt att slå vakt om och stärka ekosystemens resiliens, eftersom riskerna med ökade skador på framför allt skog i form av bränder, insektsangrepp m.m. redan har ökat till följd av klimatförändringarna. Det kan t.ex. handla om att undvika plantering av gran på torr mark, anpassa skötseln på vindutsatta lägen, minska riskerna för insektsskador genom att använda

¹ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/841 av den 30 maj 2018 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030.

olika trädslag och genom hög beredskap för att snabbt kunna ta hand om insektsangripet virke. Ett motståndskraftigt skogslandskap tryggar såväl fortsatt virkesproduktion som kolsänkor och kolförråd.

Den realiserbara potentialen i LULUCF-sektorn är stor

Utredningen bedömer att den realiserbara potentialen för ökad kolsänka och minskade utsläpp inom LULUCF-sektorn är stor inom både jord- och skogsbruk. En svårighet är dock att urskilja de åtgärder som kan ge en varaktig verkan på kollagret in i framtiden.

Effekten av de åtgärder som utredningen bedömer kan genomföras, givet de förslag på styrmedel som föreslås, summeras i tabell 6.1. Antaganden och beräkningar beskrivs i avsnitt 6.3.1–6.3.6. Effektbedömningen utgår från historisk utveckling av markanvändningen, dagens markanvändning och i viss mån den framtida utvecklingen av markanvändningen så som den beskrivs i Jordbruksverkets och Naturvårdsverkets senaste scenarier.

Tabell 6.1 Bedömd realiserbar potential för ökad kolsänka och minskade utsläpp för de åtgärder utredningen lämnar styrmedelsförslag

Den areella omfattningen av respektive åtgärd (hektar) och ökad kolsänka/minskade utsläpp (miljoner ton koldioxidekvivalenter per år)

	2030		2040		2045		
	Areal	Ökad kolsänka	Areal	Ökad kolsänka	Areal	Ökad kolsänka	
Fånggrödor	300 000	0,4	400 000	0,5	400 000	0,5	
Energiskog	40 000	0,1	40 000	0,1	40 000	0,1	
Beskogning	Direkt	100 000	0,1	100 000	0,4	100 000	0,8
	Passiv	50 000	0,04	50 000	0,1	50 000	0,2
Agroforestry	50 000	0,03	50 000	0,06	50 000	0,1	
Återvätning	Skogsmark	50 000	0,4	100 000	0,8	100 000	0,8
	Åkermark	5 000	0,1	10 000	0,2	10 000	0,2
Totalt		1,2		2,2		2,7	

Utfallet i tabell 6.1 utgår från att åtgärderna implementeras fullt ut på hela den potentiella arealen, där bedömningen gäller en genomsnittlig effekt på växthusgasbalansen för aktuella åtgärder. Att ange ett sannolikhets spann för utfallet är svårt, men en känslighetsanalys

har utförts utifrån antaganden om att utfallet avgörs dels av hur snabbt åtgärderna implementeras, dels av om föreslagna styrmedel är effektiva och accepteras av aktörerna. Om genomförandet av åtgärderna i praktiken visar sig ta dubbelt så lång tid för föreslagna jordbruksaktiviteter och för föreslagen beskogning kan den totala effekten minska till knappt 1 miljon ton koldioxidekvivalenter per år 2030. Samma utfall erhålls om enbart fånggrödor och återvätning genomförs i den takt som antagits samt energiskog genomförs på hälften och beskogning och agroforestry på en fjärdedel av målarealen. Om fånggrödor och återvätning endast genomförs på halva arealen blir effekten till 2030 knappt 0,6 miljoner ton koldioxid-ekvivalenter. Störst betydelse för utfallet har alltså genomförandet av fånggrödor och återvätning.

Beräkningarna av åtgärdernas effekter baseras på genomsnittliga utsläpp eller upptag före och efter åtgärderna utförs. Det innebär att effekten för ett enskilt åtgärdsobjekt både kan bli mindre men också större. När det gäller t.ex. dikad torvmark finns studier som pekar på att utsläppen per arealenhet för dikad torvmark i vissa fall kan vara betydligt större än de genomsnittliga utsläpp per arealenhet som används i klimatrapporeringen.

För de flesta aktuella åtgärderna handlar det framför allt om att öka markens kolinnehåll och skapa ett varaktigt högre kolförråd. Så småningom når marken ett nytt jämviktsläge och ökningen av kollagret minskar eller avtar helt. Vid vilken tidpunkt detta inträffar beror på platsspecifika förutsättningar och markens ursprungliga kolinnehåll. För de bedömda åtgärderna handlar det om 60–100 år. Det nya kollagret bibehålls så länge åtgärden upprätthålls på samma eller motsvarande areal. Om åtgärden upphör kan däremot det inlagrade kolet på sikt förloras. Hur snabbt detta går beror på vad marken fortsatt används till.

Beskogning leder oftast till att träden så småningom avverkas och att kolet i biomassan lämnar växtplatsen, samtidigt som de avverkade träden ersätts med nya. Permanensen med en beskogningsåtgärd avgörs också av vad den avverkade skogen används till och när kolet frigörs. När den beskogade arealen inte längre ökar infaller ett jämviktsläge där kolförrådet i biomassan är mer eller mindre stabilt medan kolförrådet i marken fortsätter att öka ytterligare en tid.

När det gäller återvätning är utsläppsminskningen permanent så länge den höjda vattennivån bibehålls. Om marken åter dräneras frigörs dock de växthusgaser som undanhållits atmosfären genom återvätningen, eftersom torvnedbrytningen återigen sätter igång. Den undanhållna kvantiteten växthusgaser kommer dock inte att ha tillförts atmosfären förrän torven är på väg att ta slut längre fram i tiden. Hur lång tid det tar beror på torvens mäktighet.

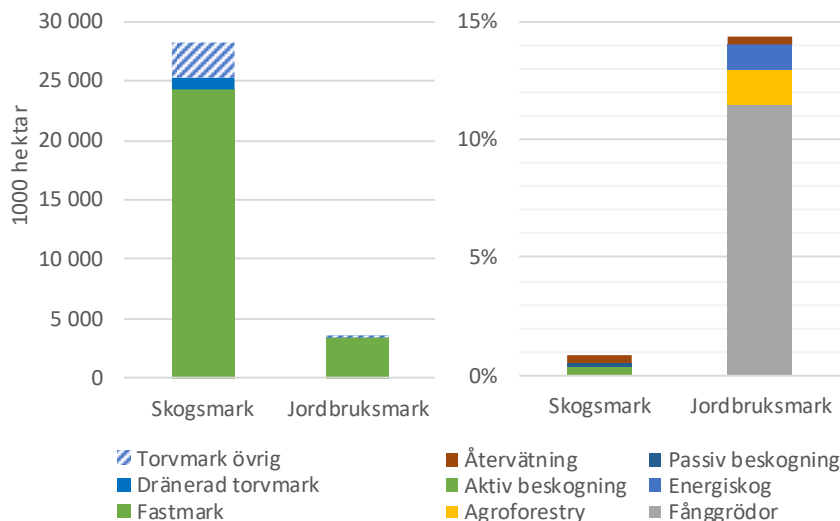
Markanvändningen påverkas på olika sätt

Några av de föreslagna åtgärderna integreras i befintliga markanvändningssystem utan att ordinarie markanvändning påverkas i någon större utsträckning. Energiskogsodling och beskogning avser framför allt åtgärder på mark som redan tagits ur produktion i jordbruket men i viss mån även mark som tas ur produktion framöver. Återvätning i utredningens förslag omfattar till största delen skogsmark, ofta tidigare åkermark. Det kan också handla om mark där skogen avverkats och återvätning kan åstadkommas på premisser som ter sig mer fördelaktiga än dikesrensning och föryngring för markägaren. Även mark där det bedrivs eller nyligen har bedrivits jordbruk kan komma ifråga för återvätning.

Figur 6.1 sätter åtgärdsarealerna i relation till dagens markanvändning. Åtgärder i den omfattning som utredningen föreslår omfattar mindre än 1 procent av den totala arealen skogsmark och drygt 14 procent av jordbruksmarken. Regionalt kan dock andelen bli större. T.ex. finns merparten (drygt 80 procent) av de cirka 230 000 hektar jordbruksmark som tagits ur produktion de senaste 20 åren i Götaland och Svealand. De arealer som bedöms kunna tas i anspråk för fånggrödor och mellangrödor (400 000 hektar) och agroforestry (50 000 hektar) bedöms däremot inte påverka befintlig markanvändning. Åtgärder vad gäller energiskog (40 000 hektar) och beskogning (aktiv 100 000 hektar och passiv 50 000 hektar) gäller framför allt jordbruksmark som tagits ur bruk de senaste decennierna men även mark som kommer tas ur bruk framöver. Återvätning berör skogsmark (100 000 hektar) och jordbruksmark (10 000 hektar) som tagits ur bruk eller fortfarande brukas i någon omfattning.

Figur 6.1 Föreslagen åtgärdsareal i relation till dagens markanvändning

Areal skogsmark och jordbruksmark i dag, vänstra panelen. Andel i procent av den totala skogsmarks- respektive jordbruksmarksarealen för föreslagna åtgärder, högra panelen



Källa: National Inventory Report (2020) och egen bearbetning.

Kostnaderna för ökad kolinlagring och minskade utsläpp för föreslagna LULUCF-åtgärder varierar stort

Kostnaderna för ökad kolinlagring och minskade utsläpp för de olika åtgärderna på jordbruksmark och tidigare jordbruksmark, inklusive beskogning, utgår från Jordbruksverkets kalkyler, tidigare rapporter om aktuella åtgärder och egna skattningar. Kostnader för återvätnings utgår från Skogsstyrelsens och Jordbruksverkets bedömningar. Förutsättningarna för åtgärder i LULUCF-sektorn, och därmed kostnaderna, varierar stort eftersom vissa åtgärder även kan innebära en intäkt för markägaren.

Åtgärder som alltid innebär en kostnad är återvätnings där kostnaden landar troligtvis på mellan 100 och 700 kronor per ton koldioxidkvivalent samt fånggrödor och mellangrödor där kostnaden hamnar på mellan 200 och 700 kronor per ton koldioxid.

Beroende på förutsättningar och vilken alternativ markanvändning som används i jämförelsen övergår energiskogsodling från att vara en kostnad, som i sig varierar stort, till att vara en intäkt för markägaren när träda sätts som alternativ markanvändning. Agroforestry kan leda till en intäkt om biomassa skördas men utgör annars en kostnad på cirka 100 kronor per ton koldioxid. Beskognings bedöms i princip alltid leda till en intäkt för markägaren, men ekonomiska incitament kan ändå behövas för att få till stånd åtgärder som även utan stöd är lönsamma för markägaren.

Åtgärder på jordbruksmark

Ett flertal åtgärder på jordbruksmark bedöms ge ökad kolinlagring, och den ökade kolinlagringen bibehålls så länge åtgärden upprätthålls. Nettoinlagringen i åkermark kan ökas dels genom att öka mängden kol som tillförs marksystemet, dels genom att minska förlusten av redan inbundet kol från marken. I praktiken kan det dock vara svårt att kategorisera åtgärder, eftersom de både kan leda till att mängden kol ökar samt att läckaget minskar.

Av de tänkbara åtgärder på jordbruksmark som beskrivs i avsnitt 6.3.2 bedöms ökad användning av fånggrödor och mellangrödor vara det alternativ som kan få störst genomslag arealmässigt, eftersom stöd redan ges inom ramen för landsbygdsprogrammet. Åtgärden är dessutom väl etablerad, dock inte som klimatåtgärd utan för att minska näringsläckaget, men stödet nyttjas inte fullt ut, delvis på grund av de begränsningar som finns när det gäller vilka marker som kan få stöd och när det gäller val av gröda. Potential finns därmed för etablering av fånggrödor och mellangrödor på större arealer.

Ökad användning av fånggrödor kan ge en ökad kolinlagring på 330 kg kol per hektar och år, vilket innebär en ökning av det årliga nettoupptaget med cirka 0,5 miljoner ton koldioxid om 400 000 hektar nyttjas för åtgärden.

Ett sätt att binda mer kol i biomassa och mark är att öka inslaget av träd och buskar på befintlig åkermark och betesmark genom agroforestry. Det kan handla om att öka trädandelen på mark som redan har inslag av träd och buskar, t.ex. så att en del av marken är trädbevuxen och hälften hålls öppen för fortsatt bete. Det kan också handla om att öka inslagen av träd i anslutning till jordbruksmark,

t.ex. alléodlingar, lähäckar och vedartade buffertzoner. Åtgärden bör kunna genomföras på cirka 50 000 hektar jordbruksmark (åkermark och betesmark). Till 2045 bedöms åtgärden kunna bidra med ökad kolinlagring på cirka 0,1 miljoner ton koldioxid per år.

Undersökningar har visat att åtgärden upplevs som positiv av markägare, både vad gäller mark som redan är trädbärande och mark som i dag är öppen. Åtgärden bedöms därför ha goda förutsättningar att bli bestående och kan gynna både biomassa- och betesproduktion om den utförs på rätt sätt. Marker där gräsbetesproduktionen riskerar att minska i högre grad än på andra marker bör dock undvikas.

För ovan beskrivna åtgärder är kolinlagringen varaktig så länge åtgärden upprätthålls på samma eller motsvarande areal. Så småningom minskar inlagringen för att till slut nå ett nytt jämviktsläge då ökningen av kollagret upphört. Vid vilken tidpunkt detta inträffar beror på plats specifika förutsättningar och markens ursprungliga kolinnehåll.

Åtgärder på jordbruksmark som tagits eller kommer tas ur bruk

Det finns redan i dag stora arealer mark tillgänglig för alternativa brukningsformer och arealen bedöms öka fram till 2045. Det är framför allt mark som tagits ur produktion tidigare och som i många fall börjat växa igen, men till viss del är det också mark som bedöms tas ur produktion de kommande decennierna enligt scenarier framtagna av Jordbruksverket och Naturvårdsverket. Scenarierna baseras till stor del på nuvarande trender i markanvändningen.

Även globalt har stora arealer åkermark försvunnit och fortsätter försvinna trots att en ökande befolkning kräver större arealer för att producera livsmedel. Det skulle kunna innebära att en större del av livsmedelskonsumtionen i Sverige i framtiden behöver baseras på inhemsk livsmedelsproduktion. Utredningen är därför försiktig med att räkna med åtgärder på en allt för stor del av de arealer som bedöms tas ur bruk i aktuella framtidsscenarier.

Jordbruksmark som inte längre används för livsmedels- och foderproduktion kan nyttjas på flera olika sätt, om syftet är att bibehålla eller öka markens kollager. Den kan t.ex. användas till energiskogsodling eller beskogning med traditionella skogsträdslag. Arealen jordbruksmark som tagits ur bruk de senaste 20 åren uppgår enligt Riksskogstaxeringen till cirka 230 000 hektar. Arealen sådan mark

ökar i de ovan nämnda scenarierna med ytterligare cirka 200 000 hektar till 2045. Den största arealminskningen i scenarierna sker inom den areal som används för vall och grönfoder. Sett ur ett nationellt perspektiv är det den relativa fördelningen mellan vall och ettåriga grödor som styr kolförråden i svensk åkermark. Vallodlingen minskar framför allt på grund av att mjölk- och köttproduktionen bedöms gå ned i framtiden. För att inte förlora det kol som redan är bundet bör därför en stor del av denna areal fortsatt användas för vallodling eller odling med annan gröda som säkerställer kolbalansen. Fortsatt vallodling gynnar också den biologiska mångfalden och bevarandet av ett öppet landskap.

Oavsett vad som brukats på marken tidigare så ger både energiskogsodling, t.ex. med salix eller poppel, och beskogning med traditionella skogsträdslag en signifikant ökning av kolförrådet i marken, eftersom jordbruksmark som brukats under lång tid ofta är fattig på organisk substans, och därmed också på kol. Dessutom binds stora mängder kol in i själva biomassan, vilket ökar tillgången på förnybar råvara som kan bidra till ytterligare utsläppsminskningar om den ersätter fossil energi och fossilintensiva produkter.

I den omställning som samhället nu står inför bedöms behovet av biomassa öka inom flera sektorer; t.ex. presenteras sådana behov i de färdplaner som tagits fram inom initiativet Fossilfritt Sverige². Tillgången på biomassa för energiändamål varierar regionalt, och givet rådande prisnivåer för olika sortiment importeras biomassa i dag från andra länder. Energiskog skulle dock kunna täcka det ökande behovet och bli ett kostnadseffektivt alternativ om priset på importerad biomassa ökar och om efterfrågan på biomassa också ökar i andra länder. Energiskog kan därmed utgöra ett viktigt komplement till avverkningsrester från skogsbruket. Introduktion av bio-CCS (avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung) och framställning av biokol ökar också behovet av biomassa.

Energiskog odlas på drygt 10 000 hektar i dag, varav drygt 70 procent utgörs av salix. Energiskogsodling på åkermark berättigar till gårdsstöd, och i landsbygdsprogrammet 2014–2020 finns också ett investeringsstöd för plantor och plantering av poppel och hybridasp. Energiskogsodling bedöms kunna öka från dagens cirka 10 000 hektar till 40 000 hektar på mark som inte längre används för andra jordbruksgrödor genom riktad rådgivning och information om vilka

² <http://fossilfritt-sverige.se/>

stöd som kan sökas. Inlagringen i marken kan över en 25-årsperiod öka med i genomsnitt cirka 800 kg kol per hektar och år för salix och med cirka 1 400 kg kol per hektar och år för poppel; potentialen beror på vad marken använts till tidigare och hur odlingsförutsättningarna ser ut. Odlingen genererar samtidigt betydande mängder biomassa som i första hand kan användas som biobränsle eller råvara till bio-baserad materialindustri. Poppel kan även användas som massaved.

I dagens redovisningssystem, så som det tillämpas av Sverige, räknas energiskogsodling som en jordbruksgröda. Därmed inkluderas inte inlagringen i biomassa i redovisningen av utsläpp och upptag eftersom det kol som lagras in i biomassan omsätts inom något eller några år. Det gör att endast den positiva effekt som uppnås för kol-inlagringen i marken räknas med i effekten av denna åtgärd.

Beskogning med traditionella skogsträdslag innebär att även inlagring av kol i biomassan räknas med i redovisningen, vilket därför ger ett större bidrag till nettoupptaget per arealenhet än energiskogsodling. Även beskogning med traditionella trädslag ger en ökning av kolförrådet i marken på lite längre sikt (mer än 20–25 år). Bidraget till nettoupptaget från beskogning med traditionella trädslag som gran eller björk varierar därför kraftigt över en omloppstid. Det gör att det är viktigt att få till stånd beskogning så snart som möjligt. Efter 20–30 år kan bidraget till nettoupptaget från en granplantering vara cirka 300 kg kol per hektar och år i marken och 4 500 kg kol per hektar och år i biomassan. Totalt cirka 100 000 hektar bör kunna beskogas fram till 2045, men effekten på växthusgasbalansen fram till 2045 beror på när i tiden beskogningen sker och på att det kan ta tid att identifiera vilka marker som kan vara lämpliga att beskoga utan att förutsättningarna för andra miljömål försvåras. Utredningen har i sin beräkning antagit att större delen av arealen beskogas inom en 10-årsperiod, förutsatt att föreslagna incitament får önskad effekt. Den producerade skogsråvaran under en omloppstid för den beskogade arealen motsvarar totalt 4–5 miljoner skogskubikmeter, vilket motsvarar cirka 5 procent av dagens genomsnittliga årsavverkning.

Återvätning av dränerad torvmark ger minskade utsläpp

Under tidigare århundraden har stora arealer våtmarker och sjöar, där kol som lagrats in i marken som torv eller annat organiskt material sedan den senaste istiden, dikats ut främst för att bedriva jord- eller skogsbruk på marken. När marken dikas ut ökar syretillgången och organiskt material som lagrats in under tusentals år bryts ned, vilket orsakar utsläpp av koldioxid och på bördigare torvmarker även utsläpp av lustgas. Utsläppen från dränerad mark (skogsmark, jordbruksmark och betesmark) utgör den största delen av de direkta utsläppen i LULUCF-sektorn och uppgick 2018 till drygt 11 miljoner ton koldioxidekvivalenter enligt Sveriges klimatrapportering³. Utsläppens storlek och bidrag till de totala utsläppen, och det faktum att effekten av att marken återväts är relativt säker, dvs. att utsläppen i olika omfattning minskar genom åtgärden, motiverar att insatser görs. För skogsmark kan utsläppsminskningen bli mellan 1 och 9 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år, och på jordbruksmark kan den bli cirka 21 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år. Utsläppsminskningen är en nettominskning som även inkluderar den ökade metanavgången.

Om 100 000 hektar skogsmark och 10 000 hektar nyligen nedlagd jordbruksmark återställs till våtmark genom återvätning, riktad mot marker med höga utsläpp, kan en utsläppsminskning på cirka 1 miljon ton koldioxidekvivalenter per år erhållas. Detta är dock en relativt försiktig bedömning av tillgängliga arealer och den erhållna effekten av åtgärden per hektar; det kan inte uteslutas att utsläppen från de aktuella markerna är högre och att effekter av åtgärden därmed också blir högre. I den potential som presenteras här sker en successiv återvätning över 20 år av den aktuella arealen.

Effekten av återvätning är relativt omedelbar, men åtgärder bör ändå komma till stånd i god tid för att den totala utsläppsminskningen från varje enskilt objekt ska bli så stor som möjligt och för att så stora torvlager som möjligt skyddas från fortsatt nedbrytning. Både Jordbruksverket och Skogsstyrelsen har på senare år utrett möjligheterna till återvätning och lämnat förslag på hur en omfattande återvätning ska kunna komma till stånd.

³ National Inventory Report (2020).

Åtgärder för att öka kolsänkan på skogsmark

Åtgärder på skogsmark genom tillväxthöjande åtgärder, ökad naturhänsyn i skogsbruket och ökat skydd av produktiv skogsmark kan ge en ökning av kolsänkan på brukad skogsmark. Effekten av åtgärderna beror på hur mycket tillväxten påverkas och hur avverkningen och störningar i form av sjukdomar, insekter, brand och vind utvecklas.

Åtgärder för ökad tillväxt ökar avverkningsmöjligheterna som i sin tur ger ökade möjligheter till ersättning av fossila alternativ medan det omvända gäller för åtgärder för ökad naturhänsyn och ökat skydd av produktiv skogsmark, även om de mer skyddsvärda skogarna oftast inte har en så hög produktion. Samtidigt kan ökad naturhänsyn och ökat skydd öka möjligheterna att skogsbiomassa accepteras som hållbar, både nationellt och internationellt. Hur behovet av skogsråvara kommer se ut i framtiden är osäkert, men de flesta bedömningar pekar på ett ökat behov i flera sektorer.

En bearbetning av ett scenario från Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) visar att om arealen produktiv skogsmark undantagen från virkesproduktion ökas med cirka 0,5 miljoner hektar, ökar nettoinlagringen med cirka 3 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år till 2045, om alla kolpooler som redovisas för skogsmark samt avverkade träprodukter inkluderas. En förutsättning i scenariot är att åtgärden leder till att avverkningsmöjligheterna begränsas i samma omfattning.

I ett annat scenario där ökad virkesproduktion antas givet tillväxthöjande åtgärder som t.ex. ökad kvävegödsling, behovsanpassad gödsling och mer frekvent föryngring med contortatall i stället för vanlig tall (se avsnitt 6.3.1), ökar nettoupptaget med drygt 3 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år till 2045, om alla kolpooler som redovisas för skogsmark samt avverkade träprodukter inkluderas. Om åtgärderna begränsas till traditionell gödsling och effektivare markberedning och föryngring blir ökningen lägre, cirka 1 miljon ton koldioxid.

För att möjliggöra jämförelser av olika åtgärdsscenarioer förutsätts att hela den årliga nettotillväxten på virkesproduktionsmark avverkas, såväl i åtgärdsscenarioerna som i det jämförande scenariot, för att effekten av åtgärderna ska kunna studeras isolerat. Det får till följd att den genomsnittliga avverkningen under de första 25 åren ökar med 2 procent (cirka 2 miljoner skogskubikmeter) för alterna-

tivet med produktionshöjande åtgärder medan avverkningen minskar med 2 procent (cirka 2 miljoner skogskubikmeter) i fallet med ökat skydd, jämfört med ett referensalternativ utan extra åtgärder i skogsbruket. Det ger alltså ökade möjligheter till ökad substitution i det första fallet medan möjligheterna minskar i det andra fallet. Jämfört med dagens nivåer ökar avverkningsmöjligheterna både för alternativet med produktionshöjande åtgärder och för alternativet med ökat skydd av produktiv skogsmark, eftersom tillväxten på virkesproduktionsmark ökar och därmed också avverkningsmöjligheterna.

Hur den verkliga effekten på kolsänkan utvecklas beror dock på efterfrågan på skogsråvara i samband med att åtgärden implementeras och den framtida efterfrågan. Åtgärder för ökad tillväxt på virkesproduktionsmark för att möta efterfrågan på biomassa kan möjliggöra att andra områden kan lämnas för naturvårdsändamål, vilket därmed också bidrar till en ökad kolsänka.

Andra åtgärder som kan leda till ökad kolsänka på skogsmark är förlängd omloppstid samt ökad lövinblandning. SLU har gjort simuleringar av en ökad omloppstid på vissa skogsmarker med höga naturvärden. Om omloppstiden ökar med tio år på 0,5 miljoner hektar skulle kolsänkan kunna öka till 2030 och 2045 med cirka 0,2 respektive 0,1 miljoner ton. Samtidigt minskar avverkningsmöjligheterna något, åtminstone inledningsvis innan en ny balans nås. En ökad lövinblandning på virkesproduktionsmarken ger i SLU:s scenarier ett ökat nettoupptag, bl.a. genom att virkesuttaget minskar både på kort och lång sikt. Ökad lövinblandning ses emellertid som en del av ett mer klimat- och naturvårdsanpassat skogsbruk.

Sammantaget bedöms åtgärder på och utvecklingen vad gäller skogsmark kunna få stor effekt på växthusgasbalansen, samtidigt som de åtgärder som diskuteras ovan för ökad produktion respektive ökat skydd av skog i stor utsträckning motverkar varandra.

Åtgärder för ökad virkesproduktion måste därför balanseras mot de åtgärder som krävs för att nå andra miljö kvalitetsmål i form av ökat skydd och miljöhänsyn i skogsbruket, och vice versa. Utredningen har uppfattat att projektet *Samverkansprocess skogsproduktion* som koordineras av Skogsstyrelsen kommer att föreslå olika åtgärder för att säkra och höja skogsproduktionen inom olika insatsområden. Många av de tillväxthöjande åtgärder som lyfts fram i projektet *Samverkansprocess skogsproduktion* påverkar inte andra miljömål negativt eller har endast liten negativ påverkan på t.ex. biologisk mångfald, så

länge de utförs på lämplig plats. Det är dock oklart i vilken omfattning åtgärderna kommer att vidtas i praktiken eller om de förändringar i lagstiftningen som behövs kommer att genomföras. Utredningen bedömer att strävan att nå miljömålet *Levande skogar* kommer leda till att större arealer produktiv skogsmark undantas från virkesproduktion, vilket leder till ökad kolsänka under en begränsad tid om detta också leder till att avverkningsmöjligheterna minskar. Skogsstyrelsen, Naturvårdsverket och Energimyndigheten har föreslagit att en bristanalys inom ramen för miljömålsarbetet ska genomföras, vilket kan leda till tydligare rekommendationer om hur stora arealer som behöver undantas från virkesproduktion. Den nu pågående Skogsutredningen 2019 (M 2019:02)⁴ ska enligt direktiven analysera vad som krävs för att uppfylla Sveriges internationella åtaganden om biologisk mångfald och klimat. Det kan leda till rekommendationer om åtgärder för bevarande av biologisk mångfald och underlag till bristanalysen för *Levande skogar*. När rekommendationer är framtagna och politiskt förankrade bör de genomföras så snart som möjligt.

Givet att arbetet med *Samverkansprocess skogsproduktion* och Skogsutredningen 2019 (M 2019:02) fortfarande pågår, att utfallet fortfarande är oklart och att de skogspolitiska målen inte ger tydlig vägledning för hur skogsbruket ska bidra i klimatarbetet, väljer utredningen att inte föreslå några kompletterande åtgärder på skogsmark. Utredningen bedömer dock att båda dessa processer kommer leda till åtgärder som på sikt gynnar kolinlagringen på olika tids horisonter, även om detta inte är det primära målet med processerna.

Utöver att öka kolinlagringen genom tillväxthöjande åtgärder eller ökat skydd finns också behov av att bevara de kollager som redan finns. Det behövs därför åtgärder för att förebygga skador, t.ex. insektsangrepp och bränder, som kan förväntas öka i ett förändrat klimat.

Det finns även ett stort behov av att anpassa mängden klövvilt för att minska skadorna av viltbete i skogen. Skadorna påverkar både kolinlagring, virkesproduktion och den biologiska mångfalden i negativ riktning och åsamkar dessutom skogsbruket stora ekonomiska förluster varje år. Skogsstyrelsen har beräknat att dagens skadetryck i tallungskogen minskat tillväxten med drygt 6 miljoner skogskubikmeter per år, vilket innebär en samhällsekonomisk kostnad på 7,2 miljarder kronor per år.

⁴ Stärkt äganderätt, flexibla skyddsformer och naturvård i skogen, dir. 2019:46.

Öka träanvändningen i byggnader

Det är svårt att bedöma effekten av åtgärder som leder till ökad träanvändning i byggnader. I dagens redovisningssystem beror den årliga nettoinlagringen av trä i långlivade träprodukter dels på hur mycket träråvara och halvfabrikat som produceras i Sverige, dels på det befintliga förrådets storlek och sammansättning, dvs. hur mycket trä som potentiellt kommer tas ur bruk och när.

För att öka den redovisade nettoinlagringen i långlivade träprodukter krävs att användningen av sågade träråvaror och andra långlivade träprodukter som produceras i Sverige successivt ökar, vilket kräver att efterfrågan i Sverige och i de länder som importerar träråvara från Sverige ökar. Potentialen att öka inlagringen kan enbart nyttjas under den tid mängden biomassa i långlivade produkter ökar; därefter inträder en ny balans utan någon ytterligare nettoeffekt. En beräkning baserad på att andelen flerbostadshus med ursprung i industriellt träbyggande ökar från 10 procent till 50 procent fram till 2025 och ligger kvar på den nivån fram till åtminstone 2045, skulle kunna medföra en nettoinlagring av kol på mellan 0,04 och 0,06 miljoner ton koldioxid per år 2045. En fördubbling av det industriella träbyggandet, dvs. en ökning från 10 till 20 procent skulle innebära en nettoinlagring av kol på mellan 0,01 och 0,02 miljoner ton koldioxid 2030 och runt 0,01 miljoner ton koldioxid 2045. Effekten på den redovisade kolbalansen syns framför allt under den period när byggandet ökar, sen avtar effekten på den årliga nettoinlagringen.

Trenden går mot ökat träbyggande, och intresset från olika aktörer att använda mer förnybara råvaror i produktionen av byggnader är stor. Här skulle staten genom offentlig sektor kunna bidra till en ökad inlagring i träprodukter genom att krav ställs i samband med upphandling.

Även en minskning av avgången från det befintliga lagret av trä i hus skulle kunna premieras, t.ex. genom krav på återanvändning av vissa komponenter. En sådan utveckling fångas inte säkert in med dagens modellbaserade redovisning av inlagring i träprodukter baserad på inhemsk produktion. Med en inventeringsbaserad redovisning av trähusstockens förändring, som komplement till befintlig redovisning, kommer emellertid en sådan åtgärd att synas tydligare.

Det är också viktigt att notera att träråvara som ersätter fossila och resurskrävande råvaror ger ytterligare nytta genom att de fossila utsläppen minskar. Effekten av minskade utsläpp kommer dock inte synas i LULUCF-sektorn utan i andra utsläppssektorer.

Minska utsläppen i samband med avskogning och annan permanent markanvändningsförändring

Av de utsläpp som redovisas inom LULUCF-sektorn bidrar växt-husgasutsläpp i samband med permanent överföring av skogsmark och åkermark till bebyggd mark med drygt 2,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. Det är dock svårt att bedöma hur mycket dessa utsläpp kan minskas genom åtgärder så att exploateringen riktas mot annan mark där klimatpåverkan blir lägre eller genom en begränsning av den areal som årligen exploateras. Beroende på vad marken omförs till finns dock goda skäl att försöka begränsa utsläppen, och potentialen bedöms vara relativt stor. Kunskapen på området behöver dock öka.

6.1 Åtgärder som ökar kolsänkan och minskar utsläppen inom LULUCF-sektorn

I detta avsnitt redovisas åtgärdspotentialer för att öka upptaget av koldioxid och minska utsläppen av växthusgaser uppdelat på olika marktyster och för de specifika redovisningskategorierna inom LULUCF-sektorn. Indelningen följer i huvudsak LULUCF-förordningen. Återvätning av dränerad torvmark och inlagring av kol i träprodukter beskrivs i separata avsnitt oberoende av vilken marktyst de relaterar till, även om de i rapporteringen till klimatkonventionen och EU redovisas under den marktyst där de hör hemma.⁵

Först beskrivs möjliga åtgärder och teknisk åtgärdspotential. Sedan redovisas en sammantagen bedömning av den realiserbara åtgärds-potentialen för respektive marktyst eller aktivitet samt konsekvenser och kostnader.

⁵ Det innebär att åtgärder för brukad våtmark inte redovisas under eget avsnitt utan under respektive åtgärd.

6.1.1 Åtgärder för ökad kolsänka på skogsmark

Åtgärder och åtgärdspotentialer

Åtgärder på skogsmark omfattar både åtgärder som ökar nettoinlagringen i levande biomassa och mark samt åtgärder som minskar utsläppen från dikad torvmark genom återvätning (se avsnitt 6.3.6).

Nettoinlagringen kan ökas genom att tillväxten ökar när åtgärder vidtas för att öka skogsproduktionen eller genom att större arealer undantas från virkesproduktion eller brukas med mer naturhänsyn. Effekten på kolsänkan beror på hur tillväxten utvecklas men också på marknadens efterfrågan på skogsråvara, vilket i sin tur påverkar avverkningsnivån.

Generellt växer aktivt brukade skogar bättre än obrukade skogar, eftersom de planteras med bättre plantmaterial och är yngre. De har dessutom en lägre naturlig avgång än oskötta skogar. Träd växer mest när de är unga, medan skogar som blir äldre (mycket äldre än gängse avverkningsålder) så småningom närmar sig ett jämviktstillstånd där tillväxten och den naturliga avgången tar ut varandra.

Skogar löper dessutom alltid risk att drabbas av skador i form av t.ex. brand, insektsangrepp, stormar och viltbete, vilket kan innebära att det kol som bundits in inte kommer samhället till nytta över huvud taget utan direkt återgår till atmosfären.

Tillväxthöjande åtgärder kan bidra till ökad kolsänka

Projektet *Samverkansprocess skogsproduktion* har tagit fram fyra underlagsrapporter som redovisar en rad åtgärder för att öka skogsproduktionen och minska risken för skador. Några av åtgärderna som redovisas i rapporten om produktionshöjande åtgärder⁶ sammanfattas nedan. Om de kommer att realiseras beror på åtgärdernas acceptans samt lönsamhet i och efterfrågan på skogsprodukter i framtiden. I rapporten framhålls också att den verkligt stora potentialen för god produktion ligger i att genomföra god skogsvård med bra föryngring, att nyttja för växtplatsen rätt trädslag och bästa möjliga plantmaterial samt att röja och gallra i rätt tid. Redan genom traditionell skogsskötsel, fast mer effektivt, erhålls alltså ökad pro-

⁶ Skogsstyrelsen (2018a).

duktion. I en av rapporterna⁷ från projektet Samverkansprocess skogsproduktion tas även dagens problem med viltskador upp samt andra biotiska och abiotiska skador som kan minska effekterna av insatserna. Enligt rapporten bedöms viltstammar i balans kunna ge en förbättrad produktion och även positiva effekter för den biologiska mångfalden.

Dikningsåtgärder omfattar dikesrensning och skyddsdikning. Markavvattningen har minskat sedan 1990-talets början och sker nu i mycket liten omfattning, och många skogsägare ser ett behov av dikesrensning. Det gällande regelverket hämmar dock aktiviteten på flera sätt. Dikesrensning på torvmark kan dessutom leda till ökad växthusgasavgång, vilket kan eliminera den klimatnytta som virket ger.

Kvävegödsling sker på cirka 30 000 hektar årligen. Kvävegödsling har en tydlig effekt på skogens tillväxt och på markens växthusgasbalans. Traditionell gödsling innebär även att timmerandelen kan öka i beståndet. Gödsling med kväve gör att mer kol binds in i marken men också att avgången av lustgas (N₂O) från marken kan öka något efter avverkning på fuktigare marker och från vatten som tar emot kväve som lakas ut från hygget. Om sådana marker undviks är dock lustgasavgången liten jämfört med den positiva effekten av inbindningen av kol i skog och mark.

Gödsling av dikad torvmark med mineralgödsel (fosfor och kalium) eller aska har hittills endast genomförts i mycket liten skala i Sverige. Inställningen är därför avvaktande till denna åtgärd och drivkraften saknas att snabbt starta upp åtgärden i större skala. Kunskapen är dock förhållandevis god om vilken tillväxtökning som kan förväntas, vilka doser av gödselmedel som krävs och vilka marker som är lämpliga att gödsla. Gödslingen kan samtidigt medföra en ökad koldioxidavgång till följd av ökad torvnedbrytning. Askåterföring till bördig fastmark ger också en viss gödslingseffekt. Detta sker i större skala i dag och kan ökas ytterligare.

Vid *behovsanpassad gödsling* baseras mängd och sammansättning av tillförd gödsel på analyser av näringsinnehåll i barrprover. Behovsanpassad gödsling innebär gödsling av relativt unga granskogar med givor av i första hand kväve kompletterat med andra näringsämnen ungefär vartannat år fram till dess att skogen sluter sig. Effekten på växthusgasbalansen är generellt densamma som för traditionell gödsling men den innebär en större investeringskostnad. Här är det främst

⁷ Skogsstyrelsen (2018b).

fråga om att få ökad volym, inte ökad kvalitet. Åtgärden förkortar dessutom den tid under vilken en avverkad yta avger mer växthus-gaser än den tar upp.

När det gäller *ökad inblandning av främmande trädslag* visar beräkningar att contortatall har högst potential nationellt när det gäller produktion på skogsmark. Hybridlärken har också en god produktionspotential främst i Götaland, men även i Svealand finns ståndorter som lämpar sig för hybridlärk. För hybridasp finns den stora produktionspotentialen med dagens plantmaterial främst på nedlagd jordbruksmark i Götaland.

Skogsträdsförädling anses vara ett effektivt sätt att höja tillväxten i skog genom att de genetiska framstegen i förädlingen nyttjas genom fröplantager.

Genom en *anpassad viltstam* skapas en bättre balans mellan viltstam och fodertillgång, så att de produktionsförluster som viltbetes-skadorna medför kan minska. Förutom att de direkta skadorna minskar tillkommer också den indirekta effekten att möjligheten att sätta rätt trädslag på rätt mark ökar. Framför allt gäller det möjligheten att ersätta gran med tall men det gäller även möjligheten att plantera lövträd på nedlagd åkermark.

Ståndortsanpassning innebär bl.a. att välja det trädslag som fungerar bäst på varje ståndort ur produktionssynpunkt. Ofta handlar det om att ersätta gran med tall i norra Sverige. Skogsproduktionen kan också ökas genom att minska andelen björk i blandbarrskogar och att ersätta gran med tall i södra Sverige, där gran planterats på tallmarker på grund av ett högt viltbetetryck. Ökad lövandel i blandskogar kan dock verka skadeförebyggande på olika sätt relativt de risker som ökar med klimatförändringarna, i form av t.ex. insekter, rotröta, stormfällning och brand. Det kan exempelvis handla om att ersätta gran med lövträd för att skydda mot brand eller med tall som har längre omloppstid och ökar sänkan.

En ökad skogsproduktion kan vara möjlig genom att man tar ut grot med barr, s.k. grön grot. Detta innebär att man kan korta hyggesvilan och få plantorna i produktion tidigare. En realistisk bedömning är att hyggesvilan skulle kunna minska med ett år i snitt över landet. Samtidigt kan gröngrotuttag försämra näringstillförseln och därmed tillväxten i ungskofsfasen.

I vilken omfattning de möjligheter till ökad produktion som beskrivs ovan kommer användas beror på många olika faktorer och är svårt att bedöma i dagsläget. De flesta tillväxthöjande åtgärderna som diskuteras i *Samverkansprocess skogsproduktion* påverkar inte andra mål negativt eller har endast liten negativ påverkan på t.ex. biologisk mångfald, om och när de utförs på lämplig plats. Åtgärder bör undvikas som får till följd att det brukade landskapet utarmas på biologisk mångfald. Behovet av avsättning av skyddad skog kan därtill öka om den biologiska mångfalden minskar i det brukade landskapet och behovet ökar av refugier dels för skogsarter som behöver återkolonisera avverkade ytor, dels för att producera skadedjursbekämpare.

Kolsänkan kan öka vid ökad naturhänsyn i skogsbruket och genom att öka arealen som undantas från virkesproduktion

Att skydda ytterligare skogsmark för att i första hand bevara skogens biologiska mångfald skulle öka kollagret på den berörda marken, åtminstone i ett kort eller medellångt tidsperspektiv. En ökning av kolsänkan totalt sett förutsätter också att den totala avverkningen minskar som en konsekvens av det ökade skyddet. Om de totala avverkningsmöjligheterna minskar leder det också till att substitutionspotentialen minskar. I rapporten om produktionshöjande åtgärder⁸ redovisas hur skogsproduktionen påverkas av dagens avsättningar, dvs. åtgärder som innebär skydd av skog genom ökade arealer naturvård, ökad generell hänsyn och ökade avsättningar. Om ett ökat skydd bedöms krävas för att Sverige ska nå internationella åtaganden om biologisk mångfald eller miljö kvalitetsmålet *Levande skogar* är det ur klimatsynpunkt bättre att det sker tidigare än senare.

SLU tog 2017 fram en rapport⁹ på uppdrag av Naturvårdsverket där man särskilt belyste kortsiktiga och långsiktiga effekter på den nationella kolbalansen och skogsproduktionen av förändrad omloppstid och ökad andel lövskog och blandskog på en relativt stor del av den produktiva skogsmarken; resultaten redovisas i nästa avsnitt. I rapporten kvantifierades även effekten på kolbalansen i levande biomassa av dels ökad respektive minskad avverkning jämfört med högsta uthålliga avverkning, dels ökad areal avsatt för naturvård.

⁸ Skogsstyrelsen (2018a).

⁹ Sveriges lantbruksuniversitet (2017).

En annan åtgärd som kan leda till minskade utsläpp och bevarande av kolsänkan på skogsmark kan vara hyggesfritt skogsbruk på torvmark, där vattennivån regleras för att bevara kolförrådet i torven utan att virkesproduktionen påverkas.¹⁰

*Kvantifiering av nettoupptag på skogsmark för olika åtgärder
– en scenariorjämförelse*

SLU har i flera sammanhang tagit fram scenarier för att beskriva utvecklingen av kolbalansen över en 100-årsperiod med olika antaganden om förutsättningarna i skogsbruket.¹¹

Här presenteras en jämförelse mellan ett referensscenario som utgår från hur skogsbruket bedrivs i dag och:

- ett scenario som beskriver konsekvenserna av att öka den produktiva skogsmarksarealen avsatt för naturvårdsändamål,
- ett scenario där omloppstiden ökas med i genomsnitt 30 år,
- ett scenario där arealen bland- och lövinblandning ökar och
- ett scenario där efterfrågan på skogsråvara ökar, vilket leder till att skogsägarna investerar i tillväxthöjande åtgärder på virkesproduktionsmark.

En viktig förutsättning i samtliga dessa scenarier, inklusive referensscenariot, är att hela den årliga tillgängliga tillväxten (högsta uthålliga avverkning) på virkesproduktionsmark avverkas. Det gör att skillnader mellan scenarierna enbart beror på förändringarna i skötsel, vilket i sin tur påverkar tillväxt och avverkning.

Den verkliga effekten av åtgärderna på kolsänkan beror både på hur tillväxten utvecklas och på marknadens efterfrågan på skogsråvara, vilket i sin tur påverkar avverkningsnivån.

Det referensscenariot som de fyra scenarierna jämförs med är det scenario som används som referens i SKA 15¹² (Skogsstyrelsens Skogliga Konsekvensanalyser) och som delvis tjänade som utgångspunkt för det första förslaget till referensnivå för skog inom ramen för LULUCF-förordningen. Referensscenariot ska inte tas som en

¹⁰ Nieminen m.fl. (2018).

¹¹ Sveriges lantbruksuniversitet (2017), Sveriges lantbruksuniversitet (2019).

¹² Skogsstyrelsen (2015a).

prognos över den mest sannolika utvecklingen, men det fungerar som referens för att jämföra effekten av olika strategier för hur skogen brukas.

Ytterligare produktiv skogsmark avsätts för naturvårdsändamål

I dag är närmare 1,4 miljoner hektar eller 5,8 procent av den produktiva skogsmarksarealen formellt skyddad. Dessutom är drygt 1,2 miljoner hektar undantagna från virkesproduktion genom frivilliga avsättningar och drygt 0,4 miljoner hektar undantagna genom hänsynsytor på virkesproduktionsmark. Därutöver är 3,2 miljoner hektar improduktiv skogsmark undtagen från virkesproduktion.

Kolsänkan i skog och mark skulle i ett kort tidsperspektiv öka om arealen skyddad produktiv skogsmark ökar, t.ex. för att främja biologisk mångfald för att nå miljömålet *Levande skogar* och för att leva upp till de internationella åtaganden som gjorts för skydd av ekosystem. I ett längre tidsperspektiv minskar effekten på kolinlagringen när tillväxten i den åldrande skogen avtar. En ökning av kolsänkan totalt sett förutsätter också att den totala avverkningen minskar som en konsekvens av det ökade skyddet. Det finns dock ingen uppdaterad analys om vilket ytterligare skydd som krävs för att uppnå miljömålen relaterat till biologisk mångfald. I den senaste fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålet *Levande skogar* efterfrågades en bristanalys om vilka arealer som krävs för att nå målet.

I ett scenario från SLU¹³ ökades arealen produktiv skogsmark som var undtagen från skogsbruk från 3,6 till 8,1 miljoner hektar. Skattningen av undtagen areal på produktiv skogsmark inkluderade skattningar av befintlig reservatsareal, hänsynsytor på all kommande hyggesareal under resten av detta sekel, samt arealen frivilligt avsatt mark. Där gjordes även simuleringen över en längre tidsperiod (200 år) för att undersöka hur lång tid den skyddade skogen fortsätter lagra in kol. Det motsvarar 35 procent av den produktiva skogsmarksarealen på cirka 23 miljoner hektar. Simuleringarna baseras på Riksskogstaxeringens provytor och principen är att de provytor som avsätts märks upp i början av beräkningarna.

Ökat skydd av skog på produktiv skogsmark resulterar enligt SLU:s beräkningar i en kraftig ökning av nettoinlagringen – upp till

¹³ Sveriges lantbruksuniversitet (2019).

17 miljoner ton koldioxid per år i genomsnitt de första 50 åren bara i biomassan. Men åtgärden minskar samtidigt avverkningsmöjligheterna kraftigt, med omkring 15 procent jämfört med referensscenariot. Den extra årliga kolinlagringen minskar över tid men kvarstår i någon omfattning åtminstone uppemot 100 år, medan den lägre tillgången på råvara består. Den skog som används till virkesproduktion skulle också bli yngre, vilket borde vara negativt för naturvärdena på den marken.

Utifrån detta scenario har en nedskalning gjorts inom ramen för utredningen. Utgångsläget är en tentativ bedömning¹⁴ om att ytterligare 1 miljon hektar skogsmark kan behöva undantas från skogsbruk på något sätt för att nå miljö kvalitetsmålet *Levande skogar*. Det faktum att det sannolikt är svårare att uppnå tillräckligt stora arealer med frivilliga avsättningar än tidigare och att det är osäkert hur avverknings faktiskt utvecklas har SLU:s scenario skalats ner till ett alternativ där 0,5 miljoner hektar produktiv skogsmark undantas från virkesproduktion.

Det nedskalade scenariot resulterar i en reell ökning av netto-upptaget i skogsmark med drygt 1 miljon ton koldioxid per år till 2030 och med drygt 3 miljoner ton till 2045, jämfört med om den undantagna arealen inte hade ökat alls. Efter 100 år är skillnaden drygt 0,5 miljoner ton koldioxid per år och efter ytterligare några tiotal år (efter 2120) har den additionella effekten av de ökade avsättningarna på kolinlagringen upphört.

Jämfört med alternativet att inte skydda mer skog blir den möjliga avverknings i genomsnitt 2 miljoner skogskubikmeter per år lägre 2020–2045, vilket motsvarar 2 procent av den genomsnittliga årliga avverknings under perioden, och närmare 2,5 miljoner skogskubikmeter per år lägre 2045–2100, vilket motsvarar 2,5 procent.

Jämfört med dagens avverkningsnivå, dvs. nivån i starten av scenarierna, minskar avverkningsmöjligheterna de första 10 åren. Därefter ökar avverkningsmöjligheterna även för detta scenario, eftersom tillväxten på virkesproduktionsmark ökar, delvis som en effekt av klimatförändringarna. Detta kompenserar för den avverkningsminskning som beror på att den skyddade arealen ökar. Eventuella negativa effekter av klimatförändringarna, vilket också kan påverka utvecklingen, inkluderas inte i modellsimuleringen.

¹⁴ Olle Höjjer, Naturvårdsverket, muntlig kommunikation (2019).

Naturhänsynen i skogsbruket ökas

Utöver att undanta produktiv skogsmark från skogsbruk finns andra skogsbruksåtgärder som främjar biologisk mångfald och andra värden och som också kan öka kolsänkan. Till exempel kan man på vissa delar av virkesproduktionsmarken förlänga skogarnas omloppstid, dvs. avverkningen skjuts några tiotal år framåt i tiden. Kolsänkan kan också öka genom att arealen löv- och blandskog ökar. SLU har gjort simuleringar av scenarier för dessa åtgärder i ett tidigare uppdrag åt Naturvårdsverket¹⁵, se presentation av resultaten nedan.

I ett av scenarierna förändrades skötseln på en del av arealen så att åldern vid föryngringsavverkning höjdes. Arealen där åtgärden implementerades motsvarar den ökade arealen i scenariot med dubbla naturvårdsarealer i SKA 15 (3,8 miljoner hektar eller drygt 16 procent av den produktiva skogsmarken). Arealen är utvald genom att provytor med höga naturvärden söks via ett index vilket är baserat på ett antal variabler som kopplar mot naturvärden, t.ex. mängd död ved, antal gamla träd och andel lövträd. Den skog där omloppstiden förlängs är alltså tydligt äldre och innehåller högre värden på naturvärdesvariabler än skog i allmänhet. Genomsnittlig ålder för föryngringsavverkning på den utvalda arealen ligger över 100 år för hela beräkningsperioden och i genomsnitt 30 år över den genomsnittliga avverkningsåldern på övrig mark.

Den ändrade omloppstiden resulterade i en ökad kolsänka med 2 miljoner ton koldioxid per år under 0–50 respektive 50–100 år. Samtidigt minskade avverkningsmöjligheterna med 2 miljoner skogskubikmeter de första 50 åren medan det inte var någon skillnad i avverkningsmöjligheter på 50–100 års sikt. Åtgärden bedöms vara positiv för biologisk mångfald och andra ekosystemtjänster.

Resultaten är i linje med andra rapporter. Samtidigt kan en mer modest ökning av omloppstiden, t.ex. 10 år, öka virkesförrådet och samtidigt bibehålla avverkningsmöjligheterna.

Att öka omloppstiden med 30 år på en så stor areal är inte realistiskt, men om åtgärden implementeras på en mindre areal, t.ex. på 0,5 miljoner hektar och med en ökning av omloppstiden med 10 år skulle det kunna resultera i en ökning av kolsänkan till 2030 och 2045 med cirka 0,2 respektive 0,1 miljoner ton. Samtidigt minskar avverkningsmöjligheterna något, åtminstone inledningsvis innan en ny

¹⁵ Sveriges lantbruksuniversitet (2017).

balans nåtts. I jämförelse med alternativet att i någon form skydda mer skog är minskningen i möjlig avverkning marginell. På vissa håll ökar förlängda omloppstider risken för skador på skogen.

Scenariot med *ökad löv- och blandskog* innebär förändrad skogs-skötsel på blöt, fuktig och frisk-fuktig mark på motsvarande 23 procent av all produktiv skogsmark. På den utvalda arealen har förnygringens metoder och val av trädslag vid röjning och gallring förändrats i förhållande till traditionell skötsel. Förnygringen av skog på den här marken sker framför allt med extensiva metoder dvs. naturlig förnygring men utan fröträd. Hälften av arealen frisk-fuktig mark har förnygrats genom gles plantering av gran som kompletterats med naturlig förnygring av andra trädslag. Röjning och gallring är utformad för att i hög grad gynna löv. Ambitionen har varit att upp till 60 procent av stammarna som lämnas kvar efter gallring ska vara björk, i den mån det finns förutsättningar för det, och att 40 procent ska bestå av övriga lövträd om förutsättningar finns.

Med en ökad andel löv- och blandskog enligt ovan bedömdes kolsänkan öka med ungefär 3 respektive 6 miljoner ton koldioxid per år under 0–50 respektive 50–100 år. Det är framför allt en effekt av att avverkningsmöjligheterna minskar. Åtgärden bedöms kunna bidra till ökad klimatanpassning samt biologisk mångfald och andra ekosystemtjänster.

Ytterligare produktionshöjande åtgärder genomförs för att öka tillväxten i skogen

Aktivt brukade skogar växer bättre, eftersom de planteras med genetiskt bättre plantmaterial och är yngre. De har dessutom en lägre naturlig avgång än oskötta skogar. Tillväxten kan ökas ytterligare genom produktionshöjande åtgärder som ger en positiv effekt, både på kolinlagringen och genom att skördad trädbiomassa används för substitution.

För att beskriva effekterna av produktionshöjande åtgärder för kolinlagring i trädbiomassa och avverkade träprodukter användes ett produktionsscenario som togs fram inom projektet SKA–VB 08¹⁶. Produktionsscenarioet i SKA–VB 08 ansågs belysa potentialen för och effekterna av en ökad virkesproduktion givet rimliga men höga

¹⁶ Skogsstyrelsen (2008).

investeringsnivåer i skogsbruket. Åtgärderna som inkluderas är framför allt ökad kvävegödsling (200 000 hektar att jämföra med dagens cirka 30 000 hektar), behovsanpassad gödsling på 1 miljon hektar (utförs inte alls i dag) och mer contortatall i stället för vanlig tall (900 000 hektar jämfört med cirka 500 000 hektar i dag). Dessutom är föryngringen mer effektiva och markberedning utförs på större arealer. Sammantaget är detta relativt omfattande åtgärder.

Scenariot användes som grund för det scenario som SLU presenterade i ett regeringsuppdrag 2019. Scenariot fick benämningen ”högre efterfrågan”, eftersom just en högre efterfrågan skulle kunna ge incitament till tillväxthöjande åtgärder.

Enligt scenariot ökar tillväxten och den möjliga avverkningen avsevärt den kommande 100-årsperioden, och eftersom hela nettotillväxten på virkesproduktionsmark avverkas blir den genomsnittliga ökningen i årlig nettoinlagring i levande biomassa över hela perioden bara 1 miljon ton koldioxid jämfört med referensalternativet där åtgärderna inte införs.

Den totala nettoinlagringen ökar med närmare 3 miljoner ton koldioxid till 2030 och med drygt 3 miljoner ton koldioxid till 2045. Samtidigt ökar den möjliga avverkningen med 2 miljoner skogskubikmeter i snitt fram till 2045 och med i snitt 12 miljoner skogskubikmeter för perioden därefter.

Det är dock inte troligt att samtliga de åtgärder som ingår i scenariot är genomförbara i praktiken om andra mål tas i beaktande. Den kortsiktiga ökningen beror t.ex. till stor del på behovsanpassad gödsling som ger en ökning på drygt 1 miljon ton koldioxid till 2030 i levande biomassa. Plantering med contortatall ger på kort sikt en ökad kolbindning, men på längre sikt sker en minskning.

Traditionell skogsgödsling ger effekt på kort sikt med en uppbyggnad av kol i både biomassa och i mark. Påverkan på den totala produktionen under hela omloppstiden blir dock relativt liten, eftersom tillväxtökningen tas ut i avverkning relativt kort tid efter utförd gödsling (10–15 år).

Flera av åtgärderna är förenade med målkonflikter, även i den omfattning som använts i scenariot, och får sannolikt inte samma genomslag som åtgärder som redan är väletablerade i skogsbruket. Om t.ex. behovsanpassad gödsling och ökningen av contortatall inte tas med i analysen blir ökningen av kolsänkan runt 1 miljon ton koldioxid 2030.

Om marknadens efterfrågan på skogsråvara ökar kommer det leda till att skogsbruket implementerar åtgärder för att möta detta behov i det korta perspektivet. På kort sikt är kvävegödning i princip den enda åtgärd som kan ha reell effekt på produktionen. Övriga åtgärder leder till produktionsökningar i ett längre perspektiv. Om efterfrågan inte skulle öka eller rentav minska blir däremot effekten av de produktionshöjande åtgärderna på nettoinlagringen större.

Det är viktigt att komma ihåg att detta är ett scenario där avverkningen sätts till den högsta uthålliga. Större tillgång på virke ger valmöjligheter om hur virket ska användas. Det kan användas till ökad substitution av fossila produkter men det kan också delvis lämnas i skogen och bidra till ett större kollager. Likaså kan det möjliggöra att andra områden kan lämnas för naturvårdsändamål och på så sätt bidra till en ökad kolsänka på de markerna.

Scenarierna visar hur olika åtgärder inom skogsbruket kan bidra till ökad kolsänka

Resultaten ovan visar att påverkan på nettoinlagringen blir relativt stor för samtliga åtgärdsscenarioer om de jämförs med ett referensscenario där inga extra åtgärder vidtas. Störst positiv effekt på nettoinlagringen fram till 2045 får scenariot där arealen undantagen från virkesproduktion fördubblas (tabell 6.2). Effekten varierar dock över tid; t.ex. ökar skillnaden mellan produktionsscenarioet och referensscenarioet på sikt medan skillnaden mellan scenariot där den undantagna arealen ökar och referensscenarioet minskar. Det beror på att brukade och relativt unga skogar växer bra men att tillväxten minskar över tid allt eftersom skogarna åldras. Det är också viktigt när resultaten utvärderas, att eventuella negativa effekter, inklusive negativa effekter av klimatförändringarna, inte inkluderas i modellsimuleringen. En ökad risk för skador på skogen av olika slag kan också påverka utvecklingen.

Den totala klimatnyttan ges inte heller enbart av nettoinlagringen i skogen utan även av de tillgängliga avverkningsvolymerna som indikerar möjligheterna till substitution i Sverige och i andra länder där svensk skogsråvara används. Det finns ingen allmänt definierad definition av substitutionsbegreppet och när det gäller hur substitutionseffekten ska beräknas, särskilt på längre sikt, är osäkerheterna stora¹⁷. I scenarierna som jämförs förutsätts att hela nettotillväxten på virkesproduktionsmark avverkas vilket leder till att avverkningsmöjligheterna minskar de första 50 åren av simuleringen i alla scenarier utom i produktionsscenarioet.

Tidigare studier har presenterat resultat från scenarier där avverkningsnivån ökats respektive minskats med 10 procent jämfört med högsta uthålliga avverkning (allt annat lika) för att illustrera en lägre respektive högre efterfrågan på skogsråvara än referensalternativet. Dessa studier visar att en minskad avverkning (10 procent lägre än högsta uthålliga avverkning) ger en kraftig ökning av sänkan medan en ökad avverkning ger en minskning av sänkan. Att avverka 110 procent av nettotillväxten, dvs. 10 procent mer än den högsta uthålliga avverkningen, med i övrigt samma förutsättningar, är dock inte långsiktigt hållbart. Därför blir effekten på sänkan mer ojämn över tiden.

Resultaten ovan illustrerar vad enskilda strategier skulle kunna innebära medan verkligheten förstås innebär att flera strategier tillämpas parallellt. Exempelvis kan produktionshöjande åtgärder på en viss del av den produktiva skogsmarken skapa utrymme för fler avsättningar utan att de totala avverkningsnivåerna påverkas.

Slutsatsen är således att det finns flera alternativ för att öka nettoupptaget i skogsmark men att konsekvensen för avverkningen också bör beaktas så att möjligheterna att nå utsläppsmål i andra sektorer och fasa ut användningen av fossila bränslen och produkter inte äventyras av brist på skogsråvara.

¹⁷ Sveriges lantbruksuniversitet (2019).

Tabell 6.2 Effekter på nettoppdrag och avverkning för olika scenarier jämfört med ett referensscenario med oförändrad skogsskötsel

Skilnad i nettoinlagring (miljoner ton koldioxidkvalenter), skilnad i avverkning (miljoner skogskubikmeter och procent) samt effekt på biologisk mångfald och substitutionsmöjligheter på kort/lång sikt (positiv=+, negativ=-)

	Nettoinlagring			Avverkning				Biologisk mångfald	Substitution
	2030	2045	2100	2020-2045		2045-2100			
Ökat skydd (4,5 Mha)	12	13	13	-17	-23%	-23	-26%	+/+	-/-
Ökat skydd (0,5 Mha)	1,3	3,1	1,1	-2	-2%	-2,5	-2,5%	+/+	-/-
Förl. omloppstid Hela potentialen	4,0	2,9	0,8	-2	2%	0	0%	+/+	-/+
Förl. omloppstid Nedskalad ¹	0,2	0,1	0,04	-0,1	-0,1%	0	0	+/+	-/+
Ökad löv- och blandskog	2,2	4,5	8,4	-4	0%	-3	2%	+/+	-/-
Ökad produktion	2,8	3,1	1,3	2	2%	12	13%	-/-	+/+

¹ Motsvarar en ökning av omloppstiden med tio år på en halv miljon hektar.

Realiserbara potentialer och vägen framåt

Den realiserbara potentialen för såväl produktionshöjande åtgärder som ökad naturhänsyn och ökat skydd av produktiv skogsmark är sannolikt stor. Ökat skydd av skog bedöms dessutom vara en nödvändig åtgärd för att uppsatta miljökvalitetsmål och internationella åtaganden om att bevara den biologiska mångfalden ska kunna nås.

Den verkliga effekten på kolsänkan beror både på hur tillväxten utvecklas och på marknadens efterfrågan på skogsråvara, vilket i sin tur påverkar avverkningsnivån. Åtgärdsalternativ för ökat skydd och större naturhänsyn minskar den möjliga leveransen av skogsråvara, medan alternativet med tillväxthöjande åtgärder leder till en ökning. Detta kan påverka skogsindustrins ekonomiska utveckling och möjligheten att ersätta material med stor klimatpåverkan och fossila bränslen (substitutionspotentialen).

I de fall där leveranspotentialen av skogsråvara minskar till förmån för ökade kollager i skogen kan klimateffekten ändå utebli, om marknaden inte minskar sin användning av skogsprodukter. Det riskerar att leda till ökad avverkning utanför Sveriges gränser.

Effekten, både på kolsänkan och på avverkningsmöjligheterna, varierar dessutom över tid. Att skydda mer skog och vidta åtgärder för ökad naturhänsyn i skogsbruket kan ge en ganska snabb effekt på kolsänkan beroende på hur den totala avverkningen påverkas och utvecklas, medan produktionshöjande åtgärder ger en reell effekt

först efter flera tiotals år. De kvantitativa resultat som diskuteras här utgår från att hela den tillgängliga tillväxten på virkesproduktionsmark avverkas, såväl i åtgärdsscenarioerna som i det jämförande scenariot, för att effekten av åtgärderna ska kunna studeras isolerat. Hur den verkliga effekten på kolsänkan utvecklas beror på efterfrågan på skogsråvara i samband med att åtgärden implementeras och på den framtida efterfrågan.

Drivkrafter finns för att förbättra skogsproduktionen generellt och för att göra skogsbruket än mer hållbart. Det ska dock beaktas att hälften av skogsmarken är privat enskild skog och att 60 procent av avverkningarna sker på sådan skogsmark. För att investeringar i skogsvårdande åtgärder ska komma till stånd krävs att investeringen är lönsam och att utfallet av investeringen känns säker. Här spelar trygghet i äganderätten en central roll. Om skogsbruket inte är lönsamt blir dessutom investeringsviljan svag även om de långsiktiga utsikterna förefaller goda. Det är därtill lättare att investera om det redan finns intäkter från verksamheter på fastigheten, än om pengar måste lånas för långsiktiga investeringar i skogsvård. Det gör att en lönsam skogsindustri på kort och lång sikt också är viktig, eftersom det ytterst är industrin och konsumenterna som sätter värdet på skogsråvarorna.

Tillväxtökningen i produktionsscenarioet ovan motsvarar cirka 30 procent av den sammanlagda tillväxtökning som bedöms åstadkommas enligt de åtgärder som listas i underlagsrapporten till *Samverkansprocess skogsproduktion*¹⁸. Det är inte orimligt att någon form av åtgärder kan komma till stånd vilket i så fall skulle innebära en reell ökning av nettoinlagringen på skogsmark till 2045.

När det gäller ytterligare skydd av skog finns ingen uppdaterad analys om vilket ytterligare skydd som krävs för att uppnå miljömålen relaterat till biologisk mångfald. Om ytterligare skogsmark undantas från virkesproduktion i samma storleksordning som i det nedskalade scenariot som presenteras ovan kan det också ge en reell ökning av nettoinlagringen till 2045.

Sammantaget bedöms åtgärder och utvecklingen på skogsmark få stor effekt på växthusgasbalansen, samtidigt som de åtgärder som diskuteras ovan för ökad produktion respektive ökat skydd av skog i stor utsträckning motverkar varandra. Det gör att åtgärder för ökad

¹⁸ Skogsstyrelsen (2018a).

virkesproduktion måste balanseras mot de åtgärder som krävs för att nå andra miljökvalitetsmål, t.ex. ökat skydd, och vice versa.

Projektet *Samverkansprocess skogsproduktion* behöver leda till att lämpliga hållbara åtgärder som gynnar kolsänkan på olika tidshorisonter kommer till stånd genom de olika insatsområden som föreslås. Samtidigt kommer strävan att nå miljömålet *Levande skogar* sannolikt leda till att större arealer produktiv skogsmark undantas från virkesproduktion, vilket också kan leda till ökad kolsänka.

Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen och Energimyndigheten har föreslagit att en bristanalys utförs inom ramen för miljömålsarbetet, vilken kan utgöra underlag för tydligare rekommendationer om hur stora arealer som behöver undantas från virkesproduktion. Den nu pågående Skogsutredningen 2019 (M 2019:02) ska enligt direktiven föreslå vilka åtgärder som behövs för att uppfylla internationella åtaganden om biologisk mångfald och klimat. Förslagen ska beakta befintligt kunskapsunderlag och behovsanalysen om skydd av skog och ökande efterfrågan på skogsråvara. När behovet av åtgärder för bevarande av biologisk mångfald fastställts anser utredningen att de åtgärder som även bidrar till ökad kolinlagring bör komma till stånd så snart som möjligt.

Frågan om åtgärder på skogsmark är alltför komplex för att denna utredning ska kunna ge ett entydigt svar på hur skogen och skogsmarken nyttjas. Givet att projektet *Samverkan skogsproduktion* och Skogsutredningen 2019 (M 2019:02) pågår och att utfallet fortfarande är oklart, väljer utredningen att inte föreslå några kompletterande åtgärder på skogsmark. Utredningen bedömer dock att båda processerna kommer leda till åtgärder som på sikt gynnar kolinlagringen på olika tidshorisonter och att skogen samtidigt kan leverera den skogsråvara som behövs i samhället i dag och i framtiden.

6.1.2 Åtgärder för ökad kolinlagring i jordbruksmark (åkermark och betesmark)

I detta avsnitt beskrivs åtgärder som påverkar kolinlagringen i brukad jordbruksmark, dvs. åkermark och betesmark som fortfarande är i bruk. Här beskrivs också i viss mån åtgärder på jordbruksmark som nyligen tagits ur bruk, t.ex. genom att de planteras med energiskog. Traditionell beskogning samt åker- eller betesmark på torvjord som åtgärdas genom återvätning beskrivs i separata avsnitt (6.3.3 och 6.3.6).

Potential för åtgärder på jordbruksmark

Ett flertal åtgärder har diskuterats för att öka inlagringen i, eller minska läckaget av, kol från brukad åkermark. I ett underlag¹⁹ till *Färdplan 2050* gjordes antagandet att det fanns en potential att öka inlagringen av kol så att utbytet av kol i mineraljordarna skulle befinna sig i jämvikt 2050. I mineraljordarna sker för närvarande en långsam ökning av kolförrådet och det finns potential att öka kolinlagringen i dessa jordar ytterligare. Dessutom finns potential att minska utsläppen från dränerad organogen jord, vilket beskrivs i avsnittet om återvätning (avsnitt 6.3.6). Detta avsnitt omfattar möjligheten att öka kolinlagringen på mineraljordar.

Många möjligheter för ökad kolinlagring i mineraljord på åkermark och betesmark

Det finns i princip två sätt att öka nettoinlagringen i åkermark – dels kan mängden tillfört kol till systemet ökas, vilket gör mer kol tillgängligt för att bindas in i jorden, dels kan läckaget av redan inbundet kol från marken minskas. I praktiken kan det därför vara svårt att kategorisera olika åtgärder, eftersom de både kan ha effekten att öka mängden tillgängligt kol och minska läckaget. Odling av fånggrödor och mellangrödor kan t.ex. tillföra mer kol till marken samtidigt som förlusten av kol genom erosion minskar.

I en rapport från SLU²⁰ redovisas effekten av olika åtgärder som påverkar inlagringen av kol i åkermark. Ett flertal åtgärder ger en positiv effekt på kolinlagringen medan andra åtgärder leder till en minskning av kollagret. De åtgärder som kvantifierats i rapporten redovisas i tabell 6.3.

¹⁹ Jordbruksverket (2012).

²⁰ Bolinder m.fl. (2017).

Tabell 6.3 Effekt på kolinlagring för olika jordbruksåtgärder

Positiva tal innebär en ökning av kolförrådet medan negativa tal innebär en minskning

	Effekt på kolinlagringen (kg kol per hektar och år)
Fånggrödor	330
Ingen halmskörd	50–300
Tillförsel av org. material	0–580
Vallodling/skyddszon	645
Betesmark och slåtteräng	45
Energiskog	450
Minskad jordbearbetning	0
Mineralgödsel	1–2 per kg tillfört kväve
Svartträda	–100

Källa: Bolinder m.fl. (2017).

Flera av de åtgärder som ökar kolinlagringen är tänkbara för att öka kolsänkan på brukad åkermark, medan åtgärder som tenderar att ge ökade utsläpp bör begränsas.

Odlingssystem med perenna grödor ger hög inlagring av kol och störst potential för kolinlagring per hektar har *långliggande vall och energiskog* (salix eller poppel).

Fånggrödor har en betydande kolinlagringspotential. Den positiva effekten består främst i en ökad tillförsel av kol från växtrester, framför allt rötter. Man kan även förvänta sig lägre kolförluster genom erosion. Användning av fånggrödor bidrar dessutom till andra sidonyttor, t.ex. minskat näringsläckage.

Tillförsel av organiskt material ökar kolförråden i marken. Tillförsel av fastgödsel ökar kolinlagringen markant, men eftersom i princip all stallgödsel redan nyttjas har detta ingen effekt på kolinlagringen på nationell nivå, så länge mängden stallgödsel inte ökar. En ökning av stallgödsel skulle dessutom innebära ökade utsläpp från djurhållningen. Tillförsel av flytgödsel genererar ingen nettolinlagring av kol.²¹

²¹ Bolinder m.fl. (2017).

Det finns även potential att tillföra andra typer av organiskt material som kan öka kolförråden i marken. En *ökad användning av biokol* skulle t.ex. kunna bidra till en långsiktig kolinlagring i åkermark som strö eller jordförbättringsmedel (se kapitel 18).

En *ökad tillförsel av mineralgödsel* ökar produktionen av biomassa och därmed också potentialen för inlagringen av kol i marken. Kvävet som tillsatts genererar dock ökade utsläpp av lustgas, vilket gör att den positiva effekten på kolinlagringen motverkas. Studier på global och europeisk nivå visar att effekten på klimatet av ökad användning av mineralgödsel på åker- och betesmark som skett över tid antas vara negativ.²²

Genom att *undvika svarträda*, dvs. låta åkermarken ligga i träda utan att marken hålls bevuxen, kan man minska läckaget av koldioxid motsvarande 100 kg kol per hektar och år.²³ För kolinlagringen är det dock generellt bra att hålla marken bevuxen under så stor del av året som möjligt. En god produktion av växter innebär att nytt kol tillförs marken samtidigt som risken för förlust av kol genom markerosion minskar.

Om *halm lämnas på åkern* kan kolinlagringen öka i marken. Det finns t.ex. en stor potential att öka inlagringen av kol genom att inte skörda halm från majs. Den mesta majsen används dock som ensilage och det blir väldigt lite skörderester.

Minskad eller ingen jordbearbetning alls genom s.k. plöjningsfritt jordbruk har ofta framförts som en metod för att öka kolinlagringen i åkermark. Dessa åtgärder ger dock ingen eller liten ökad kolinlagring under svenska förhållanden.²⁴ Tillgängliga uppskattningar av potentialen att öka inlagringen av kol genom minskad jordbearbetning är till stor del baserade på fältförsök i Nordamerika, och minskar också eftersom skördarna bedöms bli i genomsnitt 5 procent lägre med minskad jordbearbetning. Senare studier konstaterar att plöjningsfritt jordbruk ökar kolförrådet i matjorden medan det minskar i alven i motsvarande omfattning. Sammantaget har metoden därmed liten påverkan på kolförrådet sett över hela jordprofilen. Metoden är dock sannolikt lämplig på marker med ökad risk för erosion. Dessutom minskar behovet av arbetsmaskiner, vilket resulterar i minskade utsläpp av fossila bränslen från arbetsmaskiner.

²² de Vries m.fl., (2011), Zaehle m.fl. (2011), Henderson m.fl. (2015).

²³ Bolinder m.fl. (2017).

²⁴ Bolinder m.fl. (2017), Kätterer m.fl. (2012).

Det finns inga åtgärder som kan tänkas öka inlagringen av kol i svenska naturbetesmarker utan att tillföra näring. En ökad tillförsel av näring skulle dock dels öka utsläppen av lustgas, dels ha en stor negativ påverkan på den biologiska mångfalden och på läckaget av kväve. Eftersom svenska betesmarker redan har relativt stora mängder kol inbundet i marken bör åtgärderna snarare bevara existerande kolförråd i naturbetesmarker än att lagra in ytterligare kol i existerande naturbetesmarker.²⁵

Analyserna ovan beskriver inte hur kolsänkan kan komma att utvecklas över tid till följd av de olika åtgärderna; klart är dock att vissa av åtgärderna kommer att bidra till ökad kolsänka på kort sikt medan andra åtgärder bidrar till ökad kolsänka på längre sikt, och så småningom kommer ökningen av kolsänkan att upphöra för samtliga åtgärder, när markerna har uppnått en ny kolbalans.

Agroforestry innebär möjligheter att öka kolinlagring i träd och buskar på åker- och betesmark

Trots de klimatmässiga, företagsekonomiska och skogsindustriella fördelarna med beskogning påverkas genomförbarheten av att landskapsvärdet försämrans.

En möjlig lösning kan då vara agroforestry som innebär att mängden träd och buskar i odlingslandskapet eller på betesmark ökar. Agroforestry har i internationella sammanhang visat sig ha positiva effekter på biologisk mångfald och näringsutnyttjande samt som skydd mot torka och markerosion, förutom att det sker en ökad inlagring av kol. Sådana system är ännu ovanliga i Sverige men skulle kunna ha en potential för inlagring av kol i svenska odlingsmarker genom alléodlingar, lähäckar och vedartade buffertzoner.²⁶ Agroforestry kan alltså vara en lämplig kompromiss mellan å ena sidan ökad virkesproduktion med dess industriella och klimatmässiga fördelar och å andra sidan intresset att bibehålla ett relativt öppet och variationsrikt landskap även i skogsbygder.

²⁵ Garnett m.fl. (2017).

²⁶ Söderberg (2018), Hellman (2017).

I underlaget till *Färdplan 2050* gjordes ett antagande om en ökning av antalet träd med 25 skogskubikmeter per hektar på 275 000 hektar permanent betesmark, samtidigt som marken fortsatt kan användas till bete. En ökning av trädandelen i denna omfattning skulle leda till en inbindning av kol på 0,4 miljoner ton koldioxid per år under en 40-årsperiod.²⁷ Åtgärden lyfts även som en möjlig åtgärd i bakgrundsmaterialet till regeringens klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige.²⁸ Motsvarande effekt per hektar skulle även kunna erhållas om åtgärden implementeras på åkermark.

Kolinlagringen upphör när trädens biomassa inte längre ökar, men i uthållig virkesproduktion där avverkad träd ersätts med nyplantering förblir den inlagrade kolmängden konstant på lång sikt. En ökning av antal träd per yta på betesmark påverkar dock betesproduktionen. Det är dessutom osäkert hur stor nettoeffekten på kolbalansen blir, eftersom betesavkastningen radikalt minskar.²⁹

Beskogning genom agroforestry begränsas också av olika jordbrukspolitiska styrmedel som innebär att det finns strikta begränsningar för hur mycket träd det högst får finnas i betesmarker som berättigar till gårdsstöd. Detta i kombination med att markägaren går miste om gårdsstöd, miljöersättningar och kompensationsbidrag om träd planteras på åkermark gör att agroforestry för närvarande är företagsekonomiskt dåliga alternativ i Sverige.

Hur kolförråden och kolsänkan utvecklas över tid när träd planteras på jordbruksmark genom traditionell beskogning beskrivs mer under avsnittet om beskogad mark (se avsnitt 6.3.3).

Energiskogsodling och beskogning med snabbväxande trädslag kan öka kolilagringen i marken och bidra med förnybar råvara

Energiskogsodling omfattar i dag cirka 10 000 hektar varav uppskattningsvis uppemot 3 000 hektar utgörs av hybridasp och poppel; arealen poppel ökar kontinuerligt.

Hög tillväxt och kort omloppstid kan öka intresset för energiskogsodling och andra snabbväxande trädslag, och studier har visat att återbeskogning av åkermark kan fungera som kolsänka redan efter några år. Energiskog avverkas ungefär vart femte år, och ett

²⁷ Jordbruksverket (2012).

²⁸ SOU 2016:47.

²⁹ Kumm (2013b).

bestånd av hybridasp eller poppel på jordbruksmark kan slutavverkas redan efter 25 år – ibland ännu tidigare. Poppel och hybridasp, och även andra snabbväxande trädslag, kan bli värdefulla komplement i den svenska trädfloran. Tillgängligt plantmaterial av poppel har dock huvudsakligen testats för södra Sverige, och därför är rekommendationerna för både hybridasp och poppel att använda materialet på platser med relativt mildt klimat i södra Sverige upp till Mälardalen. Produktionen kan ligga på drygt 25 skogskubikmeter per hektar och år för de mest högproducerande bestånden, vilket innebär en kolinlagring på cirka 5 ton kol per hektar och år.

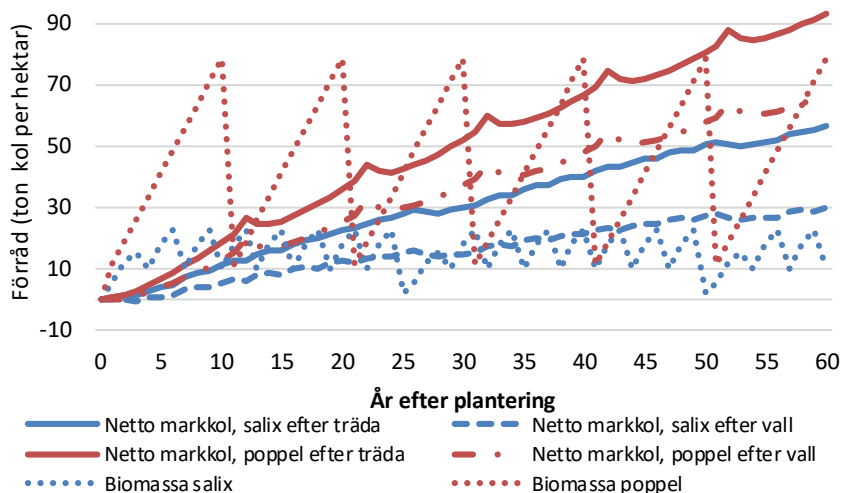
Virket från salix och poppel i Sverige används huvudsakligen som biobränsle, men poppel kan även levereras som massaved. Asp och hybridasp har något större avsättningsmöjligheter. Resultaten från befintliga studier pekar på att hybridasp har möjlighet att uthålligt leverera stora mängder vedbiomassa per arealenhet för olika ändamål.³⁰

Ekonomi för en nyplanterad odling ser olika ut för respektive plats, odling och geografiskt område, eftersom den beror på prisområdet, konkurrensen på den lokala marknaden, vilken skötsel och skördestrategi som valts och hur stor investering som gjorts. De snabbväxande lövträden kräver intensiv skötsel och är även känsliga för viltskador.

Nyligen utförda simuleringar av plantering av salix och poppel på tidigare åkermark visar att kolinlagringen i marken kan öka med i genomsnitt cirka 800 kg kol per hektar och år för salix och med cirka 1 400 kg kol per hektar och år för poppel över 25 år (figur 6.2). I dagens redovisningssystem, så som det tillämpas av Sverige, räknas energiskogsodling (t.ex. salix och poppel) som jordbruksgröda, och då inkluderas inte inlagringen i biomassa i redovisningen av utsläpp och upptag. Det gör att endast den positiva effekt som uppnås för kolinlagringen i marken räknas med i effekten av den kompletterande åtgärden.

³⁰ Rytter m.fl. (2016).

Figur 6.2 Utveckling av kolförråd i biomassa och mark vid plantering med salix och poppel



Källa: Bolinder m.fl. (2019) och egen bearbetning.

Sammanvägda effekter av vissa åtgärder på brukad åkermark och betesmark

Tabell 6.4 ger en lite bredare schematisk beskrivning av de olika åtgärdernas uppskattade effekter på kolsänka på kort och lång sikt, livsmedelsproduktion, potentiell substitution, biologisk mångfald samt minskad övergödning. Effekten jämförs med ett referensfall där den aktuella åtgärden inte vidtagits och redovisas på en mycket grov skala – större kolinlagring (+), ingen skillnad (0) och mindre kolinlagring (-) jämfört med referensfallet.

Effekten på kolinlagring på lång sikt är dock mycket osäker, bl.a. eftersom kolförrådsförändringar längre ner i jordhorisonten under matjorden sker långsamt och det inte finns så stort vetenskapligt underlag om jordbruksåtgärders effekter på kolförrådsförändringar i de djupare jordlagren.

Bedömningen av effekter på livsmedelsproduktionen avser effekten på den aktuella odlingsarealen. För livsmedelsproduktionen är det av avgörande betydelse om åtgärden utförs på överbliven mark eller inte. Livsmedelsproduktionen påverkas t.ex. inte om odling av energiskog och återvätning av organogen mark sker på övergiven mark som inte längre odlas.

Effekten på bioenergi är osäker och beror bl.a. på vilken typ av biomassa som efterfrågas och vilka fossila produkter som ersätts. Det är i princip tekniskt möjligt att använda all sorts biomassa i bioaffinaderier och kraftvärmeverk. Exempelvis kan vallodling, kantzoner och våtmarker bidra med biomassa som kan rötas och bli biogas, medan vedartad vegetation kan användas i kraftvärmeverk.

Observera att tabellen nedan är schematisk och innehåller stora osäkerheter.

Tabell 6.4 Schematisk beskrivning av jordbruksåtgärders effekter på kolsänka på kort sikt (0–50 år) och lång sikt (50–100 år), livsmedelsproduktion, potentiell substitution, biologisk mångfald och minskad övergödning

Åtgärd	Kolsänka 0–50 år	Kolsänka 50–100 år	Livsmedels- produktion	Bioenergi	Biologisk mångfald	Minskat närlingsläckage
Vallodling	+	0	0	0/+	+/-	+
Skyddszon vall, buskar	+	0	-	0/+	+	+
Skyddszon allé, träd	+	+	-	0/+	+	+
Fånggrödor	+	0	0/-	0/+	+	+
Energiskog omloppstid 25 år	+	+	0/-	+	-/0/+	+
Tillförsel av stallgödsel	+	0	0	0	0	0/-
Tillförsel av rötslam	+	0	0	0	0	0/-
Ingen halmskörd	+	?	0/+	-	0	?
Tillförsel av biokol	+	+	?	-/0/+	0	?
Agroforestry	+	+	0	+	+	+

När det gäller ekologisk odling är det för närvarande praktiskt taget omöjligt att kvantitativt jämföra kolinlagring i mark för ekologiska respektive konventionella odlingssystem, eftersom flera faktorer ändras samtidigt och det är svårt att definiera systemgränserna.³¹ Skillnaden mellan ekologisk och konventionell odling avgörs snarare av hur åtgärderna påverkar arealen och under hur stor del av året ytan är bevuxen. En större andel vall i odlingssystemet är positivt, vilket är vanligt på många ekologiska gårdar men så är fallet även på andra gårdar.

³¹ Kirchmann m.fl. (2016).

Markanvändningen kan förändras och skapa möjligheter för åtgärder för ökad kolsänka

De åtgärder som utredningen lyfter fram avser framför allt befintlig jordbruksmark eller jordbruksmark som redan tagits ur bruk, men den framtida utvecklingen av åkermarkens användning är också av betydelse.

I de scenarier³² som beskriver utvecklingen av åkermarkens användning om inga ytterligare styrmedel införs, eller där Livsmedelsstrategin³³ följs, leder till att den totala åkermarksarealen minskar med cirka 200 000 hektar till 2045. Scenarierna baseras på modellberäkningar över utvecklingen av det svenska jordbruket fram till 2045. Modellberäkningar har gjorts för fyra år – 2017, 2020, 2030 och 2045 – med datamodellen SASM (Swedish Agricultural Sector Model) som är en matematisk modell för jordbruket i Sverige. SASM beaktar de viktigaste produktionsgrenarna, tillgång och priser på insatsmedel, förädling av produkter till handelsvara, efterfrågan av olika livsmedel samt transportkostnader såväl inom Sverige som vid import och export.

Grundscenariot för 2017 visar ett läge med nuvarande utformning av EU:s gemensamma jordbrukspolitik, där modellen har kalibrerats för att överensstämma med det verkliga utfallet. Även övriga scenarier bygger inledningsvis på nuvarande jordbrukspolitik men i kombination med den prisprognos som OECD och FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation FAO har gjort för jordbruket fram till 2027.³⁴ I ett andra steg ändras förutsättningarna för 2030 och 2045, så att målen i Livsmedelsstrategin kan nås.

Bland de scenarier som används här finns alltså inte några scenarier som utgår från antaganden om att större förändringar sker jämfört med nuvarande trender. Framtidsscenarierna bygger på att nuvarande jordbrukspolitik består eller ersätts med något snarlikt. Sänkt ersättning till betesmarker skulle troligen innebära att färre marker hålls i hävd. Sänkt gårdsstöd skulle också kunna innebära att åkermark som inte är lönsam att odla planteras med skog i stället för att putsas och behållas som långliggande träda. Detta kommer sannolikt inte tillåtas utan förändringar av stöd eller andra åtgärder. I scenarierna hanteras detta genom att en restriktion har lagts in som innebär att arealen betesmark som hålls i hävd och arealen åkermark inte

³² Jonasson (2019).

³³ Prop. 2016/17:104.

³⁴ OECD/FAO (2018).

får minska mer än den långsiktiga trenden för minskning av arealen jordbruksmark, dvs. med högst 8,1 procent fram till 2045.

Antaganden om efterfrågan av jordbruksprodukter från svenska konsumenter bygger på konsumtionen 2017. Ett flertal produkter antas ha oförändrad efterfrågan per person, och de förändringar av konsumtionen som uppstår beror därför främst på befolkningsökning och ändrade priser. Båda dessa antaganden leder i huvudsak till ökad efterfrågan.

En annan viktig del som påverkar resultaten är teknikutvecklingen, vilken återspeglas i produktivitet utvecklingen i termer av ökad avkastning och lägre behov av arbetskraft och andra insatsmedel. Den förväntade utvecklingen till 2045 baseras till stor del på den historiska trenden i Sverige.

Den framtida utvecklingen av jordbruksmarkens användning enligt dessa scenarier framgår av tabell 6.5.

Tabell 6.5 Beräknad markanvändning 2045

Markanvändning för referensscenariot (REF) och för Livsmedelsstrategin (Strat.) och förändring jämfört med dagens arealer (1 000 ha)

	2017	2045 REF	Förändring	2045 Strat.	Förändring
Vall, grönfoder	1 129	619	-510	700	-430
Höstsäd	391	408	17	391	0
Vårsäd	648	563	-84	539	-108
Oljeväxt	100	101	0	111	11
Träda, gröngödsel	130	509	379	456	326
Socketbetor	31	28	-3	28	-3
Potatis	23	31	7	26	3
Övriga grödor	107	93	-13	101	-6
Åker totalt	2 559	2 353	-206	2 353	-206
Betesmark (hävdad)	453	416	-37	453	0

Källa: Jonasson (2018).

Realiserbar potential för åtgärder på jordbruksmark i olika stadier av brukande

Den realiserbara potentialen för åtgärder som kan öka kollagret i jordbruksmark är stor. Som nämnts ovan kommer vissa åtgärder bidra till ökad kolsänka på kort sikt medan andra åtgärder bidrar till ökad kolsänka på längre sikt. Så småningom kommer dock ökningen

av kolsänkan att upphöra för samtliga åtgärder, när markerna har uppnått en ny kolbalans.

Stora arealer jordbruksmark bedöms finnas tillgängliga för alternativa brukningsformer – dels mark som tagits ur produktion tidigare, och som i många fall börjat växa igen, dels mark som rent beslutsmässigt tagits ur produktion och mark där markägaren valt att inte inkomma med en samordnad ansökan om jordbrukarstöd (SAM-ansökan). Marken ligger då i en långvarig träda och kommer successivt att passivt beskogas. Det handlar även om mark som bedöms tas ur produktion de kommande decennierna enligt scenarier framtagna av Jordbruksverket och Naturvårdsverket (se avsnittet ovan). Arealen som tas ur bruk följer i stort den historiska trenden.

Uppskattningar av den globala livsmedelsförsörjningen pekar på stora behov av livsmedelsproduktion på nordliga breddgrader. Dessutom försvinner mycket stora arealer åkermark globalt redan nu. Scenarierna som tagits fram av Jordbruksverket och Naturvårdsverket förutsätter att mer livsmedel produceras på mindre areal samt på dagens bedömning av framtida efterfrågan och prisutveckling på jordbruksprodukter.

Med hänsyn till de stora osäkerheter som råder om behoven av åkermark för livsmedelsproduktion omfattar de åtgärder som diskuteras här framför allt befintlig jordbruksmark och jordbruksmark som redan tagits ur bruk.

Av de åtgärder på jordbruksmark som beskrivs i tidigare avsnitt bedöms ökad användning av fånggrödor och mellangrödor vara det alternativ som är mest gångbart, eftersom stöd redan ges inom ramen för landsbygdsprogrammet. Åtgärden är dessutom väl etablerad, dock inte som klimatåtgärd utan för att minska näringsläckaget. Stödet nyttjas inte fullt ut och potential finns för etablering av fånggrödor på större arealer. Ökad användning av fånggrödor kan ge en ökad kolinlagring på 330 kg kol per hektar och år, vilket innebär en ökning av nettoupptaget med 0,5 miljoner ton koldioxid om 400 000 hektar nyttjas för åtgärden. Denna areal nämns i bedömningar gjorda av bl.a. Hushållningssällskapet, och i den nyligen publicerade rapporten från Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien³⁵ IVA nämns en ännu större möjlig areal.

³⁵ Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien (2019).

När det gäller agroforestry görs en försiktig bedömning att cirka 50 000 hektar bör kunna nyttjas för åtgärden, åkermark och betesmark sammantaget. Det skulle kunna ge en extra inlagring med 0,1 miljoner ton koldioxid 2045 om inlagringen per hektar motsvarar 25 procent av inlagringen för traditionell beskogning (se avsnitt 6.3.3). En del av detta kan vara en ökning av trädandelen på redan glest trädbevuxen betesmark och en del kan vara plantering av träd på öppen mark, drygt 60 procent av betesmarken är i dag helt öppen och knappt 20 procent mycket glest trädbevuxen. Ytterligare en del kan utgöras av plantering av träd i anslutning till jordbruksmark, t.ex. alléodlingar, lähäckar och vedartade buffertzoner.

Vilka marker som kan vara lämpliga för agroforestry bör bedömas utifrån landskapsbild och förutsättningar för biologisk mångfald. Exempelvis bör marker med höga värden knutna till fältskiktet undvikas. Då kan det vara bättre att nyttja öppna marker som tidigare varit odlade. I naturliga betesmarker kan träd- och buskskiktet ibland tillåtas öka utan att värden spolieras. Samtidigt pågår arbete med skötselplaner för att öppna upp vissa betesmarker. Med hänsyn till detta görs därför en försiktig bedömning om tillgänglig areal för åtgärden där den kan implementeras på ett rationellt och effektivt sätt.

Jordbruksmark som inte längre används för livsmedels- och foderproduktion kan nyttjas på flera sätt för att bibehålla eller öka markens kollager. Den kan t.ex. användas till vallodling, energiskogsodling eller beskogning med traditionella skogsträdslag. (Energiskogsodling och beskogning beskrivs i avsnitt 6.3.3).

Den totala arealen mark som är i jordbruksproduktion bedöms i Jordbruksverkets och Naturvårdsverkets scenarier minska med cirka 200 000 hektar till 2045 (se nedan), där den största arealminskningen sker av mark som används för vall och grönfoder. Sett ur ett nationellt perspektiv är det den relativa fördelningen mellan vall och ettåriga grödor som styr kolförråden i svensk åkermark, och en stor del av den areal som antas tas ur bruk används alltså för vallodling. För att inte förlora det kol som redan är bundet bör en stor del av denna areal fortsatt användas för vallodling. Det finns också en miljöersättning för vallodling i landsbygdsprogrammet som gör att det redan finns skäl för markägare att fortsatt odla vall.

Den mark som används för odling med ettåriga grödor som tas ur bruk antas övergå i grüngödsling eller träda, vilket kan ha en viss positiv påverkan på kolförrådet i marken. Denna areal skulle också

kunna tas i anspråk för vall eller annan gröda med samma positiva egenskaper för kolinlagringen för att ytterligare öka kolinlagringen.

Energiskog odlas på närmare 10 000 hektar; drygt 70 procent av denna areal är salix. Energiskogsodling på åkermark berättigar till gårdsstöd och i landsbygdsprogrammet 2014–2020 finns också ett investeringsstöd för plantor och plantering av poppel och hybridasp. Bedömningen är att energiskogsodling skulle kunna öka från dagens cirka 10 000 hektar till 40 000 hektar på mark som inte längre används för andra jordbruksgrödor genom riktad rådgivning och information om vilka stöd som kan sökas. Nyligen gjorda simuleringar av plantering av salix och poppel på åkermark visar att inlagringen av markkol över en 25-årsperiod kan öka med i genomsnitt cirka 800 kg kol per hektar och år för salix och med cirka 1 400 kg kol per hektar och år för poppel.³⁶ Dessutom genererar odlingen betydande mängder biomassa som i första hand kan användas som bibränsle; poppel kan även användas som massaved. I dagens redovisningssystem räknas energiskogsodling som jordbruksgröda, och då inkluderas inte inlagringen i biomassa i redovisningen av utsläpp och upptag. Det gör att endast den positiva effekt som uppnås för kolinlagringen i marken räknas med i effekten av den kompletterande åtgärden.

Totalt skulle åtgärden kunna ge en ökad nettoinlagring (endast markkol) på mellan 0,1 och 0,3 miljoner ton koldioxid 2045, om etableringen av hela arealen (40 000 hektar) sker 2020–2025. Den lägre siffran motsvarar plantering med salix på mark där det tidigare odlades vall medan den högre siffran anger plantering med poppel där marken redan lagts i träda. Figur 6.2 visar utvecklingen av kolförrådet vid energiskogsodling där skillnaden mellan de olika alternativen i uppbyggnad av kolförrådet i marken både påverkas av den tidigare markanvändningen och på vad som planteras, i detta fall salix eller poppel på mark som lagts i träda eller som tidigare odlades med vall.

Åtgärdskostnader för åtgärder på jordbruksmark

Kostnadsberäkningar för olika åtgärder på jordbruksmark och jordbruksmark som tagits ur bruk baseras på olika rapporter om kostnader och intäkter för olika produktionssystem men också på egna beräkningar. Resultaten varierar stort beroende på alternativkostna-

³⁶ Bolinder m.fl. (2019).

den (eller alternativintäkten) för den aktuella marken. Jämförelser för energiskog har gjorts med stöd av Jordbruksverkets kalkyler för energigrödor.

Kostnaden för att inkludera fånggrödor och mellangrödor har uppskattats till cirka 200–700 kronor per kg koldioxid. Uppskattningen baseras på en genomsnittlig inlagring av 0,33 ton kol per hektar och år, vilket motsvarar cirka 1,2 ton koldioxid per hektar och år, samt på bidragskalkyler från Länsstyrelsen i Västra Götalands län där kostnader för fånggrödor (cirka 200 kronor per hektar) och mellangrödor (cirka 800 kronor per hektar) anges.³⁷ Inga additionella nyttor har värderats, dvs. fånggrödan/mellangrödan antas i beräkningen inte generera några extra intäkter.

Baserat på Jordbruksverkets kalkyler för energigrödor³⁸ genererar energiskogsodling en intäkt om alternativkostnaden är träda. Används vall som alternativ varierar resultatet mellan en kostnad på närmare 1 000 kronor per hektar och år och en intäkt på närmare 800 kronor per hektar och år. Resultatet varierar alltså stort, beroende på skötselsystem och skördarnas storlek. Det genomsnittliga resultatet för vall som alternativ markanvändning är en kostnad på cirka 500 kronor per ton koldioxid för energiskog baserat på genomsnittlig kolinlagring på 2,8 ton koldioxid per hektar och år för salix och 5 ton koldioxid per hektar och år för poppel.

Kalkylerna som använts i uppskattningarna antar en fältstorlek på 6 hektar. Enligt en rapport från SLU³⁹ varierar lönsamheten för olika grödor med fältstorleken, och det är sannolikt att många av de marker som kan komma ifråga, dvs. marker som tagits ur produktion eller är på väg att tas ur produktion, är marginalmarker där fältstorleken är relativt små och där avstånden till den aktuella marken också påverkar kostnaderna för brukandet. Ur ett ekonomiskt perspektiv har arronderingen stor betydelse för vad marken ska användas till. Produktionskostnaderna är höga på marginalmarkerna, vilket gör att det blir dyrt per kg livsmedel att använda dessa för livsmedelsproduktion.

³⁷ Länsstyrelsen Västra Götalands län (2018).

³⁸ Jordbruksverket (2018a).

³⁹ Nilsson och Rosenqvist (2019).

Agroforestry kan sannolikt generera en intäkt om biomassan skördas; intäktsstorleken beror dock på vilken typ av biomassa det handlar om. Åtgärden kan också utgöra en kostnad på närmare 100 kronor per ton koldioxid om huvudsyftet är att träden ska stå kvar. Utgångsläget är en ungefärlig kostnad för plantering och markberedning på totalt cirka 12 000 kronor samt en genomsnittlig inlagring på 130 ton koldioxid Uppskattningen är mycket osäker men storleken bör vara rimlig.

Effekter på andra miljömål av föreslagna åtgärder på jordbruksmark

En fånggröda odlas i syfte att minska växtnäringsförlusterna efter huvudgrödans skörd, men den har också andra positiva egenskaper som att öka den biologiska mångfalden, minska erosion och förbättra markstrukturen. Mellangrödor odlas när odlingsmarken ligger obrukad med liknande syfte som fånggrödor men har fler sidonyttor. Exempelvis har blommande mellangrödor potential att bidra med pollen och nektar till nyttoinsekter, vilket ökar insekternas närvaro i jordbruket; att marken hålls bevuxen en större del av säsongen kan också innebära ett skydd och möjligheter till övervintring. Ett ökat antal nyttoinsekter i odlingen bidrar också till minskat behov av kemisk bekämpning. De mellangrödor som främst odlas i Sverige tillhör samma växtfamiljer som de vanligaste huvudgrödorna, vilket potentiellt kan leda till problem, t.ex. spridning av skadeinsekter och svårigheter att hålla goda växtföljder. Vissa mellangrödor kan behöva avdödas innan sådd av nästa gröda, vilket kan öka användningen av växtskyddsmedel. Odling och skörd av mellangrödor har också potential att bidra med hållbar råvara för biogasproduktion.

Agroforestry på jordbruksmark kan bl.a. innebära plantering av vindskydd och alléer såväl som att en ökad andel träd och buskar integreras med odling eller djurhållning. För att förhindra att förutsättningarna att nå andra miljö kvalitetsmål försvåras är det dock av stor vikt att rätt marker och rätt trädslag används till agroforestry.

Agroforestry har också potential att bidra till ökad biologisk mångfald, ökad kolinlagring, högre produktivitet och förbättrat näringsflöde. Dessutom ökar möjligheten till bättre skadedjurs- och ogräsbekämpning. En mosaik av öppen betesmark och spridda träd-dungar och skogspartier har dessutom i många fall högre biologiska

värden än helt trädfria betesmarker, särskilt om dungarna och skogspartierna omges av bryn med buskar.

Med den diversifiering av jordbrukslandskapet som agroforestry innebär ökar antalet habitattyper. Med detta följer också en större mångfald av växter, djur och mikroorganismer med krav på andra livsbetingelser än åkermarken med sina många upprepade störningar. Agroforestry kan även skapa biologiska korridorer mellan andra habitat, t.ex. skogspartier, vilket förbättrar möjligheten för många arter att föröka sig i landskapet. I ett större perspektiv kan agroforestry också bidra till att förhindra förlust av naturliga habitat. För att verkligen öka den biologiska mångfalden krävs dock att systemen utformas på ett lämpligt sätt.

Energiskogsodling med salix eller andra snabbväxande lövträd på åkermark kan tillföra ökad biologisk mångfald i ett landskapsperspektiv, särskilt om alternativet är spannmålsodling, granskogsplantering eller träda på åkermark i homogena jordbrukslandskap. Lokaliseringen av energiskogsodlingen är också viktig.⁴⁰

I ett öppet odlingslandskap har energiskogen mer att tillföra för många arter, och närhet till naturliga skogsbestånd eller grupper av äldre, inhemska lövträd ger bättre förutsättningar för både växt- och djurarter att sprida sig in i energiskogen. Det intensiva jordbruket leder däremot till homogena landskap som kan missgynna artrikedomen och därmed målet om ett rikt växt- och djurliv. När energiskog etableras i anslutning till skogsmark, väg eller vatten kan odlingarna dessutom bidra med vindskydd och ökad variation i landskapet samtidigt som de knyter samman områden, vilket gynnar den biologiska mångfalden. Omgivningen har stor betydelse eftersom fåglar, insekter och även växter har lättare att sprida sig in i skogsplanteringar om ett naturligt skogsbestånd finns i närheten.

Med hänsyn till den korta omloppstiden för intensivodlingar av salix kan odlingar av poppel och hybridasp därtill vara fördelaktiga ur biodiversitetssynpunkt, eftersom det tar tid för mer svårspredda arter att kolonisera odlingen. När det gäller fågelarter beror biodiversiteten till stor del på var i landskapet odlingen sker och beståndens storlek, och småvilt som harar och kaniner uppehåller sig gärna i bestånd av salix. Salix kan också fungera som pollenkälla för insekter tidigt på våren. Artrikedomen påverkas i stor utsträckning av

⁴⁰ Weih (2006).

odlingens areal, och enligt Niemi m.fl.⁴¹ blir artrikedomen större om odlingen utformas som flera små odlingar i stället för en stor odling.

Även om det kan finnas positiva effekter med energiskogsodling, är det dock viktigt att odlingarna inte anläggs i skyddsvärda naturmiljöer, t.ex. på den kvarvarande åkermarken i en alltmer sluten skogsbygd, på ängs- och betesmarker och andra landskapsområden där värdefull biologisk mångfald eller där andra naturmiljövärden riskerar att skadas.

6.1.3 Öka kolsänkan genom beskogning

Jordbruksmark har i stor utsträckning omförts till skog, antingen passivt genom igenväxning eller genom aktiva skogsbruksåtgärder. På 1960-talet planterades t.ex. mycket gran på åkermark.

Effekten av beskogning beror av vad som planteras och på vilken mark den sker, där inlagring i biomassa i snabbväxande skog tidigare kommer att kunna kompensera för utsläpp från marken jämfört med mer långsamtväxande trädslag. Effekten av beskogning för ett enskilt bestånd är inlagring under första omloppstiden men den kvarstår så länge marken återbeskogas. Den totala effekten i ett landskapsperspektiv eller nationellt perspektiv kan öka så länge ny mark beskogas. Den långsiktiga nyttan är framför allt inlagring av kol i mark och substitutionsnyttan av den producerade biomassan, eftersom biomassan hela tiden omsätts och marken återplanteras.

Även om fokus här är kolinlagring så är det viktigt att också beakta andra värden när aktiva åtgärder vidtas. I jordbrukslandskapet bör fokus i stor utsträckning vara andra trädslag än gran, för att främja landskapsbild och biologisk mångfald. Det slutliga valet av trädslag och åtgärdens omfattning bör till stor del avgöras av landskapet omkring där åtgärden sätts in.

Potential för beskogning

Eftersom arealen aktivt brukad jordbruksmark har minskat kraftigt de senaste årtiondena, cirka 10 procent sedan 1990, finns det redan överskottsmark som skulle kunna beskogas aktivt. Samtidigt skapas ofta naturvärden när dessa marker långsamt växer igen av sig själva.

⁴¹ Niemi, Hjulfors och Hjerpe (2014).

Dagens jordbrukspolitik innebär också att det blivit vanligare med trädaperioder och perioder med bete, vilket gör det svårare att sätta gränsen mellan aktivt och passivt brukad jordbruksmark.

Att aktivt beskoga jordbruksmark som fortfarande är i produktion är dock olämpligt, eftersom detta skulle kunna konkurrera med livsmedels- och foderproduktion samt ibland också vara negativt för landskapsbilden. I dessa fall kan agroforestry vara ett alternativ till traditionell beskogning för att ändå öka trädandelen i landskapet.

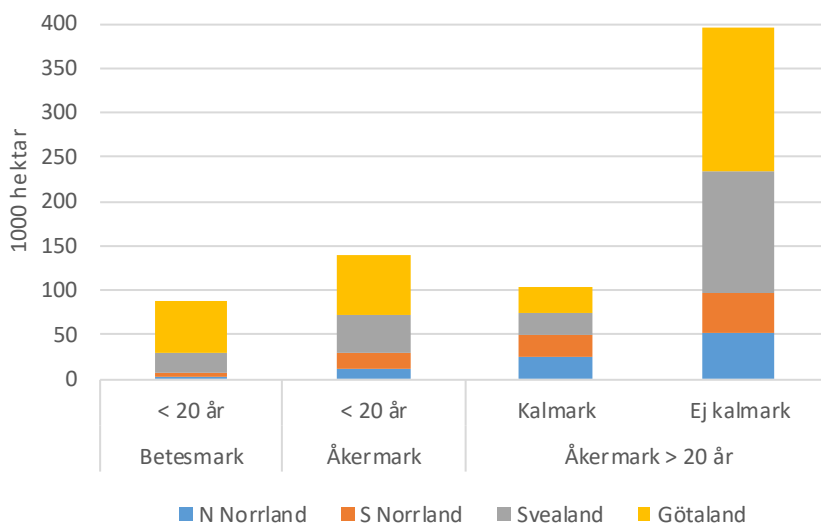
I olika nationella utblickar om framtida behov av åkermark i Sverige dras slutsatsen att en betydande areal kan bli tillgänglig för beskogning, både genom att produktion av jordbruksgrödor blir olönsamt och genom att arealen inte behövs för livsmedelsförsörjningen, bl.a. beroende på utvecklingen vad gäller konsumtionen av kött och mejeriprodukter. Även åkermark som ligger i långliggande träd- och betesmark där trädandelen skulle kunna öka parallellt med att marken fortsätter betas, dvs. agroforestry, är lämplig för beskogning.

Jordbruksverket, Skogsstyrelsen och SLU har tidigare uppskattat den tillgängliga arealen till 400 000 hektar under en 30-årsperiod.⁴² Uppskattningen inkluderar både mark som tagits ur bruk men som inte beskogats och mark som bedöms tas ur bruk de kommande 30 åren. Nya uppgifter från SLU pekar på att närmare 150 000 hektar åker- och betesmark som enligt Riksskogstaxeringen övergått till skogsmark i tidigt stadium skulle kunna vara tillgänglig för aktiv beskogning (figur 6.3). Tillsammans med uppskattningarna i Jordbruksverkets senaste referensscenario, där den totala åkerarealen som används för jordbruksproduktion minskar med 206 000 hektar, innebär det att den tillgängliga arealen troligen är något mindre, runt 350 000 hektar.

⁴² Eriksson m.fl. (2013).

Figur 6.3 Åker och betesmark som övergått till skogsmark i tidigt stadium

Betesmark och åkermark som tagits ur bruk de senaste 20 åren eller ännu längre tillbaka i tiden



Källa: Sveriges riksskogstaxering och egen bearbetning.

I Jordbruksverkets scenarier beräknas 330 000 hektar åkermark läggas i långliggande träda fram till 2045.⁴³ En del av den marken kan vara tillgänglig för andra åtgärder utöver den mark som helt tas ur produktion. I dag motsvarar långliggande träda 21 000 hektar. I det scenario som tagits fram för att tillgodose behoven enligt Livsmedelsstrategin blir cirka arealer 206 000 hektar tillgängliga, samtidigt som 326 000 hektar läggs i långliggande träda (se även avsnitt 6.3.2). Utöver dessa arealer frigörs 37 000 hektar betesmark i referensscenariot medan ingen betesmark frigörs i livsmedelsscenarioet, där betesmarksarealen hålls konstant.

Sammantaget kan alltså stora arealer finnas tillgängliga för beskogning de närmsta årtiondena. Detta är dock totala potentiellt frigjorda arealer enligt tillgängliga scenarier, baserat på olika antaganden om prisutveckling och efterfrågan på jordbruksprodukter samt lönsamhet i lantbrukssektorn (se tidigare avsnitt). Den verkligt tillgängliga arealen är sannolikt betydligt mindre eftersom många olika hänsyn måste tas när mark ska tas i anspråk för beskogning, inte minst vad

⁴³ Jonasson (2018).

gäller framtida livsmedelsförsörjning. Scenarierna baseras till stor del på vad jordbruket tidigare presterat och den nedåtgående trend som pågått länge. Denna trend bör dock inte tas som inteckning för att åkermarken inte längre behövs i samma omfattning.

Dessutom är en del av denna mark dikad torvmark som kan lämpa sig bättre för återvätning (se avsnitt 6.3.6). Nedan görs en bedömning av den realiserbara arealen och vad den kan användas till. Här ges också exempel på vad beskogning av olika slag kan innebära för kolbalansen.

Beskogning med traditionella skogsträdslag

Följande resonemang är i stort hämtade från rapporten *Träd på marginal jordbruksmark är lönsam klimatpolitik*⁴⁴ som redovisar potentialen för plantering av gran och björk som klimatåtgärd.

Åkermark är bördigare än normal skogsmark och har därmed högre virkesproducerande förmåga. I äldre granplanteringar på åkermark från Skåne till Norrbottens kustland har uppmätt en genomsnittlig tillväxt på 13 skogskubikmeter per hektar och år.⁴⁵ Med genetiskt högfördlad gran kan tillväxten på jordbruksmark bli ännu högre, uppemot 16 skogskubikmeter per hektar och år, medan björkens produktion på jordbruksmark är cirka 9 skogskubikmeter per hektar och år.⁴⁶

Det finns produktionsförsök för gran som visar att den genomsnittliga kolinlagringen kan beräknas till drygt 10 ton koldioxid per hektar och år.⁴⁷ Beskogning av åkermark kan dessutom öka markens kolinnehåll. Beräkningar baserade på simuleringar av biomassautveckling och utveckling av markens kolförråd visar att den totala ökningen av kolförrådet i mark och biomassa under en omloppstid kan hamna mellan 500 och 700 ton koldioxid per hektar.⁴⁸

På samma sätt som för mer snabbväxande trädslag som poppel och hybridasp möjliggör den ökade produktionen också ökad substitution av fossila bränslen och produkter.

⁴⁴ Kumm (2013a).

⁴⁵ Johansson (2010).

⁴⁶ Eriksson m.fl. (2011).

⁴⁷ Efvig (2009).

⁴⁸ Bolinder m.fl. (2019).

Enligt Riksskogstaxeringen har endast knappt 30 procent av den mark som övergått från åker- eller betesmark till skogsmark sedan början av 1980-talet planterats aktivt. Resterande mark växer successivt igen.

Realiserbar potential för beskogning

Hur mycket nedlagd åker- eller betesmark som finns tillgänglig och är lämplig för beskogning beror på vilka kriterier som används när uppskattningen görs. I tidigare avsnitt har redogjorts för att stora arealer nedlagd eller oanvänd åker- och jordbruksmark potentiellt är möjlig att beskoga 2010–2050.⁴⁹ Uppskattningarna bygger på hur mycket åker- och betesmark som vid den tiden tagits ur bruk enligt data från Riksskogstaxeringen samt på prognoser om hur mycket åkermark som kommer tas ur bruk, där beskogning skulle kunna ske.

Enligt Sveriges klimatrapportering har i genomsnitt 8 000 hektar per år av åker- eller naturbetesmark konverterats till skogsmark 1990–2014, antingen genom att marken beskogats aktivt eller genom att den helt enkelt tagits ur bruk och då betraktas som skogsmark; sådan mark växer ofta igen genom passiv beskogning. En del av arealen har dock återgått i jordbruksproduktion eller annan markanvändning. Den ackumulerade arealen åker- och betesmark som konverterats sedan 1990 och fortfarande definitionsmässigt betraktas som skogsmark uppgick 2017 till drygt 230 000 hektar, dvs. mellan 8 000 och 9 000 hektar per år. Av denna areal är drygt 60 000 hektar planterad skog, dvs. skog som har en tillväxt i nivå med normal skog eller högre. Om konverteringen av mark fortsätter i samma takt kommer ytterligare drygt 230 000 hektar åker- och betesmark ha konverterats till skogsmark 2045. Det är i samma storleksordning som i de tidigare beskrivna scenarierna för jordbruksmarkens utveckling.

Utredningens bedömning av den realiserbara potentialen för beskogning genom plantering med traditionella skogsträdslag utgår från hur mycket av den mark som tas ur jordbruksproduktion som aktivt beskogas (se ovan). Den arealen är cirka 2 500 hektar per år, dvs. drygt 30 procent av den jordbruksmark som potentiellt blivit skogsmark enligt klimatrapporteringen. Om drygt hälften av den mark som inte aktivt beskogats av jordbruksmark som tagits ur bruk,

⁴⁹ Skogsstyrelsen, (2008), Sveriges lantbruksuniversitet (2008).

och ytterligare några tiotusental hektar mark som tas ur bruk tas i anspråk, skulle en rimlig besogningsareal landa på cirka 100 000 hektar. Ytterligare cirka 50 000 hektar som börjat växa igen skulle genom bättre skötsel också kunna bidra till en ökad kolinlagring.

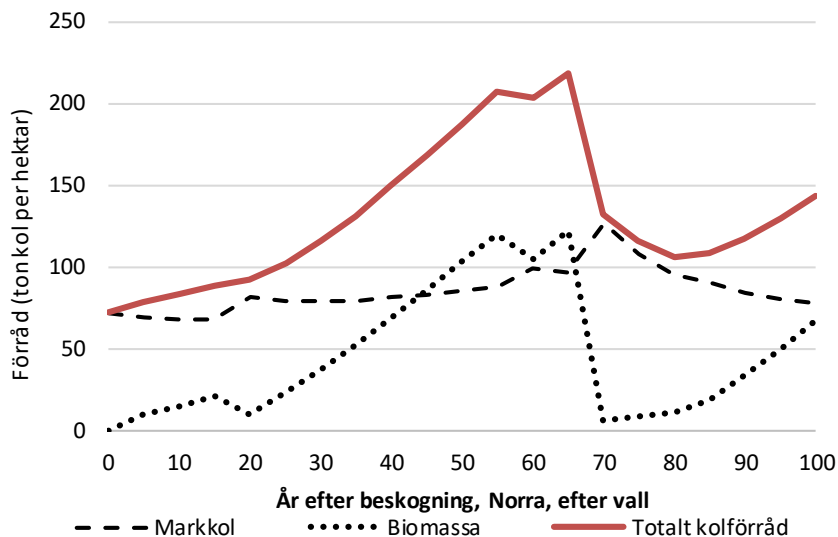
Besogning med gran av totalt 100 000 hektar uppdelat på 10 000 hektar per år 2021–2030 skulle kunna leda till en additionell nettoinlagring på 0,12–0,24 miljoner ton koldioxid per år 2030 och 0,4–1,3 miljoner ton koldioxid per år 2045. Beräkningen utgår från vad marken används till i dag och vad kolinlagringen hade varit om besogningen inte hade skett. I potentialberäkningen används ett genomsnitt för landet för besogning med gran för olika växtplatser.⁵⁰ Besogning med björk ger lägre nettoinlagring resultat men variationerna är förstås stora.

Den lägre siffran anger ett fall där marken förlorar mycket kol initialt och där tillväxten i beståndet är låg, medan den högre siffran anger ett fall där markkolet är mer stabilt och där tillväxten i det nyetablerade beståndet är hög. Besogning av samma areal med hybridasp skulle, baserat på skillnaden i tillväxt jämfört med gran, kunna ge en additionell nettoinlagring som ligger cirka 50 procent högre än för gran. Ett exempel på kolförrådets utveckling i biomassa och mark ges i figur 6.4 nedan, där det befintliga kolförrådet bryts ned medan ett nytt kolförråd byggs upp genom besogningen. Exemplet motsvarar plantering med gran i norra Sverige på mark som tidigare odlades med vall. I beräkningen av den realiserbara potentialen har en simulerad tidsserie för besogning med gran i södra, mellersta och norra Sverige använts. Detta får utgöra en inriktning på nettoinlagringens storlek och dynamik, eftersom det inom ramen för utredningen inte funnits utrymme att göra en detaljerad analys av hur olika trädslag bör fördelas på den tillgängliga marken.

Även om fokus här är ökad kolinlagring så måste även andra värden beaktas när aktiva åtgärder vidtas. När en bedömning görs av var det är lämpligt med besogning, och med vilka trädslag, bör hänsyn särskilt tas till såväl landskapsbild som biologisk mångfald.

⁵⁰ Bolinder m.fl. (2019).

Figur 6.4 Utveckling av kolförråd i biomassa och mark efter beskogning av tidigare jordbruksmark



Källa: Sveriges lantbruksuniversitet (2019) och egen bearbetning.

Åtgärds kostnader för beskogning

Eftersom beskogning binder upp användningen av marken under lång tid är det viktigt att det går att göra en rimlig bedömning att biomassan kan avyttras till tillräckligt höga priser. Beskogning verkar under de flesta omständigheter vara en lönsam åtgärd för markägaren, och kunskapen är god om vilken typ av beskogning som passar i olika situationer.

På bördig mark och med måttliga förräntningskrav är granplantering företagsekonomiskt lönsam även utan klimatersättning för kolinlagringen. Även självföryngrad björk är lönsamt.⁵¹

Utredningens egna beräkningar för plantering med gran och tidigare rapporter för plantering med björk⁵² visar att detta är lönsamma åtgärder för markägaren, så länge det nyetablerade beståndet inte behöver stänglas. I beräkningarna har antagits dagens virkespriser och en ränta på 3,5 procent.

⁵¹ Sveriges lantbruksuniversitet (2017).

⁵² Eriksson m.fl. (2011).

Effekter på andra miljömål av beskogning

Den beskogning som utredningen föreslår avser främst marker som redan tagits ur bruk och i vissa fall börjat växa igen. Beskogning av nedlagd åkermark kan framför allt få effekter för miljö kvalitetsmålen *Ett rikt växt- och djurliv* och *Ett rikt odlingslandskap*.

I SKA-VB 08⁵³ gjordes en beräkning där tillgänglig mark beskogades med gran och hybridasp. Utöver effekten för den framtida skogstillväxten i Sverige granskades åtgärdens konsekvenser vad gäller hållbarhet, biologisk mångfald, landskapspåverkan samt konflikter och synergier med de nationella miljö kvalitetsmålen. Den s.k. MINT-utredningen⁵⁴ bedömde att ett stort antal rödlistade arter kan komma att påverkas när åkermark beskogas, framför allt i gränzoner mellan åkermark och andra biotoper. Utredningen lyfte även den landskapspåverkande effekten och det faktum att sociala rekreativmöjligheter, förutsättningar för naturturism och allmänhetens uppfattning riskerar att försämrans vid odling av gran och hybridasp. Samtidigt kan friluftslivet gynnas, eftersom tidigare odlade marker blir tillgängliga.

I Naturvårdsverkets sammanvägning av effekterna för de olika miljö kvalitetsmålen genom beskogning av nedlagd åkermark beskrivs en positiv effekt för miljömålet *Begränsad klimatpåverkan* i och med nettoupptag och substitution samtidigt som målen *Ett rikt växt- och djurliv* och *Ett rikt odlingslandskap* bedöms påverkas negativt, eftersom intensiv odling och skogsskötsel med korta omloppstider och monokulturbildning begränsar möjligheten för arter att etablera sig⁵⁵. Samtidigt bedöms t.ex. hybridasp kunna bidra med lägre negativ effekt än gran eftersom jämförelsevis fler arter, t.ex. fåglar, kan knytas till lövträd. Beskogning med lövträd bedöms dessutom generellt vara mer värdefullt för mångfalden för igenväxande betesmarker eller små åkrar jämfört med granplantering.

Landskapsbilden påverkas dock i betydande grad negativt när åkermarker beskogas och variationen i landskapet begränsas. Effekten beror på var i landskapet beskogningen sker – de marker som tidigare varit jordbruksmark och som redan tagits ur bruk finns av naturliga skäl framför allt i Götaland och Svealand, men ofta handlar det om marginaliserade marker som ligger sämre till i landskapet.

⁵³ Skogsstyrelsen (2008).

⁵⁴ Sveriges lantbruksuniversitet (2008).

⁵⁵ Naturvårdsverket (2012b).

6.1.4 Avskogning och annan markanvändningsförändring orsakar växthusgasutsläpp

Avskogning sker främst när vägar, kraftledningar, bostadsområden och annan infrastruktur anläggs, vilket resulterar i ett minskat kol-förråd i biomassa och mark. Även annan förändring av markanvändningen, t.ex. när åkermark bebyggs, kan ge upphov till utsläpp av växthusgaser men framför allt leda till att mark som lagrar in kol inte längre bidrar som en kolsänka.

Av de utsläpp som redovisas inom LULUCF-sektorn bidrar växthusgasutsläpp i samband med permanent överföring av skogsmark och åkermark till bebyggd mark med drygt 2,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. Osäkerheten i beräkningen av dessa utsläpp är dock stor, eftersom det är svårt att veta exakt vad som slutligen händer med marken i samband med markanvändningsförändringen baserat på de information som kan hämtas in från Riksskogstaxeringen. Det är därför svårt att bedöma hur mycket dessa utsläpp kan minskas genom åtgärder för att t.ex. styra exploatering till annan mark eller begränsa den areal som årligen exploateras. Beroende på vad marken omförs till finns dock goda skäl att försöka begränsa utsläppen, och potentialen kan anses relativt stor.

I genomsnitt för perioden 2010–2018 har cirka 10 000 hektar skogsmark, 5 000 hektar åkermark och 1 000 hektar betesmark årligen använts för att anlägga vägar, kraftledningar, bostadsområden och annan infrastruktur, enligt Sveriges klimatrapportering. Sannolikt har dock inte hela den identifierade arealen verkligen genomgått en fullständig förändring; Riksskogstaxeringen gör bedömningen utifrån vad marken används till eller potentiellt kommer användas till i samband med inventeringstillfället. Samtidigt har informationen vad gäller en stor del av de inventerade ytorna kompletterats med analyser av satellitbilder över aktuella ytor för att se vad som verkligen hänt med marken.

I en rapport från Jordbruksverket⁵⁶ anges att 3 000 hektar åkermark exploaterats 2011–2015, företrädesvis till bebyggd mark, vilket avviker kraftigt från Riksskogstaxeringens statistik. I redovisningen av ett regeringsuppdrag⁵⁷ konstaterar Jordbruksverket att årligen cirka 600 hektar jordbruksmark exploaterats de senaste 20 åren. Det

⁵⁶ Jordbruksverket (2017).

⁵⁷ Jordbruksverket (2018b).

finns alltså god anledning att förbättra dels statistiken över förändringar av markanvändningen för att skapa en bättre bild av vilka marker som tagits ur bruk, dels kunskapen om utsläppens storlek för att identifiera områden för åtgärder.

Åtgärder och åtgärdspotentialer

Det finns inga etablerade styrmedel som påverkar utsläpp i samband med avskogning eller annan förändring av markanvändningen. Det finns dock verktyg att beräkna klimatavtrycket som inkluderar kol-förluster vid avskogning. Ett exempel är den klimatkalkyl som Trafikverket använder vid planering av olika projekt.

I klimatkalkylen anges skogsavverkning i skogskubikmeter genom schablonberäkningar av virkesförråd per hektar i olika regioner. Om avverkningen visar sig vara en viktig post i beräkningarna kan mer noggranna uppskattningar göras med reviderade indata. I modellen antas 50 procent av avverkningen vara permanent, men andelen kan ändras av användaren av verktyget. Utsläpp från dieselanvändning av skogsmaskiner samt nettoemission från permanent avverkad skog inkluderas också i uppskattningen.

Denna typ av verktyg används som planeringsunderlag för att styra anläggningen av t.ex. vägar. Det finns dock inga krav som styr anläggningen till en viss inriktning, utan kalkylen är en av flera parametrar som används i projekteringen.

Med den typ av verktyg som beskrivs ovan, där omfattningen utökas för att inkludera alla kolpooler och alla typer av mark som kan komma ifråga, kan underlag skapas för bättre beräkningar av växthusgasutsläppen i samband med markexploatering. Det gör det möjligt att öka kunskapen om hur skogsmark värderas i förhållande till andra marktyper i samband med exploatering.

Jordbruksverket konstaterar också, för att säkra fortsatt livsmedelsproduktion, att det är viktigt att jordbruksmark inte exploateras i strid med miljöbalkens regler. I rapporten föreslås Boverket få ett tydligare uppdrag att ta fram vägledningsmaterial till länsstyrelserna för att kunna vägleda kommunerna, samtidigt som länsstyrelserna bör få i uppdrag att inventera hur mycket jordbruksmark som är planlagd för exploatering. Detta kan också utgöra underlag för att skatta möjliga

kolförrädsförluster och utsläpp i samband med markanvändningsförändringar.

För att minska permanenta kolförrädsförluster i samband med exploatering av jordbruksmark, skogsmark och våtmark bör exploateringen styras till annan mark med mindre klimatpåverkan i samband med exploatering eller minimeras genom att en så liten areal som möjligt tas i anspråk, t.ex. genom att en mindre areal nyttjas än vad som ursprungligen planerats.

6.1.5 Avverkade träprodukter lagras in kol

Förändringar i kolpoolen avverkade träprodukter redovisas i dag antingen som en egen kategori (UNFCCC) eller som en kolpool under *Skogsbruk* respektive *Beskogning* (Kyotoprotokollet och EU). Nettoupptaget i avverkade träprodukter styrs främst av det inflöde av kol som sker i och med produktion av olika långlivade produkter men även av det befintliga lagrets storlek.

I den redovisningsmetod som överenskommits under Kyoto-protokollet och inom EU ingår alla träprodukter av inhemskt ursprung, vilket innebär att exporterade produkter får tillgodoräknas medan importerade produkter inte ska räknas med. Sågade trävaror, papper och till viss del även bioenergi handlas på en global marknad, och skulle efterfrågan på träråvaror från Sverige öka så vore det alltså positivt för den redovisade inlagringen i träprodukter. Av svenska avverkade träprodukter gick 85 procent på export 2017; resterande 15 procent nyttjades nationellt.

Hur länge kolet lagras i de olika produkterna beräknas utifrån produkternas medellivslängd uttryckt som halveringstid⁵⁸ för tre generella produktkategorier där halveringstiden är 2 år för papper och pappersmassa (exklusive returpapper), 25 år för träbaserade skivor och 35 år för sågade trävaror.

Denna beräkningsmodell är ett sätt att uppskatta flödena baserat på sådan statistik som finns tillgänglig för de flesta länder, dvs. statistik över produktion av olika halvfabrikat. Det kan inte tas för givet att samma beräkningsmodell används så långt fram i tiden som till 2045. Det är dock den modell som är etablerad och som utredningen använder i beräkningarna. För klimatets del är en ökande

⁵⁸ Halveringstiden är tiden då hälften av den ursprungliga mängden finns kvar.

användning av hållbart producerade förnybara material viktigast, oavsett från vilket land råvaran hämtas.

Åtgärder och åtgärdspotentialer

Skogliga åtgärder som leder till ökad tillväxt leder inte nödvändigtvis till ett högre kolförråd i skog och mark om avverkningen ökar i samma omfattning. Ökad avverkning kan emellertid leda till en ökning av kolförrådet i avverkade träprodukter beroende på hur biomassan används och hur det historiska förrådet ser ut.

Ett ökat byggande av trähus i Sverige leder till ett ökande kolförråd, förutsatt att rivningstakten av trähus inte ökar i samma omfattning. Råvaran kan tas från inhemsk skog eller från utlandet.

Men med den beräkningsmodell som används kan en redovisad ökning av kolinlagringen bara åstadkommas genom användning av svensk träråvara, och dessutom måste användningen öka i omfattning jämfört med i dag. Detta kan ske antingen genom ökat uttag ur skogen av timmer som används till långlivade produkter eller genom omfördelning av producerad råvara från produktion av papper och energi till produktion av sågade varor eller träskivor om råvarutillgången medger det. Dessutom kan kolinlagringen öka om kolet binds längre, dvs. om livslängden på byggnaderna ökar.

Inlagringen i träprodukter kan öka med ökad leverans av skogsråvara eller omfördelning av råvaran – några teoretiska exempel

I detta avsnitt redovisas resultat från ett uppdrag till SLU⁵⁹ att utreda effekter på kolinlagringen i avverkade träprodukter för scenarier baserade på olika skogsskötselstrategier och känslighetsanalyser över hur skogsråvaran förädlas till halvfabrikat.

Känslighetsanalyserna vad gäller fördelning av skogsråvara på olika sortiment utgår från hypotetiska förändringar i fördelningen av de tre produktgrupperna, dvs. om produktionen av träbaserade skivor ökar så minskar produktionen av de andra kategorierna.

⁵⁹ Sveriges lantbruksuniversitet på uppdrag av Naturvårdsverket (2018). Pågående.

Ökad skogsproduktion som ökar leveransen av skogsråvara ökar inlagringen i träprodukter

Om nuvarande beräkningsmodell, vilken baseras på inhemsk råvara, tillämpas även i framtiden, och om fördelningen mellan de olika produktkategorierna hålls konstant, påverkas utfallet endast av avverkningen och hur fördelningen mellan timmer och massaved ser ut. Utfallet givet olika skogsskötselsscenarier innebär då att kolinlagringen i avverkade träprodukter, sett över en 100-årsperiod, ökar med i medeltal 2,3 miljoner ton koldioxid per år för ett produktionsinriktat scenario och minskar med i medeltal 1,9 miljoner ton koldioxid per år för ett scenario där den skyddade produktiva skogsmarksarealen fördubblas jämfört med ett referensscenario motsvarande dagens skogsbruk. Utfallet är helt och hållet en effekt av ökade respektive minskade avverkningsmöjligheter (se även avsnitt 6.3.1).

För ett scenario där avverkningen ökar med 10 procent utan produktionshöjande åtgärder erhålls en marginell ökning av inlagringen i avverkade träprodukter om 0,1 miljoner ton koldioxid per år medan motsvarande scenario där avverkningen minskar med 10 procent resulterar i ett minskat upptag på 1,1 miljoner ton koldioxid per år i avverkade träprodukter jämfört med dagens skogsbruk över en 100-årsperiod. Skillnaderna mellan scenarierna varierar över tid.

Analysen omfattar inte kolförrådsförändringar i skogsbiomassan i skogen. Utvecklingen i stående skogsbiomassa och utvecklingen i kolpoolen träprodukter kan närmast ses som kommunicerande kärl, dvs. när inlagringen i träprodukter ökar så minskar den i stående biomassa och vice versa.

Ändrad fördelning av skogsråvaran kan öka inlagringen i träprodukter

Utgående från det förråd av de redovisade produktkategorierna sågade trävaror, träbaserade skivor och pappersprodukter som finns i samhället och hur dagens produktion av halvfabrikat ser ut kan inlagringen, åtminstone i teorin, ökas framför allt om det sker genom ökad produktion av träbaserade skivor baserad på svensk skogsråvara.

Bland förädlingsscenarierna blev inlagringen i avverkade träprodukter högst i de scenarier där produktionen av träskivor ökar på bekostnad av andra produkter. En kraftig ökning av produktionen

av träskivor är dock knappast realistisk, men scenariot kan betraktas som en indikation på var den teoretiska potentialen finns. Till skillnad från sågade varor som begränsas av timmervoly, och sågutbyte där ökningspotentialen är lägre, skulle produktionen av träskivor åtminstone i teorin kunna öka markant genom en omfördelning av den stora mängden råvara som nyttjas av massaindustrin och för energiproduktion. Eftersom produktionen av träskivor i Sverige har legat på en låg nivå under en längre tid och dessutom stadigt minskar – den ökade konsumtionen de senaste 30 åren har täckts av ökad import – är inte heller förrådet av träskivor baserat på svensk skogsråvara särskilt stort.

Det innebär att utflödet, alltså kasseringsstakten, inte är så hög, vilket i sin tur innebär att en snabb ökning av inhemsk produktion leder till en stor skillnad mellan in- och utflöde och därmed hög inlagring.

Konkurrensen om råvaran från dessa industrier är ett skäl till att skivindustrin lagts ner i Sverige och byggts upp i andra länder där konkurrensen om råvaran är lägre. Allt annat lika skulle därmed en ökad skivindustri i Sverige kunna slå ut delar av den skivindustri som levererar till Sverige. Det gör att det hela blir till fördel för Sveriges strävan att minska utsläppen genom ökad inlagring i träprodukter men utan egentlig nytta för klimatet. Däremot kan ett ökat användande av trä i byggandet öka marknaden för skogsråvaror, vilket på sikt kan leda till ökad inhemsk träskivproduktion.

Det befintliga förrådet av sågade varor, och därmed även utflödet, är däremot stort. Därför är inlagringseffekten av sågade varor lägre än för träskivor, trots en relativt högre produktion av sågade varor än av träskivor.

Effekten på nettoinlagringen i LULUCF-sektorn erhålls som sagt bara så länge som träanvändandet ökar. Kolsänkan kan dock öka under lång tid framöver, om den biomassa som nu används till kortlivade produkter i stället används till olika typer av långlivade produkter, t.ex. träbaserade skivor och isoleringsmaterial i trä.

En betydelsefull vinst med ökad produktion och konsumtion av trä är också möjligheten att minska produktionen av icke förnybara byggnadsmaterial. Ökat trähusbyggande kan även ge andra fördelar, t.ex. färre transporter, eftersom trähuselement är betydligt lättare än betongelement.

Det industriella träbyggandet kan öka

Exemplen och diskussionen ovan bygger på scenarier som ger en teoretisk bild av hur inlagringen i träprodukter förändras givet olika antaganden om produktion och produktanvändning.

I en rapport från Linköpings universitet⁶⁰ görs en bedömning om industriellt träbyggande fram till 2025 utifrån befintlig byggnation. Industriellt träbyggande bedöms enligt rapporten kunna leverera 50 procent av de flerbostadshus som byggs på den svenska marknaden (17 500 lägenheter varav 15 000 producerade inom landet) och samtidigt nå en 30–35-procentig materialandel inom segmentet lokaler; i dag är andelen cirka 10 procent.

Givet de antaganden som görs i rapporten, bl.a. att ett industriellt producerat träbaserat flerbostadshus har 40 procent lägre koldioxidutsläpp än ett jämförbart betonghus i materialdelen av byggskedet, och att den angivna potentialen om att 50 procent av flerbostadshusen byggs i trä, skulle det innebära att klimatbelastningen skulle kunna minska med 0,3–0,4 miljoner ton koldioxidekvivalenter genom att betong ersätts med trä i flerbostadshus och lokaler. Om träs kollagring motsvarande 0,3–0,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter adderas till substitutionseffekten blir den totala besparingen 0,6–0,9 miljoner ton koldioxidekvivalenter totalt.

Kollagringen på 0,3–0,5 miljoner ton koldioxid över en femårsperiod är i detta fall en uppskattning av mängden kol som byggs in i husen som inte tar hänsyn till hur länge kolet kommer finnas bundet, befintligt kolförråd eller råvarans ursprung. Det gör att resultaten inte direkt kan jämföras med klimatrapporteringen. Samtidigt visar rapporten att det finns potential för ökad kolinlagring i träbyggnader. Med den beräkningsmodell som används i klimatrapporteringen, och med antagandet att det ökade byggandet som i exemplet i rapporten ligger kvar på samma nivå (inflöde av kol på 0,06–0,1 miljoner ton koldioxid per år) under flera årtionden, åtminstone till 2045, kommer bidraget från inlagring i trä för det ökande byggande som exemplifieras ovan bli 0,05–0,08 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år 2030 och 0,04–0,06 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år 2045. Om industriellt träbyggande skulle leverera hälften av den ovan nämnda potentialen blir motsvarande nettoinlagring 0,02–0,04 mil-

⁶⁰ Brege m.fl. (2017).

joner ton koldioxidekvivalenter per år 2030 och 0,02–0,03 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år 2045.

En ökad återvinning av träprodukter skulle bidra till en cirkulär biobaserad ekonomi

Genom att i högre grad återvinna och återanvända avverkade träprodukter kan produkternas uppehållstid i teknosfären förlängas och därmed ökar kolinlagringen. Kortlivade produkter som papper återvinns i hög utsträckning redan i dag och även långlivade träprodukter skulle kunna återvinnas i högre utsträckning. I princip skulle större delen av det virke som används i byggnader och i samband med byggnadernas uppförande, t.ex. formvirke, kunna återvinnas. Dock finns bara inarbetade rutiner för återanvändning av lastpallar.

Efter återvinning blir produkterna så småningom avfall som slutligen kan användas till att producera bioenergi. Alternativt skulle avfallet kunna användas som råvara för att producera biokol, vilket kan innebära att materialet flyttas upp flera steg i avfallshierarkin och blir en långlivad produkt. Biokol kan ha flera användningsområden och beskrivs i kapitel 18.

6.1.6 Återvätning av dränerad torvmark kan minska utsläppen av växthusgaser

Under tidigare århundraden har mellan 2 och 3 miljoner hektar våtmark (organogen mark) dikats ut, främst med syftet att bedriva jord- eller skogsbruk på marken. Detta är tidigare våtmarker och sjöar där kol lagrats in i marken som torv eller annat organogent material sedan den senaste istiden. När marken dikas ut ökar syretillgången och organiskt material som lagrats in under tusentals år börjar att brytas ned, vilket orsakar utsläpp av koldioxid och även utsläpp av lustgas på bördigare torvmarker. I gengäld minskar den naturliga metanavgången.

Det finns en stor spridning i påverkansgrad på dessa våtmarker. Vissa våtmarker är fortfarande våtmarker trots att vattennivån sänkts en aning medan andra långsamt torkar upp eftersom dräneringseffekterna, i kombination med ökad spridning av vattenkonsume-

rande träd, sker i långsam takt. Ytterligare en andel har helt torrlagts och omvandlats till produktiv skogsmark eller jordbruksmark.

Variation av effekterna innebär även variation i vilken utsträckning våtmarkernas naturliga växthusgasbalans har påverkats, liksom deras förmåga att lagra kol i form av torv och annat organiskt material.

Den organogena jordbruksmarken motsvarar en tredjedel av det svenska jordbrukets totala utsläpp av växthusgaser. I Sverige finns ungefär 140 000 hektar dikad åkermark på torvjord som står för ett utsläpp på cirka 3,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. Närmare 75 procent av denna areal är i bruk⁶¹.

Dessutom finns det ungefär 1 miljon hektar dikad skogsmark på torvmark som står för ett utsläpp från torven på cirka 7,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år.

Ytterligare stora områden har dikats ut för att skörda torv för odlingsändamål och för att producera energitorv. Torv för energi- och odlingsändamål produceras i dag på cirka 10 000 hektar.

Åtgärder och åtgärdspotentialer

Återvätning av torvmarker innebär att avgången av koldioxid och lustgas minskar samtidigt som markens naturliga metanavgång kan komma tillbaka temporärt. Återvätningen möjliggör också att ett myr-ekosystem kan återskapas, vilket är gynnsamt för biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Metanavgången kan dock stoppas om återvätningen blir så omfattande att den resulterar i en sjö med ett vattendjup på mer än 0,5 meter. Om det handlar om återvätning av skogsmark förloras även fortsatt möjlighet till inlagring i biomassan och möjligheten till substitution.

Återvätning av organogen jordbruksmark

Jordbruksverket redovisade i september 2018 förutsättningar för återvätning av organogen jordbruksmark i syfte att minska avgången av växthusgaser från jordbruket.⁶² Jordbruksverket bedömer utifrån dagens kunskapsläge att den mest effektiva metoden för att kraftigt minska utsläppen av växthusgaser från organogen jordbruksmark är

⁶¹ Pakkakangas m.fl. (2016).

⁶² Jordbruksverket (2018c).

att återställa dessa till våtmarker. Utifrån schablonberäkningar kan då förväntas att återvätning av organogen åkermark leder till att utsläppen minskar från 30 till 9 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år.

För bästa klimatnytta bör våtmarkernas vattenyta ligga stabilt nära markytan. Våtmarken kan också anläggas så att vattenytan ligger så pass högt att en grund sjö eller damm bildas. Vid planerandet av den här typen av våtmark vore det ideala att återvåta hela området som täcks av den organogena jorden. Det är dock inte alltid möjligt, eftersom det även måste finnas tillräckligt med vatten i landskapet för att fylla upp våtmarken och behålla vattenspegeln under torrperioder. Dessutom kommer den omkringliggande marken att påverkas.

I många fall finns förutsättningar för stabila vattenstånd, och då kan återskapande av myrekosystem vara lämpligt. I andra fall innebär landskapets beskaffenhet, nederbörden och hydrologin att tillgången på vatten varierar mycket under året. I dessa fall är det lämpligare med våtmarksekosystem som är anpassade för sådana förhållanden, exempelvis översvämningstvåmarker. Översvämningsområden längst vattendrag kan dessutom bidra till jämnare vattenflöden i vattendrag och därigenom motverka extrema översvämningar. När våtmark anläggs eller restaureras är det viktigt att väga in de långsiktiga möjligheterna att restaurera ett resilient våtmarksekosystem och ta hänsyn till biologisk mångfald och övriga ekosystemtjänster som våtmarkerna ger.

Jordbruksverket anser att en återvätning kan vara kostnadseffektiv jämfört med andra klimatåtgärder utifrån vad dessa kostar per minskad mängd utsläpp av växthusgaser, förutsatt att anläggnings- och skötselkostnaderna hålls låga. Dessutom visar Jordbruksverkets analyser att enskilda återvättningsprojekt kan vara samhällsekonomiskt lönsamma. Då ingår även andra nyttor och kostnader som t.ex. växtnärläckage och minskad jordbruksproduktion. Klimatnyttan från enskilda projekt är dock svår att bedöma, eftersom tillgängliga beräkningsmetoder och underlag är förknippade med stora osäkerheter om de används på lokal nivå. På nationell nivå bedöms dock den sammanlagda effekten vara positiv.

Åtgärdsförslag i fördjupad utvärdering av klimatmålen

I den senaste fördjupade utvärderingen⁶³ bedöms återvätning av skogsmark kunna vara en förhållandevis kostnadseffektiv åtgärd för att minska utsläpp av växthusgaser, eftersom åtgärden medför en rad samtidiga nyttor. I vissa fall bedöms återvätning även kunna motverka översvämningsrisker nedströms. Åtgärden återskapar våtmark på marktyper som dikats ut i mycket hög grad i södra Sverige, där enbart en liten opåverkad areal återstår. Åtgärden har därför samtidigt ett mycket stort värde för den biologiska mångfalden.

Skogsstyrelsen konstaterar⁶⁴ att på bördiga dikade marker i norr, och på de flesta dikade marker i söder, verkar utsläppen vara så pass stora att den producerade biomassan är betydligt sämre än fossila bränslen. En del av dikningarna har inte heller gett önskad effekt på skogsproduktionen, ofta för att grundvattenytan inte har sänkts i tillräcklig grad. En annan del utgörs av före detta jordbruksmark som inte beskogats aktivt. Därför är medelproduktionen en bit under den optimala även på dikade marker i den senare kategorin.

Återvätning innebär att torvnedbrytningen i princip stoppas, och därmed avgången av koldioxid och lustgas. I gengäld kommer en naturlig metanavgång tillbaka. Minskningen i nettoavgång av växthusgaser efter återvätning bedöms vara densamma som ökningen till följd av dikning. Effekten är således högre i söder än i norr och högre på bördig mark än på näringsfattig.

På väl dränerade torvmarker med minst 40 cm torvlager belägna söder om biologiska Norrlandsgränsen bedöms återvätning vara en i genomsnitt relativt säker klimatåtgärd. Allra säkrast är den högst sannolik på bördiga torvmarker i samma region, där en högre lustgasavgång kan avbrytas. På före detta odlings- eller betesmark med bristande självföryngring blir vinsten med återvätning i praktiken ännu större, eftersom det då inte går att tillgodoräkna en viss kompenserande substitutionsnytta genom hög virkesproduktion.

För näringsfattig torvmark i norra Svealand och Norrland verkar klimatnyttan av återvätning bli i genomsnitt betydligt mindre medan den blir större för den bördigare delen av markerna i samma region.

⁶³ Naturvårdsverket (2019b).

⁶⁴ Skogsstyrelsen (2019a).

I den fördjupade utvärderingen föreslås Skogsstyrelsen få i uppdrag att återställa dikade torvmarker med tjocka torvlager till våtmarker eller ett våtmarksliknande läge, där nettoutsläppen av växthusgaser är märkbart lägre än innan. Detta ska kunna åstadkommas genom att intresserade markägare erbjuds gratis rådgivning samt ersättning för genomförande och förlorat markvärde i någon form. Eftersom det finns brister i kunskapen om återvätningens effekter behöver det också säkerställas att det finns medel för uppföljning av genomförda åtgärder.

Skogsstyrelsen bedömer att det möjligen kan gå att återvåta runt 100 000 hektar fram till 2050. På dessa arealer minskas då nettoutsläppen med 1–9 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år och hektar. Denna effekt varar i minst 4–6 decennier om mark med tjocka torvlager prioriteras. I något skede skulle torven i många fall ha tagit slut, om marken i stället lämnats dikad och dikesrensats vid behov; den uteblivna substitutionsnyttan är beaktad i uppskattningen. Engångskostnaden bedöms ligga på mellan 20 000 och 30 000 kronor per hektar, för rådgivning och hantering, dikesproppar samt ersättning för förlorat markvärde. Ingen extra skötsel efter att åtgärden genomförts bedöms behövas i normalfallet. Kostnaden för åtgärden hamnar i Skogsstyrelsens beräkning på i storleksordningen 100 kronor per ton undviken koldioxidavgång på 40 år.

En ytterligare möjlighet är att markägare inte dikesrensar på dikade objekt med relativt tjocka och näringsrika torvlager som återförsumpats av sig själva. Det kan exempelvis ske genom en engångsersättning för att marken ska tillåtas återfå sin naturliga hydrologi. Jämfört med återvätning genom att proppa igen ett dike räcker det sannolikt med ett lägre belopp, eftersom markägaren annars behövt göra en kostsam åtgärd som dikesrensning. Det är inte heller alltid som dikesrensning ger en positiv tillväxteffekt och det är oftast mycket svårt att dikesrensa utan att påverka mottagande vattensystem negativt med slam m.m. Den stående skogen kan dock avverkas eller plockhuggas när marken antingen är uttorkad en torr sommar eller frusen på vintern. Marken får sedan långsamt fortsätta att utvecklas till den våtmark eller sumpskog den en gång var, i stället för att den högre nettoavgång av växthusgaser som den sänkta grundvattenytan medför underhålls.

Pilotprojektet Återvätning för klimatets skull

Skogsstyrelsen bedriver ett tvåårigt pilotprojekt, *Återvätning för klimatets skull*, 2019–2020. Projektet finansieras med medel från den fond i landsbygdsprogrammet som har till syfte att minska växthusgasutsläppen från jordbruksmark. Projektet tillkom på initiativ från Skogsstyrelsen, eftersom bedömningen är att en större del av de kostnadseffektiva återvättningsprojekten finns på skogsmark och att dessa i hög grad är före detta mossodlingar och betesmarker som är från några år till många decennier gamla. Skogsstyrelsens bedömning är att objekt som fortfarande kan sägas vara jordbruksmark men som är tagen ur bruk kan hanteras på samma sätt.

Erfarenheterna från projektets första fas är positiva. Konceptet som testas siktar mot hög kostnadseffektivitet och verkar så här långt att fungera. En teknik för dikesproppning som är billig och undviker slamning testas, och den kartmässiga hanteringen utvecklas i rätt riktning. Hur den förändrade markanvändningen ska hanteras juridiskt ses över och nyttan för den biologiska mångfalden ska beskrivas i projektet.

I många fall blir återvätning som alternativ intressant i samband med att skogen ska avverkas. Då höjs grundvattennivån bara av den anledningen och om markägaren behöver dikesrensa kan det bli en ganska dyr föryngring. Det innebär att objektspotentialen delvis förnyas varje år.

Realiserbar areal för återvätning

Skogsstyrelsen bedömer att cirka 100 000 hektar skogsmark kan återvätas fram till 2050. En sådan bedömning förutsätter att drygt 3 000 hektar återväs per år. Hur stor areal som verkligen kan återvätas beror dock till stor del på var objekten ligger i landskapet och på objektens storlek. Om objekten omfattar 1–2 hektar handlar det om mellan 1 500 och 3 000 objekt per år, vilket kräver en mycket omfattande verksamhet.

En analys har nyligen gjorts av SLU med hjälp av digitaliserade ekonomiska historiska kartor, kartor över jordbruksblock, jordartskartor, den digitala höjddatabasen, nederbördskartor samt uppdaterat marktäckedata, för att kunna lokalisera ytor av övergiven torvjord i Götaland och Svealand. Kring varje potentiell yta har arean på

den omkringliggande mark som skulle påverkas vid en eventuell återvätning beräknats. Flest och störst övergivna torvåkrar återfinns i Kalmar län och Jönköpings län, 7 400 respektive 7 600 hektar, medan det på Gotland endast finns 36 hektar.

Den totala övergivna arealen är drygt 50 000 hektar och omfattar närmare 18 000 objekt. Om bara objekt på minst 2 hektar tas med blir arealen drygt 36 000 hektar för drygt 8 000 objekt. Närmare 22 000 hektar av den arealen är skogbeklädd.

Givet att SLU:s analys inte omfattar hela landet kan Skogsstyrelsens analys om 100 000 hektar vara rimlig. Därtill bör det vara möjligt att återvåta åtminstone 10 000 hektar jordbruksmark som nyligen tagits ur produktion, om andelen torvjord av den mark som tas ur produktion är densamma som andelen av den areal som fortfarande är i bruk. Sannolikt är arealen större eftersom cirka 35 000 hektar av den organogena jordbruksmarken redovisas som obrukad.⁶⁵

Effekten på utsläppen beror på vilken mark som återvåts

Återvätning av dränerad torvjord på jordbruksmark ger enligt Jordbruksverket en utsläppsminskning på 21 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år (tabell 6.6.). De utsläppsfaktorer som använts för utsläpp från skogsmark utgår från Skogsstyrelsens bedömningar⁶⁶ vilka i sin tur utgår från en rapport från SLU⁶⁷. Dessa utsläppsfaktorer ger en utsläppsminskning på mellan 1 och 9 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år (tabell 6.6). I Skogsstyrelsens underlag görs också en bedömning av effekten på de minskade substitutionsmöjligheter som återvätningen kan leda till men den effekten tas inte med i utredningens effektbedömning av återvätning.

⁶⁵ Jordbruksverket (2018c).

⁶⁶ Skogsstyrelsen (2019a).

⁶⁷ Lindgren och Lundblad (2014).

Tabell 6.6 Genomsnittliga utsläpp från dikad och återvätt torvmark samt beräknad effekt av återvätningen

Utsläpp och upptag anges i ton koldioxidekvivalenter per hektar och år. För omräkning till koldioxidekvivalenter användes omvandlingsfaktorn 298 för lustgas (N₂O) och omvandlingsfaktorn 25 för metan (CH₄)

Marktyp	Område, näringsstatus		Före återvätning	Efter återvätning	Effekt av återvätning
Skogsmark	Boreal zon, näringsfattig	CO ₂	0,9	-1,2	2,2
		N ₂ O	0,1		0,1
		CH ₄	0,2	1,4	-1,2
		Dike	0,6	0,3	0,3
		Totalt	1,8	0,4	1,3
	Boreal zon, näringsrik	CO ₂	3,4	-2,0	5,4
		N ₂ O	1,5		1,5
		CH ₄	0,1	4,6	-4,5
		Dike	0,6	0,3	0,3
		Totalt	5,5	2,9	2,7
	Tempererad zon	CO ₂	9,5	-2,0	11,6
		N ₂ O	1,3		1,3
		CH ₄	0,1	4,6	-4,5
		Dike	0,6	0,3	0,3
		Totalt	11,5	2,9	8,6
Jordbruksmark	CO ₂	22,4	1,8	20,5	
	N ₂ O	6,1		6,1	
	CH ₄	0,0	7,2	-7,2	
	Dike	1,9	0,3	1,6	
	Totalt	30,4	9,3	21,0	

Källa: Lindgren och Lundblad (2014) och Skogsstyrelsen (2019a).

Större delen av den skogsmark som kan komma i anspråk för återvätning är tidigare åkermark. Utsläppsminskningen kan därför vara ännu större än vad som anges för skogsmark i tabell 6.6 eftersom utsläppen per arealenhet för dikad torvmark på vissa marker kan vara betydligt större än de genomsnittliga utsläpp per arealenhet som används i klimatrapporeringen.⁶⁸

Utgångspunkten är att större delen av den skogsmark som återvåtts ligger på den högre nivån, dvs. närmare 9 ton koldioxidekvivalenter per hektar, och den jordbruksmark som återvåtts på 21 ton koldioxidekvivalenter per hektar.

⁶⁸ Kasimir (2017).

Utifrån dessa uppskattningar om återvätningens effekt skulle återvätning av 100 000 hektar skogsmark och 10 000 hektar jordbruksmark innebära ett minskat utsläpp på cirka 1 miljon ton koldioxidekvivalenter till 2045 genom succesiv återvätning av cirka 5 000 hektar skogsmark och 500 hektar jordbruksmark per år under en tjugoårsperiod.

Åtgärdskostnader för återvätning

Jordbruksverket konstaterar i sin rapport att återvätning kan vara en kostnadseffektiv klimatåtgärd för att minska utsläppen av växthusgaser, jämfört med andra åtgärder. Analyserna visar till och med att enskilda återvättningsprojekt kan vara samhällsekonomiskt lönsamma, om även andra nyttor och kostnader, t.ex. växtnäringssläckage och minskad jordbruksproduktion, inkluderas. Jordbruksverket konstaterar samtidigt att klimatnyttan för enskilda projekt är dock svår att bedöma, eftersom de beräkningsmetoder och tillgängliga underlag är förknippade med stora osäkerheter om de används på lokal nivå. På nationell nivå bedöms den sammanlagda effekten vara positiv.

I rapporten beräknas kostnaden för utsläppsminskningen för tre typområden – slätt, sjö och skogsbygd – över en 20-årsperiod. Beräkningen inkluderar anläggningskostnader, skötselkostnader under 20 år samt kostnader för markersättning under 20 år motsvarande 2 500 kronor per ha och år. Totalkostnad för respektive område beräknades till cirka 150 000, 97 000 respektive 210 000 kronor per hektar för de tre typområdena slätt, sjö och skogsbygd, med en genomsnittlig årlig utsläppsminskning på 18, 13 respektive 16 ton koldioxidekvivalenter per år. Kostnaden för utsläppsminskningen landar då på mellan 400 och 700 kronor per ton koldioxidekvivalent över en 20-årsperiod.

I underlaget till fördjupad utvärdering av miljömålen beräknar Skogsstyrelsen kostnaden för utsläppsminskning till cirka 100 kronor per ton koldioxidekvivalent. Skogsstyrelsens beräkning utgår från att utsläppsminskningen tillgodoräknas under 40 år samt en lägre markersättning och skötselkostnader (mellan 20 000 och 25 000 kronor per hektar totalt för åtgärden) jämfört med Jordbruksverkets beräkning. Annualisering av totalkostnaden över 20 eller 40 år, och med en genomsnittlig utsläppsminskning på 5–8 ton koldioxidekvivalen-

ter per år, gör att kostnaden landar på mellan 100 och 350 kronor per ton koldioxidekvivalent.

Jordbruksverket konstaterar att kostnaderna för anläggning och skötsel är avgörande för hur stor kostnaden blir och att dessa kan variera mycket mellan olika projekt. I slättlandskapet kompliceras projekten av att de berör många aktörer och kostnaderna kan därför bli höga, samtidigt som möjligheterna är större att få till stora arealer och därmed stora utsläppsminskningar.

I skogslandskapet blir projekten mindre komplicerade och mindre kostsamma. Samtidigt är arealerna små vilket kan påverka kostnaden per koldioxidekvivalent.

Inriktningen på utredningens bedömda potential är att det till största delen handlar om dikad skogsmark och Skogsstyrelsens preliminära erfarenheter från det tidigare nämnda pilotprojektet är att den bedömda kostnaden i underlaget till den fördjupade utvärderingen är rimlig.

Effekter på andra miljömål av återvätning

Återvätning av dränerad torvmark ger i huvudsak flera simultana nyttor, jämte att minska utsläppen av växthusgaser. Under de senaste 200 åren har en stor andel av de bördiga torvmarkerna dikats ut, eftersom de varit mest lönsamma för markägarna att dika. Därför råder brist på denna typ av våtmarker i relation till vad som förlorats historiskt. Markerna utgör därtill livsmiljöer för skyddsvärd flora och fauna, inte minst olika groddjur. Målen inom områdena biologisk mångfald och minskad övergödning pekar tydligt ut restaurering eller anläggning av våtmark som viktiga åtgärder. Åtgärderna återskapar stora arealer våtmark på marktyper som dikats ut i mycket hög grad, framför allt i södra Sverige där enbart en liten opåverkad areal återstår. Den ökade tillgången på vatten i landskapet ökar även värdet hos intilliggande skogliga habitat för många arter.

7 Styrning och styrmedel för ökad kolsänka och minskade utsläpp i LULUCF-sektorn

Utredningens förslag

Skapa förutsättningar för finansiering av klimatåtgärder

- Sverige bör fortsatt verka för att klimatåtgärder som ökar kolinlagringen och minskar växthusgasutsläppen även i framtiden är möjliga att stödja och ges större vikt inom ramen för EU:s gemensamma jordbrukspolitik.

Ta fram rådgivning och stöd för föreslagna kompletterande åtgärder

- Jordbruksverket bör få i uppdrag att utveckla och intensifiera sin rådgivning, inklusive vilka stöd som kan sökas, för att få till stånd ytterligare åtgärder som leder till ökad kolinlagring på befintlig jordbruksmark och jordbruksmark som inte längre används för livsmedels- och foderproduktion, åtgärder som stärker flera värden i landskapet och möjligheten att nå flera miljömål ska prioriteras. För detta föreslås Jordbruksverket tillföras motsvarande 10 miljoner kronor per år.
- Jordbruksverket bör få i uppdrag att se över och undersöka möjlig utformning av både befintliga och nya åtgärder för att gynna kolinlagring på jordbruksmark inom landsbygdsprogrammet, t.ex. fånggrödor, mellangrödor och agroforestry. Åtgärder och stöd bör inriktas mot att stärka dels flera värden i landskapet, dels möjligheten att nå flera miljömål. Uppdraget bör även innefatta att se över ersättningsnivåerna.

- Skogsstyrelsen bör få i uppdrag att se över möjliga stödformer, inklusive storleken på ersättningen, för beskogning, dvs. plantering av träd på jordbruksmark som tagits ur bruk, och för optimerad skötsel av självföryngrad skog på tidigare jordbruksmark.
- Jordbruksverket bör, i samråd med länsstyrelserna och Naturvårdsverket, få i uppdrag att utforma kriterier för vilken mark som är lämplig för agroforestry av olika slag och vilka trädslag som är lämpligast för åtgärden utan att förutsättningarna för att nå andra miljömål och målen i Livsmedelsstrategin försämras.
- Skogsstyrelsen bör, i samråd med Jordbruksverket, länsstyrelserna och Naturvårdsverket, få i uppdrag att utforma kriterier för vilken tidigare jordbruksmark som är lämplig för beskogning och vilka trädslag som är lämpligast för åtgärderna utan att förutsättningarna för att nå andra miljömål och målen i Livsmedelsstrategin försämras.
- Skogsstyrelsen och länsstyrelserna bör, i samråd med Jordbruksverket och Naturvårdsverket, få i uppdrag att utveckla kriterier för att bedöma lämplighet och prioritering för olika typer av återvättningsprojekt. Detta är i linje med det förslag som lagts av myndigheter i samverkan i den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019 om återvätning av dränerad torvmark. Inriktningen ska vara dels att ta fram underlag för identifiering av lämplig mark för återvätning, så att åtgärderna styrs till den mark som ger mest klimatnytta och nytta för andra mål, t.ex. biologiska mångfald, till lägst kostnad, dels att berörda markägare erbjuds gratis rådgivning samt ersättning för genomförande, underhåll om det krävs samt förlorat markvärde.
- Befintligt stöd för att anlägga eller restaurera våtmarker som i dag finns inom landsbygdsprogrammet och även i våtmarks-satsningen inom ramen för den lokala naturvårdssatsningen (LONA) bör kompletteras genom att i genomsnitt 125 miljoner kronor per år avsätts för att ersätta markägare för genomförande, underhåll om det krävs samt förlorat markvärde vid återvätning av dikad torvmark.

Forskning och utveckling för att öka åtgärders kostnadseffektivitet

- Det finns ett fortsatt stort behov av forskning för att öka kunskapen om växthusgasbalanser för olika typer av torvmarker och effekterna av att våtmark återskapas på dessa marker. En riktad satsning på forskning och utveckling (FoU) om återvätningens effekter på växthusgasemissionerna bör göras där Skogsstyrelsen bör tilldelas totalt 9 miljoner kronor 2021–2023 att fördela genom riktade utlysningar.
- Det finns ett stort behov av ökad forskning om hur olika klimatinducerade skador på skog ska kunna begränsas. En riktad satsning på FoU om hur skogsskador kan begränsas bör göras där Skogsstyrelsen bör tilldelas totalt 6 miljoner kronor 2021–2023 att fördela genom riktade utlysningar.
- Växthusgasutsläpp och minskad kolinlagring i samband med exploatering av olika marktyper, framför allt skogsmark och jordbruksmark, bör kunna minskas genom att den berörda arealen begränsas eller genom att exploateringen styrs till annan mark där klimatpåverkan av exploateringen blir mindre samtidigt som hänsyn till andra miljömål tas. Hur effekten på växthusgasbalansen av exploatering av mark ska beräknas och hur utsläppen kan begränsas bör utredas vidare. Uppdraget bör ges till Naturvårdsverket i samråd med Jordbruksverket, Skogsstyrelsen och länsstyrelserna.

Rapportering och bokföring av åtgärder inom LULUCF-området

- Ökade upptag eller minskade utsläpp från kompletterande åtgärder inom sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (*land use, land use change and forestry, LULUCF*) ska beräknas och redovisas enligt LULUCF-förordningen. Bidraget från kompletterande åtgärder bör få tillgodoräknas mot de nationella klimatmålen som den additionella effekten av varje föreslagna åtgärd jämfört med om åtgärden inte hade genomförts, förutsatt att effekten av åtgärden kan uppskattas på ett trovärdigt sätt. Det innebär att utsläppsminskningar och ökade upptag bokförda enligt LULUCF-förordningen inte nödvändigtvis tillgodoräknas i sin helhet mot de nationella målen. Bidraget till de nationella målen från

kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn kan dock komma att begränsas av LULUCF-förordningens krav om att LULUCF-sektorn inte ska ha några nettoutsläpp. Bokfört underskott från de delar av LULUCF-sektorn som inte berörs av de kompletterande åtgärderna måste först balanseras. För att uppfylla målen i LULUCF-förordningen räknas alla flöden i respektive aktivitet med i bokföringen – både förändringar som beror på de kompletterande åtgärder som föreslås här och förändringar som sker av andra anledningar.

- De uppföljningssystem som används i dag för klimatrappor- teringen är inte utformade för att följa upp specifika åtgärder i LULUCF-sektorn, men de ger en övergripande bild av totala utsläpp och upptag i sektorn. Kraven på uppföljning av för- ändringar i utsläpp och upptag ökar också i och med att LULUCF-förordningen träder i kraft. Naturvårdsverket bör få i uppdrag att utveckla och underhålla ett system för att upp- skatta, redovisa och verifiera vidtagna kompletterande åtgär- der. Utvecklingen av systemet bör genomföras i samråd med Jordbruksverket och Skogsstyrelsen.
- I dag är Naturvårdsverket ansvarig myndighet för miljökvalti- tetsmålet *Begränsad klimatpåverkan* och har också ansvar för att ta fram underlag för redovisning av växthusgasutsläpp till EU och klimatkonventionen. Det är därför lämpligt att Natur- vårdsverket får i uppdrag att ansvara för att följa upp och redo- visa kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn.

Andra åtgärder för att stärka och bevara kolsänkan

- Skogsstyrelsen bör få stärkt anslag för rådgivningsverksamhet om hållbara tillväxthöjande åtgärder, åtgärder för ökad natur- hänsyn på produktiv skogsmark samt skadeförebyggande och klimatanpassande åtgärder med syfte att säkra kolsänkan och virkesproduktionen. För detta föreslås en speciellt riktad budget på 10 miljoner kronor per år.

- I budgeten för 2020 tillför regeringen Skogsstyrelsen medel 2020–2022 för hantering av skogsskador och för att stödja arbetet med att bekämpa angrepp av granbarkborre. Skogsstyrelsen bör även efter 2022 få en förstärkning av medel för att övervaka och bekämpa befintliga och nya skadegörare.

Utredningens bedömning

- Utredningen lämnar inga förslag om skydd av produktiv skogsmark som en åtgärd för ökad kolsänka. Skogsutredningen 2019 (M 2019:02), ska enligt direktiven föreslå de åtgärder som behövs för att kunna uppfylla internationella åtaganden om biologisk mångfald och klimat. Förslagen ska beakta befintligt kunskapsunderlag och behovsanalyser om skydd av skog och ökande efterfrågan på skogsråvara. När behovet av åtgärder för bevarande av biologisk mångfald fastställts är utredningens bedömning att de åtgärder som bidrar till ökad kolinlagring bör komma till stånd så snart som möjligt.

Skäl för utredningens förslag och bedömning

Det saknas styrmedel direkt riktade mot ökad kolsänka och minskade utsläpp i sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (*land use, land use change and forestry*, LULUCF-sektorn). Om föreslagna kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn ska komma till stånd behöver regeringen och riksdagen ta fram förslag och fatta beslut om nya styrmedel eller styrmedelsförändringar som ger incitament för ökad kolsänka och minskade utsläpp. Regeringen och riksdagen kan även behöva föreslå och besluta om att avsätta budgetmedel utöver tillgängliga medel inom EU:s gemensamma jordbrukspolitik för att kompletterande åtgärder ska komma till stånd i LULUCF-sektorn.

Åtgärder som leder till ökat upptag av koldioxid eller minskade utsläpp i LULUCF-sektorn kan betraktas som en kollektiv nytthet, dvs. en positiv extern effekt, i motsats till koldioxidutsläpp från förbränning av fossila bränslen och andra utsläpp av växthusgaser som utgör negativa externa effekter. Därmed skulle den som genomför en åtgärd som bidrar till ett ökat upptag eller minskade utsläpp i LULUCF-sektorn i princip kunna ersättas för detta. Utredningens

inriktning är därför att föreslå effektivt utformade ekonomiska stöd från det allmänna.

Det är inte troligt att stödnivåerna i förhållande till klimatnyttan kommer hamna på samma nivå på de åtgärdsområden som utredningens föreslår, eftersom det samtidigt är viktigt att överkompensation undviks. Utvärderingar av befintliga stöd pekar dock på att en utvecklad och intensifierad rådgivning är nödvändig för att stöden ska sökas i tillräcklig omfattning.

Åtgärdsförslagen inom LULUCF-sektorn omfattar framför allt åtgärder på jordbruksmark och jordbruksmark som tagits ur bruk (fånggrödor och mellangrödor, agroforestry, energiskogsodling och beskogning) samt återvätning av skogsmark och i viss mån även av jordbruksmark som tagits ur bruk. För samtliga föreslagna åtgärder gäller att förutsättningarna för att nå andra miljömål och målen i den nationella livsmedelsstrategin inte ska försvåras utan snarare stärkas.

Förslag till styrning och styrmedel för föreslagna åtgärder i LULUCF-sektorn

Incitament för olika åtgärder inom jord- och skogsbruk ges i dag genom den gemensamma europeiska jordbrukspolitiken, de olika stödsystem som finns och den rådgivning som erbjuds. Syftet med de olika stöd som erbjuds, bl.a. inom landsbygdsprogrammet, är dock inte primärt att öka kolinlagringen. För att skapa incitament för åtgärder inriktade mot ökad kolsänka och minskade utsläpp från mark behöver därför befintliga styrmedel utvecklas och nya införas.

EU:s nya gemensamma jordbrukspolitik träder i kraft 2021. Europeiska kommissionen har lagt fram ett förslag till gemensam politik 2021–2027; förslaget och den sammanlagda budgeten för jordbrukspolitiken är fortfarande under förhandling. Kommissionens förslag innebär en sänkning av den totala budgeten med 5 procent, vilket för Sveriges del innebär att EU:s bidrag till det svenska landsbygdsprogrammet sänks med 15 procent.

I kommissionens förslag är klimatåtgärder ett av nio mål för den gemensamma jordbrukspolitiken, och bland klimatåtgärderna lyfts särskilt bl.a. åtgärder för ökad kolinlagring i mark. Förslaget till gemensam jordbrukspolitik innebär att medlemsländerna får större ansvar att utforma och genomföra politiken nationellt, där varje land ska ta fram en strategisk plan för åtgärder och stödvillkor som visar

hur målen för jordbrukspolitiken ska nås. Planen ska skickas till kommissionen 2020. Politiken ska bli mer resultatorienterad och särskilda indikatorer ska styra uppföljningen. Detta skapar möjligheter att inkludera fler klimatinriktade åtgärder i framtida landsbygdsprogram.

Utredningens bedömning är att det kommer finnas stöd för flera av de föreslagna åtgärderna inom det landsbygdsprogram som är under utveckling och som ska gälla 2021–2027, eftersom åtgärderna återfinns bland de områden som bör prioriteras enligt kommissionens förslag. Utredningen bedömer det därför som kostnadseffektivt att utveckla möjligheterna till ersättningar inom det kommande landsbygdsprogrammet så att tillräckliga ekonomiska incitament skapas för berörda aktörer utan att ersättningarna leder till överkompensation.

Även om många av stöden i landsbygdsprogrammet redan i dag bidrar till miljö- och klimatmålen är ökad kolinlagring inte det primära syftet med stöden. Detta kan tala för högre ersättningsnivåer i kommande landsbygdsprogram till projekt som också ger sådana effekter. Samtidigt är inte alltid ersättningsnivån avgörande när lantbrukare planerar att ansluta sig till ett stöd; även okunskap om ersättningarna kan vara en möjlig anledning. Information och rådgivning, kombinerat med väl avvägda ersättningsnivåer, kan därför vara mer effektivt än att enbart justera nivån på den ersättning som ges.

Befintliga stöd för fånggrödor behöver enligt utredningens bedömning i första hand vidgas så att även mark utanför nitratkänsliga områden kan få stöd, och stöden bör dessutom inkludera fler grödor. Det är alltså inte säkert att stödnivån på ersättningen behöver höjas på detta område. Förgröningsstödet är ett obligatoriskt stöd för alla som söker gårdsstöd men kommer inte finnas kvar i nästa programperiod. För att öka användningen av mellangrödor är det viktigt att säkerställa att det finns möjlighet till åtgärder för mellangrödor även i kommande programperiod, antingen inom direktstöden eller inom landsbygdsprogrammet. För energiskog kan dock stödnivån behöva sättas högre än i dag, men det beror på hur efterfrågan på bioenergi utvecklas.

Både befintliga ersättningar och de som behöver tillkomma, bl.a. för agroforestry och eventuella ytterligare åtgärder, behöver utredas vidare i samband med att det nya landsbygdsprogrammet utformas.

Det finns i dag inga stöd inriktade mot beskogning genom plantering med traditionella skogsträd utan det är upp till markägaren att bedöma om investeringen är lönsam. Givet den investeringskostnad som en nyetablering av skog innebär i förhållande till avkastningen är beskogning oftast en lönsam åtgärd. Därför föreslås framför allt förbättrad rådgivning dels för effektiv beskogning av marker som inte berättigar till gårdsstöd, dels för optimerad skötsel av självföryngrad skog på tidigare jordbruksmark. Ett stöd i samma storlek som för energiskogsodling för beskogning och optimerad skötsel av självföryngrad skog skulle också kunna inrättas för att intensifiera beskogningstakten och förbättra tillväxten på självföryngrad mark. Behovet och utformning av ett sådant stöd behöver utredas vidare.

Eftersom flera av åtgärderna som föreslås för jordbruksmark och jordbruksmark som tagits ur bruk kan leda till målkonflikter, framför allt gällande biologisk mångfald, behöver kriterier utformas för vilken mark som är lämplig för respektive åtgärd och hur åtgärderna utformas. Dessa kriterier kan t.ex. innefatta vilka trädslag som är lämpliga vid beskogning, utan att förutsättningarna för att nå andra miljömål försämras men som också innebär att den identifierade potentialen realiserar och att den tillgängliga marken nyttjas på ett så bra sätt som möjligt avseende påverkan på klimatet.

Utvärderingar av befintliga stöd pekar på att en utvecklad och intensifierad rådgivning är nödvändig för att stöden ska sökas i tillräcklig omfattning. För att få till stånd föreslagna åtgärder på befintlig jordbruksmark och jordbruksmark som inte längre används för livsmedels- och foderproduktion behöver rådgivningen och information utvecklas och intensifieras av ansvariga myndigheter, bl.a. om vilka stöd som kan sökas för dessa åtgärder.

Det ges redan i dag stöd för anläggning, restaurering och skötsel av våtmark i odlingslandskapet. Syftet med stöden är dock inte primärt att minska växthusgasavgången utan att bevara och förstärka biologisk mångfald som gynnas av vatten i landskapet eller förbättra vattenkvaliteten i sjöar, vattendrag och hav genom att rena vatten från växtnärsämnen.

För att i större omfattning åstadkomma kostnadseffektiv återvätning av dränerad torvmark behöver möjligheten öka för att erbjuda

markägare rimlig ersättning för att återvåta marken samt i förekommande fall för skötsel av våtmark under lång tid och för förlorat markvärde. För att uppnå den önskade klimatnyttan krävs dock att investeringen bibehålls under mycket lång tid. Utifrån utredningens bedömningar om rimlig ersättning för återvåtning av skogsmark och jordbruksmark (se kapitel 6) behöver befintligt stöd inom landsbygdsprogrammet, som förutsätts finnas kvar 2021–2027, kompletteras med cirka 125 miljoner kronor per år för återvåtning av dikad torvmark, framför allt i skogslandskapet. Ersättningarna placeras lämpligen inom ramen för redan befintliga eller planerade åtgärder och administrativa system, t.ex. den lokala naturvårdssatsningen (LONA).

För att kostnadseffektiva åtgärder för återvåtning ska komma till stånd krävs också bättre underlag för att identifiera lämplig mark för återvåtning, så att åtgärderna styrs till den mark som ger mest klimatnytta till lägst kostnad. För att initiera en omfattande återvåtning av dränerad torvmark behövs också uppsökande verksamhet och effektiv rådgivning.

Öka kunskapen om hur utsläpp i samband med exploatering av mark kan minskas

Det finns inga styrmedel inriktade mot att begränsa växthusgasutsläppen i samband med exploatering, dvs. permanent förändring av markanvändningen. Eftersom dessa utsläpp utgör ett ansenligt bidrag till utsläppen i LULUCF-sektorn och permanenta kolförrådsförluster från skog och markanvändning har jämförbar klimatpåverkan som fossila utsläpp behöver kunskapen öka om hur växthusgasutsläppen påverkas av förändringar av markanvändningen och hur permanenta kolförrådsförluster kan minskas i samband med exploatering av jordbruksmark, skogsmark och våtmark.

Utsläppen kan minskas genom att exploateringen styrs till annan mark eller att växthusgasutsläppen minimeras genom att en mindre areal nyttjas än vad som ursprungligen planerats. Det behöver utredas vidare hur växthusgasutsläpp och kolförrådsförluster i samband med exploatering av olika marktyper ska beräknas och hur dessa kan minskas genom att den berörda arealen begränsas eller att exploatering styrs till annan mark där klimatpåverkan blir mindre, samtidigt som hänsyn tas till andra miljömål.

Åtgärder som påverkar skogsbruket

Utredningen lägger inga specifika förslag för att skapa incitament för ökad kolsänka på skogsmark. Vare sig för specifika åtgärder för ökad tillväxt eller för ökat skydd av produktiv skogsmark.

Utredningen ser dock ett behov av att befintlig kunskap som kan leda till ökad kolinlagring och skogsproduktion genom tillväxthöjande åtgärder och åtgärder för ökad naturhänsyn, sammanställs och används i rådgivningsinsatser. För att bibehålla befintlig kolsänka och säkra framtida skogsproduktion bör underlag tas fram även för åtgärder som minskar skaderisken och ökar klimatanpassningen för olika skogstyper. Skogsstyrelsen bör därför få stärkt anslag för rådgivning om hållbara tillväxthöjande åtgärder, åtgärder för ökad naturhänsyn på produktiv skogsmark samt skadeförebyggande och klimatanpassande åtgärder. För detta föreslås en speciellt riktad budget på 10 miljoner kronor per år.

Utredningen lägger inga särskilda förslag om att undanta större arealer produktiv skogsmark från virkesproduktion som en åtgärd för ökad kolsänka men bedömer samtidigt att Skogsutredningen 2019 (M 2019:02), som ska föreslå åtgärder för att Sverige ska kunna uppfylla internationella åtaganden om biologisk mångfald och klimat, kommer leda till att behovet av åtgärder för bevarande av biologisk mångfald kan fastställas. Sådana åtgärder bör komma till stånd så snart som möjligt för att de av åtgärderna som också bidrar till ökad kolinlagring ska kunna göra det snarast. Hur åtgärderna påverkar det totala nettoupptaget på skogsmark beror samtidigt på hur avverkningsnivån påverkas och utvecklas.

Åtgärder för ökat träbyggande

Det finns inga styrmedel inriktade mot ökad användning av förnybara material i byggnader eller för att bevara befintliga bestånd av träbyggnader. Flera kommuner har dock utvecklat träbyggnadsstrategier på senare år, för att styra utvecklingen i den mån det är möjligt. Möjligheten att ställa särkrav för ökad andel trä i byggnader kräver ändringar i plan- och bygglagstiftningen. I stället bör möjlighet skapas att ställa krav vid offentlig upphandling om en viss andel klimatneutralt material vid nybyggnation. Boverket presenterade 2018 ett förslag till en ny klimatdeklarationslag där krav på klimatdeklaration

successivt föreslås så att åtgärder som minskar byggnaders klimatpåverkan vidtas. Utredningen bedömer att en sådan lag kommer leda till att användningen av förnybara material ökar, speciellt vid byggande av flerfamiljshus och allmännyttiga lokaler.

Eftersom dessa förslag nyligen lämnats av Boverket finns det inte skäl för utredningen att lämna ytterligare förslag på styrmedel som kan leda till ökat träbyggande.

Behov av FoU inom LULUCF-sektorn

Kunskapsläget är relativt gott för samtliga åtgärder som diskuteras för ökad kolsänka eller minskade utsläpp. Det finns dock några områden där kunskapen kan behöva öka, framför allt vad gäller utsläpp från dränerad torvmark och effekten av klimatrelaterade störningar på skog.

Hur stora utsläppsminskningarna i samband med återvätning av dränerad torvmark kan bli beror på vilken typ av mark det rör sig om och vilket nytt tillstånd restaureringen leder till. Även om kunskapen om utsläppens storlek generellt sett är relativt god finns fortsatt behov av forskning för att öka kunskapen om växthusgasbalanser för olika typer av torvmarker och för olika dräneringsnivåer samt effekterna av att våtmark återskapas på dessa marker. Därför föreslår utredningen en riktad satsning på forskning och utveckling (FoU) om återvätning, inklusive direkt mätning av utsläpp för olika typer av torvmarker och pilotförsök. Skogsstyrelsen bör få ansvar att fördela medel som bör omfatta totalt 9 miljoner kronor 2021–2023. Utlysningarna ska vara tydligt riktade mot att öka kunskapen om växthusgasbalanser på dränerad torvmark och hur utsläppen kan minimeras.

Skador på skog i samband med insektsangrepp, bränder och stormar är ett stort problem. Bedömningen är att sådana händelser kan komma att öka i ett förändrat klimat, men kunskapen om hur skogsbruket kan anpassas och begränsa konsekvenserna av sådana händelser är bristfällig. Det finns därför ett stort behov av ökad forskning om hur olika klimatinducerade skador på skog ska kunna begränsas. Utredningen föreslår därför att Skogsstyrelsen tilldelas totalt 6 miljoner kronor 2021–2023 att fördela genom riktade utlysningar.

Uppföljning och redovisning av kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn

Redovisningen av kompletterande åtgärder ska följa internationellt överenskomna regler. Det innebär att de åtgärder som föreslås av utredningen inkluderas under den markanvändningskategori (klimatkonventionen) eller bokföringsaktivitet (Kyotoprotokollet och EU) där den hör hemma i respektive redovisning. Det innebär t.ex. att beskogning av åkermark redovisas under *mark som konverteras till skogsmark* enligt klimatkonventionen och *beskogad mark* till EU samt att återvätning av skogsmark redovisas under *skogsmark som förblir skogsmark* enligt klimatkonventionen och under *bruk av skogsmark* till EU.

De uppföljningssystem som används av Sverige i dag för klimatrapporteringen till FN och EU behöver utvecklas – dels för att bättre möta kraven i LULUCF-förordningen¹, dels för att med större säkerhet fånga in effekten av de åtgärder som utredningen föreslår. Den metodik som används i dag är till stor del baserad på stickprovsundersökningar som lämpar sig bra på nationell nivå men som är sämre på att fånga in små förändringar och areellt mindre omfattande aktiviteter. Befintliga system kan kompletteras med bl.a. digitalt kartmaterial, fjärranalys, resultatredovisning av stöden inom landsbygdsprogrammet och andra databaser från berörda myndigheter. I dag är Naturvårdsverket ansvarig myndighet för miljökvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan* och har också ansvar för att ta fram underlag för redovisning av växthusgasutsläpp till EU och till klimatkonventionen. Det är därför lämpligt att Naturvårdsverket får i uppdrag att ansvara för att följa upp och redovisa kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn.

Höga kvalitetskrav på bidraget från LULUCF-sektorn

De olika bokföringsmodeller som hittills tillämpats inom LULUCF-sektorn under Kyotoprotokollet till klimatkonventionen och inom EU har haft som syfte att skapa incitament för att öka kolsänkan och minska utsläppen i sektorn. Men givet de bokföringsbegränsningar

¹ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/841 av den 30 maj 2018 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030.

och det faktum att inte alla aktiviteter varit obligatoriska, har egentligen bara reella incitament skapats för att minska utsläppen i samband med avskogning och att öka upptagen i samband med beskogning. Under den andra åtagandeperioden togs begränsningen på bokförda utsläpp från skogsbruk bort, vilket ger incitament att inte överavverka, samtidigt som möjligheterna till krediter för ökat upptag fortfarande begränsas.

LULUCF-förordningen som gäller 2021–2030 bygger vidare på de principer som gäller för Kyotoprotokollets andra åtagandeperiod, vilket innebär att det både finns incitament för ökad kolsänka och minskade utsläpp. Bidraget från beskogningsåtgärder har dock begränsats genom att aktiviteten bara får räknas under de 20 eller 30 första åren efter planteringstillfället. Dessutom kan överskottskrediter från LULUCF-sektorn användas för att balansera underskott i den icke-handlande sektorn som regleras i ansvarsfördelningsförordningen². och överskottskrediter från den icke-handlande sektorn kan användas för att balansera nettoutsläpp i LULUCF-sektorn. Incitamenten för ökad kolsänka och minskade utsläpp bedöms öka med LULUCF-förordningen på plats.

Utredningens utgångspunkt är att ökade nettoupptag eller minskade utsläpp för kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn får tillgodoräknas mot de nationella klimatmålen 2030, 2040 och 2045 som den additionella effekten av varje enskild här föreslagen åtgärd jämfört med om åtgärden inte hade genomförts.

Hela den additionella effekten bör få tillgodoräknas, dock med förbehållet att målet om att LULUCF-sektorn inte ska ha några nettoutsläpp enligt LULUCF-förordningen uppfylls.

Om alla aktiviteter sammantaget, inklusive bidraget från de kompletterande åtgärderna, resulterar i ett nettoutsläpp får inget bidrag från de kompletterande åtgärderna i LULUCF-sektorn tillgodoräknas för att nå det nationella målet. Om de kompletterande åtgärderna bidrar till att nettoutsläpp undviks enligt LULUCF-förordningen, dvs. om alla övriga aktiviteter genererar ett nettoutsläpp, ska bara den del som återstår när utsläppen balanserats få tillgodoräknas. Bidraget från de kompletterande åtgärderna påverkas således av utfallet av hela LULUCF-sektorn gentemot LULUCF-förordningens

² Europaparlamentets och rådets förordning 2018/842/EU av den 30 maj 2018 om medlemsstaternas bindande årliga minskningar av växthusgasutsläpp under perioden 2021–2030 som bidrar till klimatåtgärder för att fullgöra åtaganden enligt Parisavtalet samt om ändring av förordning 525/2013/EU (Effort Sharing Regulation).

mål. Samma förhållningssätt bör gälla för 2040 och 2045 relativt de eventuella regler som kommer gälla då.

För att uppfylla målen i LULUCF-förordningen räknas alla flöden i respektive aktivitet med i bokföringen – både förändringar som beror på de kompletterande åtgärder som föreslås här och förändringar som sker av andra anledningar.

7.1 Styrning och styrmedel för ökad kolsänka och minskade utsläpp inom LULUCF-sektorn

I kapitel 6 om potentialer för åtgärder inom LULUCF-sektorn beskrivs möjliga kompletterande åtgärder som utredningen vill lyfta fram.

Detta avsnitt innehåller en genomgång av befintliga styrmedel och en diskussion om hur befintliga styrmedel kan behöva förändras och nya styrmedel skapas för att ge incitament till ytterligare åtgärder.

Avslutningsvis diskuteras hur effekten av genomförda åtgärder dels förhåller sig till befintliga regler för bokföring inom EU och internationellt, dels bör redovisas i förhållande till målet om att uppnå negativa utsläpp till 2045.

7.1.1 Jordbruksmark

Befintlig styrning och behov av förändring

Jordbruket i Sverige påverkas i hög utsträckning av de incitament som ges genom EU:s gemensamma jordbrukspolitik. Nuvarande politik gäller 2015–2020 och inkluderar en rad olika stöd och ersättningar som i första hand riktar sig till lantbrukare.

Inga av de befintliga stöden och ersättningarna på jordbrukssidan är direkt inriktade mot ökning av kollager eller minskning av utsläpp från åkermark och betesmark. Redan i dag finns dock incitament för åtgärder som kan leda till ökad kolsänka och minskade utsläpp inom jordbruket genom de olika stödsystem som finns och genom den rådgivning som erbjuds. Det primära syftet med de olika stöden, bl.a. inom landsbygdsprogrammet, är dock inte att öka kolinlagringen eller att minska utsläppen av växthusgaser.

Den befintliga rådgivningen på jordbruksområdet inom ramen för landsbygdsprogrammet erbjuder viss klimatinriktad rådgivning men den är mer inriktad på hur utsläppen från jordbruksverksamheten kan minska än mot ökad kolinlagring. Rådgivningen inom *Greppa Näringen*³ inkluderar t.ex. växtföljder som kan leda till ökad mullhalt och kolinlagring. Befintlig rådgivning behöver fortsatt utvecklas.

När det gäller åtgärder som är gynnsamma för kolinlagringen går det t.ex. att få stöd för att använda fånggrödor med det primära syftet att minska näringsläckaget. I en utvärdering av det pågående landsbygdsprogrammet konstateras dock att antalet sökande till ersättningen för fånggrödor är betydligt lägre än förra programperioden, troligen på grund av att regelverken ändrade förutsättningarna för lantbrukarna. Ersättning för fånggrödor söktes på 94 000 hektar 2018 medan målet var totalt 138 000 hektar. I flera län har dock minskningen i fånggröda kompenseras av areal med insädd av vall eller mellangröda i förgröningsstödet.⁴

För att öka användningen av fånggrödor bör reglerna ses över, och stödet bör riktas mot större arealer och omfattar fler grödor så att befintlig potential ges större möjligheter att realiseras under nästa programperiod.

Det finns även stöd för att skapa våtmarker men av andra skäl än att minska växthusgasutsläppen. När det gäller åtgärder på jordbruksmark som inte längre används för livsmedels- och foderproduktion finns investeringsstöd för energiskogsodling.

Det finns också stöd inom landsbygdsprogrammet som begränsar åtgärder i form av agroforestry och beskogning; t.ex. ges gårdsstöd till markägare som håller marken öppen, vilket betyder att möjligheterna till att marken beskogas minskar. Ett annat styrmedel som kan påverka om beskogning utförs är det stöd för skogsbete på mark som av länsstyrelsen klassas som skogsbetesmark. Skogsbetesmark ska enligt länsstyrelsen innehålla inslag av gamla träd. Därför kan inte stöd ges till betesmarker med nyligen planterade träd utan endast till befintligt skogsbete eller till skogsmark som ställs om till betesmark.

³ *Greppa Näringens* mål är minskade utsläpp av klimatgaser, minskad övergödning och säker användning av växtskyddsmedel. *Greppa Näringen* drivs i samarbete mellan Jordbruksverket, LRF, länsstyrelserna samt ett stort antal företag i lantbruksbranschen.

⁴ Jordbruksverket (2018d).

Noterbart är att det inom landsbygdsprogrammet fanns möjligheter för medlemsländerna att ge stöd till klimatåtgärder, t.ex. agroforestry,⁵ även om Sverige har valt att inte inkludera denna möjlighet 2014–2020.

Agroforestry bedöms dock vara en åtgärd som troligen kan få stor acceptans, eftersom den inte behöver förändra landskapsbilden och inte bedöms ha samma påverkan på andra miljömål, t.ex. biologisk mångfald, som traditionell beskogning eller energiskogsodling. Eftersom agroforestry i dag inte är en väletablerad åtgärd behövs utvecklad rådgivning på området. Som stöd för rådgivningen behöver kriterier utformas för vilken mark som är lämplig för agroforestry och vilka trädslag som är lämpligast för åtgärden utan att förutsättningarna för att nå andra miljömål och målen i Livsmedelsstrategin försämras. Stödssystemet inom kommande landsbygdsprogram behöver därför även inkludera ersättning för agroforestry.

Ansökan om stöd för energigrödor inom gårdsstödet, mätt i antalet hektar, har minskat med cirka 30 procent mellan 2005 och 2018. Odlingen av salix har nästan halverats, från 13 300 hektar till 7 000 hektar. Poppel har däremot ökat, från cirka 200 hektar till drygt 1 700 hektar. Även hybridasp har ökat, från knappt 40 hektar till 700 hektar. Det finns också ett investeringsstöd för energiskogsodling som även kan nyttjas för åtgärder på jordbruksmark som inte längre används för livsmedels- och foderproduktion. Trenden är dock tydlig att odlingen av energigrödor totalt sett minskar.

Jordbruksverket har genomfört flera fältvandringar där man informerar om och uppmuntrar till odling av poppel och hybridasp, men trots flera informationsinsatser om möjligheten att söka investeringsstöd för odling av energigrödor har det varit svårt att få nya sökande.

Jordbruksverket har under programperioden årligen tagit fram bidragskalkyler för bl.a. energigrödor för att ge lantbrukare en bild över lönsamheten för dessa. Dessa kalkyler visar att det är svårt att få lönsamhet i energigrödor, vilket är en trolig förklaring till att den odlade arealen minskat under senare år. Samtidigt visar olika odlingsförsök att det finns goda förutsättningar att öka tillväxten för t.ex.

⁵ 23 § Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 1305/2013 av den 17 december 2013 om stöd för landsbygdsutveckling från Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling (Ejflu) och om upphävande av rådets förordning (EG) nr 1698/2005, EUT L 347, 20.12.2013, s. 487.

poppel och därmed lönsamheten.⁶ Snabbväxande lövträd som poppel och hybridasp kan kanske till och med bli ett alternativ och komplement till granen i skogsbruket.

Enligt aktuell statistik är söktrycket generellt lågt för de stöd inom lantbruksprogrammet som på något sätt berör åtgärder för ökad kolinlagring.⁷

Marknadsaktörerna är en heterogen grupp

Inom jordbruks- och skogsbrukssektorn är marknadsaktörerna en relativt heterogen grupp, vilket gör att möjligheten och intresset för att söka information om och sätta sig in i olika åtgärder kan vara begränsande, trots att åtgärderna i en del fall till och med kan vara företagsekonomiskt lönsamma. Detta gäller exempelvis åtgärder som kan bidra till en ökad kolinlagring i mark men även sådana som skulle kunna leda till att avgången av växthusgaser från torvmarker begränsas. Så kallade informationsmisslyckanden är vanliga inom dessa näringar tillsammans med andra närbesläktade s.k. beteendemislyckanden.⁸⁹

En studie med primärt syfte att utveckla verktyg som kan värdera förändringar i stödjande och reglerande ekosystemtjänster kopplade till skötsel av jordbruksmark från både lantbrukarens och samhällets perspektiv har tagits fram av Naturvårdsverket.¹⁰ Studien visar hur lantbrukares beslut i första hand rör deras produktion, vilken i sin tur reglerar nivån på ekosystemtjänster och åtgärder som är till nytta för samhället, t.ex. ökad kolinlagring. På gårdsnivå värderas produktionen av markekosystemtjänster från lantbrukarens perspektiv. Metoderna har utvecklats av lantbrukare tillsammans med deras rådgivare och omfattar de mest ekonomiskt betydande grödorna. Resultaten visar att värdet för lantbrukarna av att investera i naturkapital bl.a. beror på deras attityder till framtida vinster.

Jordbruksverket har genom enkäter undersökt hur viktig ersättningsnivån är i relation till andra faktorer när lantbrukare planerar

⁶ Skogsstyrelsen (2018c).

⁷ www.jordbruksverket.se

⁸ De barriärer som förekommer diskuteras bl.a. av den Europeiska kommissionen i https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-specific-objectives-brief-5-agriculture-and-climate-mitigation_en.pdf

⁹ OECD (2017), ESO (2016).

¹⁰ Hedlund m.fl. (2017).

att ansluta sig till ett stödprogram. Många lantbrukare kan inte svara på varför de inte sökt vissa ersättningar, men ointresse och okunskap om ersättningarna anges som möjliga anledningar. Information och rådgivning kombinerat med ökade ersättningar kan därför vara mer effektivt än att enbart justera ersättningsnivån. Mellan var femte och var tionde lantbrukare anger dock att de inte söker ersättningar på grund av att ersättningsnivån är för låg, och det kan därför finnas skäl att höja ersättningsnivåerna för vissa ersättningar för att öka anslutningsnivån. Lantbrukare som har sökt ersättning anser generellt att ersättningsnivån är viktig för beslutet att söka. Sammantaget tyder ovanstående på att lantbrukare har olika uppfattningar om hur stor ersättningsnivån bör vara för att det ska anses lönsamt att söka en ersättning.¹¹ I vilken utsträckning och hur mycket stödet behöver öka för befintliga åtgärder måste dock utredas vidare i samband med att kommande landsbygdsprogram utformas.

7.1.2 Beskogning

Här redovisas åtgärder som gäller beskogning av jordbruksmark som inte längre används för livsmedels- och foderproduktion samt mark som redan börjat växa igen.

Styrning och styrmedel för beskogning och behov av förändring

Att ta jordbruksmark ur jordbruksproduktion berörs i 12 kap. miljöbalken), där det framgår att regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer får föreskriva att jordbruksmark får tas ur jordbruksproduktion först efter anmälan till länsstyrelsen, om inte åtgärden är av ringa betydelse för jordbruket på brukningsenheten eller för natur- och kulturmiljön. Detta gäller dock inte om marken tas i anspråk för verksamhet vars tillåtlighet har prövats i särskild ordning.¹²

Befintliga styrmedel på området är inte direkt inriktade mot beskogning som klimatåtgärd men det finns flera styrmedel som ändå bidrar till att skapa incitament för och emot beskogning.

¹¹ Jordbruksverket (2019).

¹² 12 kap. 9 § miljöbalken och 3 § förordning (1998:915) om miljöhänsyn i jordbruket.

Gårdsstöd¹³ ges för att plantera energiskog på åkermark. Det innebär att skörd av poppel och hybridasp måste ske minst vart tjugonde år för att gårdsstöd för marken ska erhållas. Plantering av energiskog innebär inte att marken tas ur jordbruksproduktion.

Gårdsstöd kan också vara ett incitament i motsatt riktning, eftersom stöd erhålls inom EU så länge marken hålls i gott skick. Det medför att marken inte får beskogas, även om ingen jordbruksproduktion sker på den.

I landsbygdsprogrammet för 2014–2020 finns ett investeringsstöd för plantor (poppel och hybridasp) och plantering av poppel och hybridasp. Det finns även investeringsstöd för stängsling av energiskogsodlingar.

Energiskogsodling inom ramen för de stöd som ges inom landsbygdsprogrammet hamnar i redovisningen under rubriken *Brukad åkermark*. Intresset för att söka befintliga stöd är dock lågt enligt befintlig statistik (se kapitel 6.1.1).

För aktiv beskogning genom plantering med traditionella skogs-träd finns inga styrmedel annat än att det enligt 5 § skogsvårdslagen (1979:429) krävs att ny skog ska anläggas på produktiv skogsmark om markens virkesproducerande förmåga efter avverkning eller på grund av skada på skogen inte tas till vara på ett godtagbart sätt, om marken inte nyttjas eller om skogens tillstånd är uppenbart otillfredsställande.

Ofta växer marken igen genom passiv beskogning, dvs. självföryngring, och det är upp till markägaren att bedöma om en investering i aktiv beskogning är lönsam. Givet den investeringskostnad nyetablering av skog innebär i förhållande till avkastningen är dock beskogning oftast en lönsam åtgärd. Det gäller både plantering av gran, men också självföryngrad björk samt andra mer snabbväxande lövträd, t.ex. hybridasp.

Även om beskogning i utredningens förslag framför allt avser mark som redan tagits ur bruk är det viktigt att notera den målkonflikt som finns mellan miljömålet *Ett rikt odlingslandskap* och förslaget om beskogning samt kopplingen till Livsmedelsstrategin. Ett rationellt och lönsamt betesdjursbaserat företagande behövs, särskilt i skogsbygder. Ofta är t.ex. mjölkgårdarna i dessa bygder beroende av stora arealer arrendemark. Förslag som minskar lantbrukarnas möjligheter att bedriva sin verksamhet påverkar möjligheten att nå

¹³ Förordning (2014:1101) om EU:s direktstöd för jordbrukare.

både Livsmedelsstrategin och skötsel av värdefulla betesmarker t.ex. enligt Natura 2000.

De marker som överges och växer igen är de marker som är minst produktiva på grund av läge och storlek, och skogsodling på dessa kan leda till minskad variation på landskapsnivå och minskad möjlighet att nå miljömålen.

Aktörsanalys

Markägarnas attityder till beskogning av jordbruksmark har undersökts via litteraturstudier, intervjuer och diskussioner med forskare och handläggare samt 15 djupintervjuer med markägare.¹⁴ Undersökningen visar att planteringarna i samband med den satsning på beskogning som gjordes i början av 1990-talet ofta blev eftersatta, inte sällan beroende på att de initierades av finansiellt stöd snarare än av företagarintresse. Vid EU-inträdet 1995 återinfördes ett jordbruksstöd och mycket av den omställda marken återgick till jordbruksproduktion. Ägare av större fastigheter, aktiva lantbrukare i åldern 40–65 år och innehavare av stor andel egen mark är de som främst tagit jordbruksmark ur produktion genom att plantera salix. Regelverket kring utarrendering av jordbruksmark utgör genom sin konstruktion ett hinder för beskogning, vilket blir påtagligt eftersom cirka 45 procent av jordbruksmarken är utarrenderad.

Markägarna har löst sitt behov av rådgivning dels via olika organisationer och företag, dels via internet. Dessa informationsvägar uppgavs fungera bra enligt cirka hälften av respondenterna.

De argument för plantering som nämndes vid intervjuerna var att skapa bättre arrondering genom att plantera igen insprängda åkerplättar och jämna till åkerkanter samt ren nyfikenhet och ambitionen att minska arbetsintensiteten i jordbruket. Planteringsbeslut tas inte sällan vid övertagande av fastigheten eller när arrenden upphör. I ett fall insåg man att det var fullt möjligt att plantera poppel eller hybridasp med bibehållet gårdsstöd. Man är ofta beredd att ta hänsyn till både grannars och allmänhetens synpunkter på hur marken brukas och menar att detta styr mot lövträd. I ett fall gav en granplantering upphov till uttalat missnöje.

¹⁴ Eriksson m.fl. (2011).

Det tidigare trädesbidraget från EU som krävde årlig ansning av marken motverkade såväl aktiv beskogning som naturlig igenväxning, vilket också var avsikten. Även djurhållning, med behov av bete, motverkar beskogningen av jordbruksmark.

Av intervjuerna framkom att beskogning sänker fastighetsvärdet på tätortsnära fastigheter, men även på mindre fastigheter i skogsbygd. Det finns också en generell och ofta stark skepsis till att plantera igen marker som brutits av tidigare generationer.

Markägarnas situation är inte stabil och Jordbrukspolitiken står inför stora förändringar. Ofta är ersättningsfrågan central för markägaren, och flera av dagens alternativ för markanvändning skulle falla om stöden för dessa togs bort. Om flera större markägare får kunskap om de ekonomiska incitamenten för att odla energigrödor kan exempelvis poppel komma att planteras i långt större utsträckning än i dag.

I en undersökning om attityder till plantering av energiskog ställdes frågan om vilka faktorer som skulle kunna öka intresset för odling av poppel, hybridasp och salix. Det svar som var mest frekvent var ”mer och bättre rådgivning”. För hybridasp framhölls ”högre bidrag och lägre kostnad för etablering” särskilt.¹⁵

7.1.3 Återvätning

Befintliga styrmedel för återvätning och möjlig styrning

Att anlägga våtmarker och göra andra förändringar av vattennivåer omfattas i de flesta fall av anmälnings- eller tillståndsplikt.¹⁶ Förutom krav på anmälan eller tillstånd till vattenverksamhet kan även dispens från artskydd, biotopskydd eller andra områdesskydd krävas.¹⁷ Dessutom krävs tillstånd för att bedriva verksamheter eller vidta åtgärder som på ett betydande sätt kan påverka miljön i ett s.k. Natura 2000-område.¹⁸

För att få anlägga en våtmark behöver en anmälan om vattenverksamhet göras till länsstyrelsen i de fall vattenområdet har en yta

¹⁵ Hannerz och Bohlin (2012).

¹⁶ 11 kap. 9 § miljöbalken.

¹⁷ 7 och 8 kap. miljöbalken, artskyddsförordningen (2007:845) och förordningen (1998:1252) om områdesskydd enligt miljöbalken m.m.

¹⁸ 7 kap. 28 a § miljöbalken.

som inte överstiger 5 hektar.¹⁹ Om ytan är större än 5 hektar krävs ett tillstånd, vilket söks hos mark- och miljödomstolen. Om det är uppenbart att varken enskilda eller allmänna intressen skadas genom vattenverksamhetens inverkan på vattenförhållandena krävs däremot varken tillstånd eller anmälan.²⁰

Det finns inga styrmedel direkt inriktade mot att minska växthusgasutsläpp från dränerade torvmarker genom återvätning. Inom ramen för landsbygdsprogrammet ges dock stöd för anläggning och återskapande av våtmark samt ersättning för skötsel av våtmarker i odlingslandskapet. Syftet är inte primärt att minska växthusgasavgången utan att bevara och förstärka biologisk mångfald som gynnas av vatten i landskapet eller att förbättra vattenkvaliteten i sjöar, vattendrag och hav genom att rena vatten från växtnärsämnen. Stödet omfattar kostnader för att anlägga eller restaurera våtmarken, inklusive projekteringskostnader och underlag som behövs för att få eventuella tillstånd för anläggningen. Insatsen bygger således på frivillighet. I gällande villkor för stöd ingår däremot inga klimataspekter.

Miljöersättning för skötsel av våtmarker och dammar ska sökas senast året efter att länsstyrelsen har slutbesiktat och godkänt den anlagda eller restaurerade våtmarken. Miljöersättningen är en fast ersättning som är avsedd att ersätta en viss andel av förlorat markvärde och de skötselkostnader som våtmarken ger upphov till.

Både antalet sökande och den areal för vilken man ansökt om våtmarksersättningen har ökat den senaste programperioden (2014–2020) och målet att miljöersättningen för skötsel av våtmarker och dammar ska omfatta 8 400 hektar per år har uppnåtts. Stöd för att skapa våtmarker på skogsmark har dock inte varit eftertraktat; där har det varit få ansökningar under programperioden. De som sökt stödet har därtill sökt det för att skapa dammar, kräftdammar och viltvatten, vilket inte är stödberättigat. Det har lett till många avslag och få bifall av stödet.²¹

Länsstyrelser, kommuner och lokala aktörer kan också söka medel för att anlägga nya och restaurera befintliga våtmarker inom ramen för den s.k. våtmarkssatsningen inom den lokala naturvårds-satsningen (LONA). Syftet med våtmarkssatsningen är primärt att

¹⁹ 19 § förordningen (1998:1388) om vattenverksamheter.

²⁰ 11 kap. 12 § miljöbalken.

²¹ Jordbruksverket (2018e).

öka tillskottet till grundvattnet samt stärka landskapets egen förmåga att hålla kvar och balansera vattenflödena.

Även inom satsningen Lokala vattenvårdsprojekt (LOVA), som syftar till att minska närsaltsbelastningen till havet samt bidra till miljövänligare fritidsbåtstrafik, kan stöd ges till anläggning av våtmarker.

Förslag på styrning för återvätning av dikad torvmark

För markägaren innebär återvätning av produktiv mark förlorad inkomst och försämrat markvärde. Dessa förluster är dock betydligt mindre på impediment och på mark där produktionen är ringa. Återföring av dränerad torvmark till våtmark är således i allmänhet inte lönsam för markägaren, eftersom inkomsterna från våtmark är mycket låga. Om det bedöms vara samhällsekonomiskt motiverat att återveta mark i syfte att minska utsläppen av växthusgaser bör ett ekonomiskt stöd införas som kompensation till markägaren.

I redovisningen av ett regeringsuppdrag om återvätning²² föreslår Jordbruksverket ett ekonomiskt stöd för anläggning av våtmarker som syftar till att minska växthusgasutsläppen. Jordbruksverket föreslår även ersättning för skötsel i de fall det är tillämpligt samt rådgivning och konstaterar att stödvillkor och skötselersättningar kopplade till våtmarker oftast inte sträcker sig längre än 5 år (i vissa fall dock 20 år). Det finns juridiska utmaningar kring att säkerställa våtmarkens utformning och funktion över flera generationer. Ett framtida projekt med målet att återavvattna den anlagda våtmarken för odling eller bebyggelse skulle dock hindras av att markavvattning kräver tillstånd. Om klimatfrågan fortfarande är aktuell vid tillfället skulle därför tillstånd för markavvattning kanske inte beviljas, vilket skulle kunna säkerställa effekten av åtgärden. Problemen i framtiden handlar därför troligtvis om att de styrmedel som används måste konstrueras så att de säkerställer den nödvändiga skötseln i flera generationer framåt.

I samma riktning som Jordbruksverket, pekar det förslag som presenteras av myndigheter i samverkan i den senaste fördjupade utvärderingen av miljömålen där man som ett insatsområde pekar ut just återvätning. Där föreslås att Skogsstyrelsen och länsstyrelserna

²² Jordbruksverket (2018c).

i samråd med Jordbruksverket får i uppdrag att utveckla en kostnadseffektiv rådgivning för att bedöma återvätningsprojektens lämplighet och prioritering samt att intresserade markägare erbjuds gratis rådgivning och ersättning för genomförande och förlorat markvärde.

Myndigheter i samverkan bedömer också att befintligt stöd för att anlägga eller restaurera våtmarker som i dag finns inom landsbygdsprogrammet bör kompletteras med ett nationellt stöd för att skapa ytterligare möjlighet att ersätta markägare vid återvätning av dikad torvmark. Stödet kan dock vara lägre i etableringsfasen och tills en bättre bedömning av kostnaden per arealenhet har gjorts.

Givet de antaganden som gjorts om hur hög ersättningen behöver vara per hektar behöver befintligt stöd kompletteras genom att totalt 125 miljoner kronor per år avsätts för återvätning av dikad torvmark.

Ersättningar för återvätningsinsatser placeras lämpligen inom ramen för redan befintliga eller planerade åtgärder och administrativa system, exempelvis inom LONA som i dag ger stöd för återvätning med andra syften, t.ex. biologisk mångfald, ökade grundvattennivåer och minskad näringsutlakning. För att styra åtgärderna till den mark som ger klimatnytta till lägst kostnad krävs kriterier för att prioritera projekt samt incitament till markägaren i form av tillräckliga ersättningar.

Aktörsanalys

I en intervjustudie om varför lantbrukare väljer att skapa våtmarker framgick tydligt att miljöfrågan var mycket viktig; våtmarker anläggs till största delen just utifrån miljöaspekter och estetiska aspekter.

Beslutet att skapa en våtmark är inte beroende av om gården är stor eller liten eller hur pass bra lönsamheten är – så länge markägaren finner att våtmarken har mervärden spelar det ingen roll. De som inte ville anlägga våtmark motiverade detta med brist på pengar och intresse, att marken arrenderades eller att våtmarker för med sig skadegörare.

Av intervjuerna framgick tydligt att ett flertal av informanterna tyckte att de ekonomiska stöden har betydelse för om våtmarker ska anläggas; att slopa stöden skulle antagligen snabbt resultera i att färre antal våtmarker anläggs.

7.1.4 Skogsmark

Befintliga styrmedel och vägen framåt

I dagsläget finns inga direkt riktade styrmedel som främjar ett ökat nettoupptag i skogen eller minskar utsläppen av växthusgaser från dränerad torvmark. Det finns dock ett antal styrmedel inom skogssektorn och på miljöområdet som påverkar utvecklingen av upptag och utsläpp i LULUCF-sektorn.

Skogsvårdslagen

Skogen är en nationell tillgång och en förnybar resurs som ska skötas så att den uthålligt ger en god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden behålls.²³ En skogsskötsel med åtgärder som anpassats till växtplatsens krav på god miljö och som skapar förutsättningar för robusta och vitala skogar med hög tillväxt är gynnsam för kolinlagring i skogsbiomassa och produktion av biomassa för att ersätta fossila bränslen och energikrävande material.

Avverkningsnivån har på kort och medellång sikt stor inverkan på det årliga nettoupptaget i de svenska skogarna, och även om det saknas styrmedel som begränsar avverkningen på en övergripande nivå finns begränsningar i lagstiftningen som gäller bestånd och brukningsenheter. Till skydd för den yngre skogen får Skogsstyrelsen meddela föreskrifter om att trädbestånd under viss ålder inte får avverkas.²⁴ För barrdominerade bestånd varierar lägsta slutavverkningsålder mellan 45 och 100 år beroende på produktionsförmåga och geografisk belägenhet. På brukningsenheter som är större än 50 hektar måste den skog som kan förnygringsavverkas ransoneras; här får högst hälften av skogsmarken utgöras av kalmark och skog som är yngre än 20 år. För brukningsenheter som är större än 1 000 hektar finns ytterligare begränsningar.

Avverkning på produktiv skogsmark ska vara ändamålsenlig för återväxt av ny skog eller främja skogens utveckling.²⁵ Ny skog ska anläggas på produktiv skogsmark om markens virkesproducerande förmåga efter avverkning eller på grund av skada på skogen inte tas

²³ 1 § skogsvårdslagen (1979:429).

²⁴ 10 § andra stycket skogsvårdslagen och 11 § 1 p skogsvårdsförordningen (1993:1096).

²⁵ 10 § första och andra stycket skogsvårdslagen.

till vara på ett godtagbart sätt, om marken inte används eller om skogens tillstånd är uppenbart otillfredsställande.²⁶ Om det finns en skyldighet att anlägga ny skog ska sådd, plantering eller åtgärder för naturlig förnyring ha utförts senast under det tredje året räknat från det år när skyldigheten uppkom.²⁷

Kvävegödsling ökar tillväxten i skogsbiomassa och kolinlagringen i marken. Enligt Skogsstyrelsens allmänna råd till skogsvårdslagen finns dock vissa begränsningar för skogsgödsling med kvävegödselmedel.²⁸

Produktionshöjande åtgärder som klonskogsbruk och etablering av främmande trädslag som contortatall är endast tillåtet på en viss andel av skogsmarken.²⁹

Miljöbalken

Miljöbalkens mål är att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö där människans rätt att förändra och bruka naturen är knuten till ett förvaltaransvar. I balken finns bl.a. regler som ska trygga en god hushållning med mark- och vattenresurser.³⁰ Miljöbalkens regler ska tillämpas vid all verksamhet och alla åtgärder som har betydelse för balkens mål, och alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd är skyldiga att visa att de förpliktelser som följer av rättsligt bindande principer och allmänna hänsynsregler i 2 kap. miljöbalken iakttas.

I 11 kap. miljöbalken finns bl.a. bestämmelser om markavvattning, dvs. åtgärder som utförs för att avvattna mark när det inte är fråga om avledande av avloppsvatten eller åtgärder som utförs för att sänka eller tappa ur ett vattenområde eller skydda mot vatten, när syftet med åtgärden är att varaktigt öka en fastighets lämplighet för ett visst ändamål.³¹

²⁶ 5 § första stycket skogsvårdslagen.

²⁷ 3 § skogsvårdsförordningen.

²⁸ Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd 7 kap. 26 §.

²⁹ Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd 2 kap. 28 §.

³⁰ 1 kap. 1 § miljöbalken.

³¹ 11 kap. 2 § miljöbalken.

Markavvattning får inte utföras utan tillstånd,³² och regeringen får förbjuda markavvattning som skulle kräva tillstånd i områden där det är särskilt angeläget att våtmarkerna bevaras. Regeringen har meddelat förbud mot markavvattning i flera områden i landet.³³ Länsstyrelsen får dock meddela dispens från ett sådant förbud om det finns särskilda skäl. Om dispens meddelas krävs tillstånd för utförandet av markavvattningen.³⁴ Tillstånd prövas av länsstyrelsen.³⁵

Markavvattningen i Sverige har minskat sedan 1990-talets början och sker nu i mycket liten omfattning. Av nuvarande skogsmark är 1,5 miljoner hektar markavvattnad torvmark, varav 300 000 hektar förblivit impediment med en produktion under en skogskubikmeter per år och hektar. Innan minskningen skedde genomfördes ett stort antal markavvattningsprojekt. Stora arealer torvmark är därför dikningspåverkade.

Utredningens bedömningar om åtgärder inom skogsbruket

Åtgärder och utvecklingen på skogsmark kan få stor effekt på växthusgasbalansen, samtidigt som de åtgärder som diskuteras för ökad produktion respektive ökat skydd av skog i stor utsträckning motverkar varandra. Det gör att åtgärder för ökad virkesproduktion måste balanseras mot de åtgärder som krävs för att nå andra miljökvalitetsmål, t.ex. om ökat skydd, och vice versa.

Projektet *Samverkansprocess skogsproduktion* som koordineras av Skogsstyrelsen bedöms av utredningen kunna leda till att lämpliga hållbara åtgärder som gynnar kolsänkan på olika tidshorisonter kommer till stånd genom de olika insatsområdena som föreslås. Strävan att nå miljömålet *Levande skogar* bedöms leda till att större arealer produktiv skogsmark undantas från virkesproduktion, vilket leder till ökad kolsänka om det samtidigt leder till att de totala avverkningarnivåerna i Sverige minskar. Skogsstyrelsen, Naturvårdsverket och Energimyndigheten har föreslagit en bristanalys inom ramen för miljömålsarbetet, vilket skulle kunna leda till tydligare rekommendationer om hur stora arealer som behöver undantas från virkesproduktion.

³² 11 kap. 13 § miljöbalken.

³³ 4, 4 a, 4 b och 4 c §§ förordningen (1998:1388) om vattenverksamheter.

³⁴ 11 kap. 14 § miljöbalken.

³⁵ 5 § förordningen om vattenverksamheter.

Skogsutredningen 2019 (M 2019:02) ska enligt direktiven analysera vilka åtgärder som krävs för att uppfylla Sveriges internationella åtaganden om biologisk mångfald och klimat. Det kan leda till rekommendationer om åtgärder för bevarande av biologisk mångfald och ge underlag till bristanalysen för *Levande skogar*.

Givet att dessa två processer pågår, att utfallet fortfarande är oklart och att de skogspolitiska målen inte ger tydlig vägledning för hur skogsbruket ska bidra i klimatarbetet, väljer utredningen att inte föreslå några kompletterande åtgärder för ökad kolsänka på skogsmark. Utredningen bedömer dock att båda processerna kommer leda till åtgärder som på sikt gynnar kolinlagringen utifrån olika tidsplaner. Skogsmark berörs dock av åtgärder när det gäller beskogning och återvätning, och där har utredningen valt att lägga förslag på styrmedel för att åstadkomma ökad kolsänka och minskade utsläpp.

Däremot bör möjligheter skapas för de skogsägare som är intresserade av att bedriva ett mer klimatinriktat skogsbruk. Det skulle kunna åstadkommas genom att rådgivning utvecklas kring de insatsområden som nämns i *Samverkansprocess skogsproduktion* och som bedöms leda till ökad kolsänka utan att nämnvärt påverka råvaruproduktionen och möjligheterna att ersätta fossila bränslen och fossilintensiva material. Där bör underlag utvecklas för rådgivning om vilka åtgärder, t.ex. tillväxthöjande åtgärder och ökad naturhänsyn på produktiv skogsmark, som kan leda till ökad kolinlagring inklusive minskade utsläpp genom återvätning för att markägare ska kunna ta med klimataspekten i sina beslut om hur skogen ska skötas. Rådgivningen bör även innefatta hur markägarna bör agera för att minska klimatrelaterade skogsskador och i övrigt vidta klimatanpassande åtgärder för att säkra produktionen för bibehållen kolsänka.

Aktörsanalys

Om åtgärder för att öka kolinlagringen eller minska utsläppen ska komma till stånd beror mycket på vilka drivkrafter skogsägarna har för att äga och sköta sin skog.³⁶

Eftersom ägarstrukturen för skogen i Sverige är väldigt varierad kan de åtgärder som är lämpliga för ökad kolinlagring locka skogsägare på olika sätt. Vilka skogsägare det gäller, och vilka nätverk och orga-

³⁶ Keskitalo (2018).

nisationer som påverkar dem i deras skogsägande, är därmed av stor betydelse för hur de kan tänkas hantera olika incitament för förändrad skogsskötsel.

Medan skogsnäringen är en väl etablerad och organiserad näring är skogsägarna till viss del en grupp i förändring. De som äger skog är t.ex. ofta äldre än genomsnittet av befolkningen. Allt fler skogsägare bor i urbana områden och har därmed ofta en annan huvudsaklig inkomst än av sin skog. Det innebär att de köper skogliga tjänster, t.ex. röjning av skog och annan skötsel av skogen. Många skogsägare bor visserligen fortfarande nära sin skog, men även dessa har ofta en annan huvudsaklig inkomst än av sin skog och köper skogliga tjänster.³⁷

Skogsägarna värderar ofta också andra aspekter av sin skog än just skogen. Studier har visat att många även diskuterar betydelsen av stugan eller huset som eventuellt finns på fastigheten samt sociala nätverk knutna till själva platsen där fastigheten är belägen, när de diskuterar sin skogsfastighet.³⁸

Den stora skillnaden mellan olika typer av skogsägare är att det sätt på vilket de värderar sin skog beror på storleken på fastigheten. De som äger mycket skog tenderar att satsa mer på det ekonomiska ägandet och skogsskötseln för ekonomiska värden än vad som är fallet för mindre och mellanstora skogsägare.³⁹

Det är alltså sannolikt att det finns skogsägare som inte identifierar sig som skogsägare och som inte känner sig bekväma med att diskutera skogsbruksplaner och liknande på ett fackmässigt sätt, utan som har sin skogsfastighet av helt andra orsaker.

Detta har bl.a. lett till att skogsägarföreningar och andra som säljer skogstjänster börjat utarbeta nya sätt att nå ut till ägare av skog. Exempelvis går det inte att bedriva uppsökande verksamhet på plats om skogsägarna inte bor där, och man behöver kanske komplettera med informationsträffar för skogsägare i de större städerna eller skicka ut information till nya skogsägare. Information behöver också vara lättfattlig och kanske i ökande grad fri från alltför fackmässigt språk.

³⁷ Westin m.fl. (2017).

³⁸ Westin m.fl. (2017), Bergstén & Keskitalo in press.

³⁹ Westin m.fl. (2017), Nordlund & Westin (2010).

Den mer begränsade kunskapen om traditionell skogsskötsel bland nya skogsägare, vilka kanske bor i städer eller på en annan plats än där deras skogsfastighet är belägen, gör dock att skogsägare blir allt mer utlämnade till den information de får. Ofta kommer denna information från skogsägarföreningar eller skogsindustrin, och eftersom skogsbolagen vill köpa timmer kanske inte den typen av information alltid tar upp alla de faktorer som skogsägarna kan vara intresserade av. Skogsägarna kanske inte heller alltid kan bedöma den information de får och hur väl t.ex. förslag till åtgärder passar de önskemål skogsägaren har. De kanske inte heller är så förtrogna med alla aspekter av fastigheten att de kan bedöma hur förslag kommer att påverka dem, var avverkningen ska genomföras i landskapet m.m.

När det gäller åtgärder inom skogsbruket har alltså skogsägarföreningar som bidrar med planeringsstöd och är utförare av åtgärder, tillsammans med Skogsstyrelsen som informerar om krav och råd, stort inflytande över vilka åtgärder som faktiskt genomförs.

Genom riktad information har såväl skogsägarföreningar som skogsindustrin stort inflytande över skogsägarnas ageranden, även om de kan ha andra mål än skogsägaren.

När det gäller produktionshöjande åtgärder kan en större potential finnas inom familjeskogsbruket, eftersom storskogsbruket har absoluta krav på ekonomisk lönsamhet och redan utför så många åtgärder som är möjligt. Bland små skogsägare kanske det även finns ett större intresse att bidra till klimatåtgärder, eftersom syftet med skogsägandet inte nödvändigtvis är att producera timmer av ekonomiska skäl och skogsägandet kan därtill ha en grund i ett allmänt miljöintresse.

Att dessa mindre skogsägare ska genomföra kostsamma åtgärder är dock inte sannolikt, utan för att investeringar i skogsvårdande åtgärder ska komma till stånd krävs att investeringen är lönsam och att utfallet av investeringen känns säker. Här spelar trygghet i äganderätten en central roll. Om skogsbruket inte är lönsamt blir dock investeringsviljan svag, särskilt för familjeskogsbruket, även om de långsiktiga utsikterna förefaller goda. Det är lättare att investera om det redan finns intäkter från verksamheter på fastigheten än om pengar måste lånas för långsiktiga investeringar i skogsvård. Det gör att en lönsam skogsindustri på kort och lång sikt också är viktig, eftersom det ytterst är industrin och konsumenterna som sätter värdet på skogsråvarorna.

För att få stort genomslag för tillväxthöjande åtgärder krävs ändringar i regelverk och allmänna råd, samtidigt som det för vissa åtgärder finns skogsägare med tydliga drivkrafter mot att dessa ändras.

När det gäller återvätning, oavsett marktyp, handlar det ofta om produktionsbortfall av någon form, och då är ekonomisk ersättning en förutsättning för att åtgärden ska ske.

7.1.5 Avskogning och annan markanvändningsförändring som orsakar växthusgasutsläpp – exploatering

Av de utsläpp som redovisas inom LULUCF-sektorn bidrar växt-husgasutsläpp i samband med permanent överföring av skogsmark och åkermark till bebyggd mark med drygt 2,5 miljoner ton koldioxidkvalenter per år. Hur mycket dessa utsläpp kan minskas genom åtgärder för att t.ex. styra exploatering till annan mark eller att begränsa den areal som årligen exploateras har inte kunnat beräknas på ett tillförlitligt sätt. Med hänsyn till vad marken omförs till finns dock goda skäl att försöka begränsa utsläppen och potentialen kan anses vara relativt stor.

Styrmedel och förslag på utveckling

Att omvandla skogs- eller jordbruksmark till exploaterat område omfattas normalt av 12 kap. miljöbalken. Exploateringen ska anmälas till länsstyrelsen för samråd enligt 12 kap. 6 § miljöbalken, och det underlättar om ett sådant samråd kan ske samtidigt som samrådet inför framtagande av detaljplanen enligt 5 kap. plan- och bygglagen (2010:900).

Det finns inga styrmedel direkt inriktade mot att begränsa växthusgasutsläppen i samband med att markanvändning förändras. Trafikverket gör klimatkalkyler där framför allt förlusten av biomassa i avvercade träd i samband med markexploatering ingår. Syftet är att få en överblick över utsläppens storlek i förhållande till andra utsläpp från verksamheten eller de utsläpp som förväntas ske från trafiken när t.ex. en ny väg är färdigbyggd. Det är dock oklart huruvida sådana klimatkalkyler påverkar den slutliga markexploateringen.

Eftersom de sammantagna utsläppen i samband med exploatering är stora finns ett stort behov av att dels öka kunskapen om hur växt-

husgasutsläppen påverkas av förändring av markanvändningen, dels hur permanenta kolförrådsförluster i samband med exploatering av jordbruksmark, skogsmark och våtmark kan minskas.

Utsläpp och permanenta kolförrådsförluster bör kunna minskas genom att styra exploateringen till annan mark där påverkan på växt-husgasbalansen är mindre eller ingen alls. Utsläppen kan också minskas genom att en mindre areal nyttjas än vad som ursprungligen planerats. Exempel på styrning kan vara att utsläppen kostnadsbeläggs eller att bestämmelser införs om ekologisk kompensation, dvs. att markexploatören vidtar kompensationsåtgärder för ökad kolsänka eller minskade utsläpp motsvarande de åstadkomna utsläppen i samband med exploateringen.⁴⁰

Möjligheterna med att styra exploateringsprojekt mot minskad klimatpåverkan och effekterna av sådan styrning behöver dock utredas vidare.

7.1.6 Avverkade träprodukter (HWP)

Potentialen att öka kolsänkan i avverkade träprodukter handlar i princip uteslutande om att öka inlagringen i långlivade produkter, dvs. sågade trävaror och träbaserade skivor. För att påverka Sveriges redovisning av växthusgasutsläpp kan detta framför allt åstadkommas genom att mer trä av svenskt ursprung används vid uppförande av olika typer av byggnader.

Befintliga styrmedel och hinder för ökat träbyggande

Tidigare byggregler ställde krav på obrännbara byggmaterial, vilket innebar ett hinder från att bygga större byggnader i trä. Dessa regler ersattes 1995 med regler som omfattade funktionskrav på byggnader, vilket innebar att träbyggnader kunde uppföras i mer än två våningar. Det finns alltså inga egentliga hinder i dagens byggregler mot att öka träbyggandet.

Ett hinder för att bygga i trä är däremot att kommunala detaljplaner oftast reglerar byggnadernas höjd i stället för antal våningar, vilket hämmar val av trä i stommen på grund av att träbjälklagen tenderar att bli något tjockare och att man därför inte får plats med

⁴⁰ Andersson, Joelsson (2013).

samma antal våningar inom stipulerad höjd. Reglering av nockhöjd eller totalhöjd i detaljplaner konkurrerar därför ut industriella träprojekt som ofta har ett tjockare bjälklag, eftersom trä som stommaterial till ett hus medför att huset kan tappa en våning.

För att skapa bättre möjligheter att bygga flervåningshus i trä skulle specifikationen i detaljplanen kunna ange våningshöjd eller antal våningar i stället för totalhöjd, vilket är något som vissa kommuner redan börjat tillämpa. Att göra förändringar i befintliga detaljplaner är dock ett omfattande arbete, vilket begränsar möjligheterna till lätta påbyggnader på befintliga byggnader. I detaljplanerna saknas också möjlighet att ställa krav på material eller klimatpåverkan.

Det finns inte heller några styrmedel direkt inriktade mot att öka mängden trä i byggnader. Däremot innebär kunskapsbrist, låg förändringsbenägenhet i byggsektorn och negativa uppfattningar om materialet hinder för utvecklingen mot ökat träbyggande. I dag finns dessutom ett för stort fokus på kortsiktig lönsamhet i byggandet, vilket leder till lösningar som minskar enskilda aktörers, materials och funktioners kostnader i stället för att öka den långsiktiga hållbarheten.

När det gäller initiativ till att bygga mer i trä i offentlig regi beror dessa nästan enbart på om det finns vilja från bolagens ledning och vilka direktiv de får från kommunen. Framför allt många mindre kommuner saknar rätt resurser och tillräcklig kunskap.

Ett hinder för lägre klimatpåverkan från bygg- och fastighetssektorn är bristande kunskap om att beräkna en byggnads klimatutsläpp och brist på kunskap om livscykelanalys som metod att bedöma en byggnads klimat- och miljöpåverkan över hela dess livslängd. Ytterligare ett hinder är att det inte finns någon direkt affärsnytta med att bygga med mindre klimatpåverkan.⁴¹

Det är därför fortsatt viktigt att informera och sprida kunskap om modernt industriellt träbyggande. I detta har Föreningen Trästad och den finansiering som föreningen fick 2017 varit av stor vikt för träbyggandets utveckling.

⁴¹ Boverket (2018a).

Boverkets uppdrag om hållbart byggande

Boverket har i redovisningen av ett regeringsuppdrag analyserat fyra nya styrmedel för minskad klimatpåverkan från byggprocessen.⁴²

1. *Information om livscykelanalyser för byggnader*, vilket innebär att Boverket fortsätter att utveckla vägledning om livscykelanalyser för byggnader med syfte att öka kunskapen om klimatberäkningar, så att de används vid projektering av byggnader och så att efterfrågan på specifik information om klimatutsläpp från byggprodukter ökar.
2. *Klimatdeklaration för byggnader*, där ett syfte är att öka medvetenheten och kunskapen om byggnaders klimatpåverkan, för att på sikt styra mot en minskning av denna. Ett annat syfte är att mildra och överbrygga den obalans i information om byggprodukters klimatpåverkan som finns mellan aktörer i byggherrar och tillverkare av byggprodukter.
3. *Myndigheters arbete med att minska klimatutsläpp från byggnader*, där Boverket föreslår att regeringen uppmanar alla myndigheter att arbeta med att minska klimatpåverkan från bygg- och fastighetssektorn. Detta kan enligt Boverket uttryckas i regleringsbrev eller i särskilt regeringsuppdrag för att inte förlora i prioritet. Rapporteringen skulle kunna bli en del i Naturvårdsverkets sammanställning av miljöledning i staten. Förslaget berör de myndigheter som är fastighetsägare, byggherrar och hyresgäster och bör kunna genomföras omgående. Syftet med att myndigheter går före är att öka kunskapen om hur byggnaders klimatpåverkan beräknas i ett livscykelperspektiv och att öka efterfrågan på tillförlitliga data. Kunskapen kan sedan spridas till fler aktörer.
4. *Kriterier för livscykelanalyser vid offentlig upphandling*, där Boverket föreslår att Upphandlingsmyndigheten och Boverket får i uppdrag att i samverkan ta fram kriterier för offentlig upphandling i syfte att minska utsläpp av växthusgaser från byggnader. Dessa kriterier kompletterar Upphandlingsmyndighetens frivilliga kriterier som offentliga upphandlare kan använda för att ställa miljökrav vid upphandlingar.

⁴² Boverket (2018b).

I Boverkets rapport beskrivs ytterligare tre styrmedel som Boverket bedömer kommer att leda till lägre klimatpåverkan från byggnader. Förslagen är

- gränsvärden för klimatutsläpp från nya byggnader
- bonus malus för byggnader och
- investeringsstöd till byggherren.

I en kompletterande redovisning av samma regeringsuppdrag föreslår Boverket en ny klimatdeklarationslag.⁴³ Det finns inte någon lag i Sverige som ställer krav på redovisning av utsläpp av växthusgaser från byggnader, vare sig under byggskedet eller under användnings-skedet. Boverket föreslår därför att regler införs med krav på en klimatdeklaration av byggnader för att minska klimatpåverkan från nya byggnader. Syftet med lagen är initialt att öka medvetenheten och kunskapen om byggnaders klimatpåverkan genom att identifiera, kvantifiera och beräkna klimatpåverkan. Krav på en klimatdeklaration är ett sätt att styra mot ett ökat lärande om livscykelanalyser och om vad som är särskilt viktigt ur klimatsynpunkt. Syftet är även att ge insikter till de olika aktörerna i byggprocessen och hur de kan bidra till att minska klimatpåverkan.

Boverket föreslår att krav på klimatdeklaration gäller vid uppförande av byggnader (dock med vissa undantag) och genomförs i etapper för olika byggnadstyper. Boverket föreslår vidare att flerbostadshus och lokaler inledningsvis omfattas av krav på klimatdeklarationer. För övriga byggnader, däribland småhus, är det rimligt att kraven kan börja gälla två år senare.

I rapporten lämnas även förslag om en förordning om klimatdeklaration av byggnader. Förslaget bygger på att en miniminivå av klimatdeklaration för byggnader ska införas för i princip samtliga byggnader. Att utgångspunkten är att alla byggnader ska omfattas beror på att det är viktigt att öka medvetenheten om klimatpåverkan vid byggande. För att det ska vara möjligt att nå klimatmålet 2045 behöver flera byggaktörer vidta åtgärder för att minska byggnaders klimatpåverkan.

⁴³ Boverket (2018b).

7.2 Redovisning, uppföljning och tillgodoräkning av kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn

Detta avsnitt redogör för befintliga regelverk och diskuterar hur kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn bör få tillgodoräknas mot det nationella målet om nettonollutsläpp till 2045.

Först beskrivs hur LULUCF-sektorn hanteras i dag, sedan diskuteras olika alternativ till dels hur effekten på utsläpp och upptag av kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn kan följas upp, dels hur de bör tillgodoräknas mot de nationella målen.

7.2.1 LULUCF-förordningen

LULUCF-förordningen reglerar hur LULUCF-sektorn ska inkluderas i EU:s klimat- och energiramverk 2021–2030. Förordningen definierar vilka LULUCF-kategorier, dvs. marktyper, som ingår och hur förändrade utsläpp och upptag från dessa marktyper ska redovisas. Bruk av skogsmark bokförs relativt en skoglig referensnivå baserad på historisk skogsskötsel där bokföringen för alla kolpooler, utom död ved och långlivade träprodukter, begränsas av ett tak motsvarande 3,5 procent av Sveriges basårsutsläpp. Bruk av åkermark, betesmark och våtmark bokförs relativt de genomsnittliga netto-upptagen eller nettoutsläppen för basperioden 2005–2009. Beskogad mark och avskogad mark bokförs för hela nettoupptaget under en 20-årsperiod (eller 30-årsperiod för beskogad mark om det kan motiveras). Olika marktyper har alltså olika bokföringsregler och referensnivåer. Syftet med förordningen är att ge incitament till ytterligare åtgärder för att öka upptag och minska utsläpp inom sektorn.

LULUCF-förordningen anger ett specifikt mål för LULUCF-sektorn som innebär att de bokförda utsläppen inte får överstiga de bokförda upptagen i sektorn (artikel 4). Det innebär att om det sammanlagda bokförda resultatet för alla marktyper blir ett nettoutsläpp så måste detta balanseras så att nettot blir noll. Detta kan göras genom att nyttja de flexibiliteter som kopplar ihop LULUCF-sektorn med den icke-handlande sektorn (ESR-sektorn), vilken regleras i ansvarsfördelningsförordningen. Om det bokförda resultatet däremot blir ett nettoupptag kan en bestämd del av överskottet, givet vissa restriktioner, användas för att nå målen i förordningen. Oavsett om åtgärder inom LULUCF-sektorn leder till stora bokförda ökning

av nettoupptaget i sektorn totalt sett så får endast 49 miljoner ton koldioxidekvivalenter för perioden 2021–2030, dvs. i genomsnitt 0,49 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år, användas för att möta Sveriges åtagande enligt ansvarsfördelningsförordningen om utsläppsminskningarna i övriga sektorer inte är tillräckliga.

Ytterligare en flexibilitet finns för brukad skogsmark som innebär att om det finns överskottskrediter från denna aktivitet bland medlemsstaterna så kan de användas för att kompensera eventuella bokförda utsläpp från aktiviteten. Sverige får använda sådana överskottskrediter upp till 47,5 miljoner ton koldioxid, dvs. i genomsnitt 4,75 miljoner ton koldioxid per år under perioden.

Bokföringen av LULUCF-sektorn och det bidrag sektorn kan ge för att möta Sveriges åtagande inom EU 2021–2030 begränsas således av reglerna i LULUCF-förordningen.

Alla åtgärder i LULUCF-sektorn som leder till ökat upptag eller minskade utsläpp bidrar dock till att målet för den samlade LULUCF-sektorn nås, dvs. att sektorn inte ska generera några nettoutsläpp utifrån gällande bokföringsregler för respektive markttyp eller aktivitet.

EU:s klimatramverk, inklusive LULUCF-förordningens regler om hur ökad kolsänka och minskade utsläpp ska bokföras, gäller fram till 2030; det är långt ifrån givet att de regler som gäller 2021–2030 ska vara rådande när en avräkning ska göras mot 2045 enligt Sveriges långsiktiga nationella mål. Det är dock rimligt att anta att ett liknande system används för bokföring av LULUCF-sektorn inom EU även efter 2030.

7.2.2 Kyotoprotokollets regelverk

Regelverket under Kyotoprotokollets andra åtagandeperiod (2013–2020) liknar i stort sett det regelverk som kommer att gälla inom EU 2021–2030. Utsläpp och upptag från brukad skogsmark bokförs mot en framåtsyftande referens där den bokförda mängden begränsas av ett liknande bokföringstak som inom EU:s nya regelverk. Bruk av åkermark, betesmark och våtmark bokförs mot basåret 1990. Den största skillnaden jämfört med det nya regelverket gäller beskogning och avskogning. Utsläpp och upptag för dessa aktiviteter redovisas under Kyotoprotokollet för hela den beskogade respektive avskogade arealen som tillkommit sedan 1990.

7.2.3 Sveriges nationella mål

I Sveriges nuvarande etappmål för utsläppsminskningar, vilka beskriver hur mycket utsläppen behöver minska till 2020, ingår bara de sektorer som omfattas av ansvarsfördelningsförordningen samt enheter från utsläppsminskningar i andra länder.

Mot etappmålen 2030 och 2040 samt mot det långsiktiga målet 2045 får åtgärder som ökar upptag respektive minskar utsläpp i LULUCF-sektorn användas som kompletterande åtgärder för att Sverige ska nå målet att inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser 2045 samt för att nå negativa utsläpp.

7.2.4 EU:s långsiktiga klimatstrategi

I underlaget till EU:s långsiktiga lågutsläppsstrategi (se kapitel 5.3) ingår LULUCF-sektorn i sin helhet för att EU gemensamt ska nå nettonollutsläpp av växthusgaser till 2050. Två scenarier beskrivs där utsläppsminskningen anses tillräckligt snabb för att 1,5-gradersmålet kan nås – ett med något ökat nettoupptag i LULUCF-sektorn (1.5 TECH) och ett där nettoupptaget i LULUCF-sektorn ökar på ett mer betydande sätt (1.5 LIFE).

7.2.5 Parisavtalets regelbok

I den regelbok för klimatavtalet från Paris (Parisavtalet) som beslutades i Katowice i december 2018 lämnas utrymme att inkludera hela LULUCF-sektorn när länderna ska uppnå de mål som aviserats i de nationella klimatplanerna. Hur sektorn redovisas och följs upp avgörs av hur den inkluderats i parternas nationella klimatplaner. Det är dock sannolikt att ett system för inkluderande av LULUCF-sektorn kommer innehålla någon form av begränsningar, för om hela nettoupptaget i LULUCF-sektorn tillgodoräknas kan incitamenten för att begränsa utsläppen inom andra sektorer minska.

Det finns dessutom en diskrepans i hur kolsänkan representeras i de modeller som forskarna använder för att analysera hur utsläppen kan minska i enlighet med globala 2- och 1,5-graders mål och hur de beräknas enligt LULUCF-rapporteringen.

I de modeller som FN:s klimatpanel IPCC använder i sina scenarier räknas en betydligt mindre del av kolsänkan som antropogen, jämfört med den beräkning av upptag och utsläpp i LULUCF-sektorn som länderna gör i rapporteringen till EU och klimatkonventionen. Det för med sig att nettonollutsläpp, och därefter netto-negativa utsläpp, behöver uppnås betydligt tidigare om hela sänkan räknas med enligt LULUCF-redovisningen jämfört med resultaten från IPCC-modelleringarna. Det talar för att inte hela sänkan bör räknas med, alternativt att året för nettonollutsläpp bör flyttas fram i tiden (se kapitel 5).

7.2.6 Förslag till tolkning av vad som ska kunna tillgodoräknas från LULUCF-sektorn för att nå utsläppsmålen 2030, 2040 och 2045 och uppföljning av kompletterande åtgärder

De olika bokföringsmodeller som tillämpats inom LULUCF-sektorn under Kyotoprotokollets båda åtagandeperioder har haft som syfte att skapa incitament med hög miljöintegritet för att öka kolsänkan och minska utsläppen i sektorn. Utifrån rådande förhandlingssituation när beslut togs för dessa båda perioder har dock olika bokföringsregler, inklusive bokföringsbegränsningar, etablerats för olika aktiviteter. Givet dessa bokföringsbegränsningar och det faktum att inte alla aktiviteter varit obligatoriska har reella incitament egentligen bara skapats för att dels minska utsläppen i samband med avskogning, dels öka upptagen i samband med beskogning.

Under Kyotoprotokollets andra åtagandeperiod infördes en skoglig referensnivå så att direkta effekter av förändringar i skogsbruket skulle fångas in. Under den andra åtagandeperioden togs dock begränsningen på bokförda utsläpp från skogsbruk bort, vilket ger incitament att inte överavverka samtidigt som möjligheterna till krediter för ökat upptag fortfarande begränsas.

LULUCF-förordningen bygger vidare på de principer som gäller för Kyotoprotokollets andra åtagandeperiod. Genom LULUCF-förordningen har incitament för ökad kolsänka och minskade utsläpp i LULUCF-sektorn skapats genom att sektorn sammantaget inte får generera några bokförda nettoutsläpp. Det finns också möjlighet att använda överskott i LULUCF-sektorn för att balansera underskott i ESR-sektorn. Incitamenten för ökad kolsänka och

minskade utsläpp bedöms öka jämfört med regelverket 2013–2020, trots att den mängd överskottskrediter som kan användas i ESR-sektorn är kraftigt begränsad och dessutom (än så länge) inte får inkludera krediter från brukad skogsmark.

Utredningens direktiv lyfter fram regeringens bedömning i propositionen *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige* (prop. 2016/17:146) om att en ökning av kolsänkan bör beräknas enligt internationellt beslutade regler. Vidare nämner direktivet att nettoupptag utöver LULUCF-förordningens krav om bibehållet nettoupptag bör kunna räknas som kompletterande åtgärd för uppfyllandet av Sveriges nationella etappmål inom klimatramverket. Utredningen ska också undersöka, föreslå och motivera en tolkning av hur de svenska klimatmålen förhåller sig till regelverket på EU- och FN-nivå vad gäller eventuella kvantitativa begränsningar för hur mycket LULUCF-sektorn får bidra som kompletterande åtgärd.

Bidraget från LULUCF-sektorn ska vara additionellt

För att dra nytta av redan etablerade redovisningssystem bör ökade upptag eller minskade utsläpp från kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn beräknas och redovisas enligt LULUCF-förordningen.

Kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn bör få tillgodoräknas mot de nationella klimatmålen som hela den additionella effekten av varje enskild här föreslagen åtgärd jämfört med om åtgärden inte hade genomförts, förutsatt att den aktuella effekten kan uppskattas på ett trovärdigt sätt. Denna restriktion innebär att bara effekten av kompletterande åtgärder tillgodoräknas mot det nationella målet, inte den totala bokföringseffekten enligt EU:s LULUCF-regelverk.

Detta är i linje med intentionerna i Miljömålsberedningens delbetänkande *En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige* (SOU 2016:47) att möjliggöra bidrag från ökad kolsänka beräknad enligt internationellt godkända regler, dvs. att bara effekten av ytterligare åtgärder inom området får tillgodoräknas.

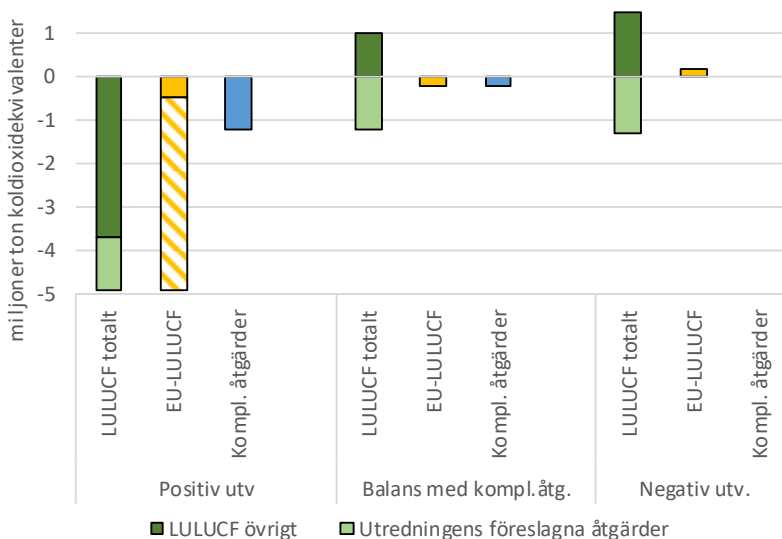
Det är dock inte rimligt att Sverige redovisar ett eventuellt underskott inom EU samtidigt som bidrag från kompletterande åtgärder används för att nå de nationella målen. Bidraget från kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn kan således komma att begränsas av LULUCF-förordningens krav på att LULUCF-sektorn inte ska

ha några nettoutsläpp. Eventuellt underskott från de delar av sektorn som inte berörs av de kompletterande åtgärderna måste först balanseras.

För att uppfylla målen i LULUCF-förordningen räknas alla flöden i respektive aktivitet med i bokföringen, dvs. både förändringar som beror på de kompletterande åtgärder som föreslås här och förändringar som sker av andra anledningar.

Figur 7.1 visar några teoretiska exempel på hur Sveriges bokföring enligt LULUCF-förordningen skulle kunna falla ut och hur stort bidraget till kompletterande åtgärder gentemot det nationella målet får bli – dels där det bokförda överskottet är stort (positiv utveckling), dels där bara föreslagna åtgärder ger överskott (balans med kompletterande åtgärder), dels där övriga delar av LULUCF-sektorn ger ett stort underskott (negativ utveckling). I det första exemplet i figur 7.1 får hela bidraget från de kompletterande åtgärderna användas medan bara den del som återstår efter det att underskottet från övriga aktiviteter balanserats får användas i det andra exemplet. I det tredje exemplet får inga kompletterande åtgärder användas eftersom inget överskott från kompletterande åtgärder återstår efter att underskottet i övrigt balanserats.

Figur 7.1 Bidrag från kompletterande åtgärder till det nationella målet för olika utfall för LULUCF



Anm. LULUCF-totalt är det totala bokförda över- eller underskottet beräknat enligt LULUCF-förordningen, EU-LULUCF är det bidrag som kan användas inom EU:s klimatravverk och kompl. åtgärder är de netto-upptag som kan användas relativt det nationella målet.

Uppföljning och rapportering av kompletterade åtgärder

Det faktum att de kompletterande åtgärderna måste kunna mätas, redovisas och verifieras på ett godtagbart sätt, är i sig ett argument för att den beräknade additionella effekten på upptag och utsläpp av varje enskild åtgärd jämfört med om åtgärden inte hade utförts får tillgodoräknas. En utmaning är förstås att avgöra vad som är additionellt upptag eller additionell utsläppsminskning och att avgöra vilka åtgärder som är additionella, dvs. om åtgärderna hade skett ändå.

Utredningens förslag på hur de kompletterande åtgärderna ska redovisas är kompatibelt med redovisningen till EU. Den av utredningen föreslagna utformningen av hur kompletterande åtgärder får tillgodoräknas och hur de kan redovisas syftar främst till att kunna följa upp åtgärder mer i detalj än vad nuvarande rapporteringssystem förmår göra. Den identifierade effekten av varje åtgärd kan särredovisas i anslutning till den ordinarie redovisningen till EU genom att underkategorier skapas för respektive rapporteringskategori. De regler som beskrivs i LULUCF-förordningen är, med vissa undantag av kategorin *Brukad skogsmark* som bokförs relativt en referensbana baserad på historisk skogsskötsel, helt kompatibla med utredningens förslag att redovisa utsläpp och upptag för enskilda åtgärder.

Eftersom de uppföljningssystem som används i dag inte säkert fångar in effekten av de åtgärder som utredningen föreslår behöver dock system för att följa upp och redovisa kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn utvecklas. Dagens uppföljningssystem bygger i stor utsträckning på insamling av stickprovsbaserad statistik inom ramen för Riksskogstaxeringen och markinventeringen vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) samt på modeller. Systemet är utformat för att uppskatta rimligt noggranna utsläpp och upptag på nationell nivå men det är inte utformat för att fånga in effekter av enskilda åtgärder.

De åtgärder som utredningen lyfter fram på jordbruksmark kan t.ex. följas upp genom att befintlig klimatrapporering kompletteras med den rapportering som görs av utfallet inom landsbygdsprogrammet och av den uppföljning som görs av rådgivning och stöd. Där det inte utförs direkta mätningar av kolförrådsförändringar eller utsläpp av växthusgaser kan s.k. defaultfaktorer för kolinlagring och utsläpp användas tillsammans med insamlad statistik över åtgärdernas omfattning. Det innebär t.ex. att information om enskilda åter-

vättningsaktiviteter, inklusive areal och skattad effekt av åtgärden, behöver samlas in.

Digitalt kartmaterial för förändring av markanvändning och statistik över t.ex. hur stora arealer jordbruksmark som tas ur bruk för exploatering kan också komplettera de stickprovsbaserade inventeringarna som används i dagens klimatrapporering.

Utgångspunkten är att endast effekten av en åtgärd jämfört med om åtgärden inte utförts ska räknas med. I fallet med åtgärder inom jordbruket är det relativt enkelt att identifiera underlag för att skatta effekten av additionella åtgärder. Effekten av åtgärder inom aktiviteter som redovisas i dag och där utfallet delvis beror på att åtgärder utförs redan i dag kan däremot vara svårare att fånga in, t.ex. för beskogad mark. Då kan det t.ex. vara lämpligt att sätta en referens som motsvarar aktuella åtgärdsareal eller utsläpp och upptag för det år (eller för en basperiod) när åtgärden beslutades eller implementerades. För beskogad mark skulle en referens kunna vara årlig beskogning de senaste 20 eller 30 åren. Om styrmedel är på plats 2021 bör det vara referensår, dvs. då räknas referensen för perioden 2001–2021. Effekten av den kompletterande åtgärden beskogning skulle då vara den extra beskogade arealen jämfört med en sådan referens.

Utformningen av redovisningen bör utredas vidare och i anslutning till utvecklingen av den ordinarie redovisningen till EU som också behöver utvecklas i och med de krav som ställs i LULUCF-förordningen.

8 Bakgrund om LULUCF

8.1 Övergripande om LULUCF-sektorn

Sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (*land use, land use change and forestry*, LULUCF) omfattar både upptag och utsläpp av växthusgaser i terrestra system, främst koldioxid men även utsläpp av metan och lustgas.

På nationell skala utgörs de största flödena av nettoupptag (lagerökning) i levande biomassa (växter och skog), samt i mineraljordar och långlivade träprodukter medan utsläppen till största delen härrör från dikad organogen mark som tidigare huvudsakligen varit naturliga våtmarker. Om en viss marktyp lokalt står för nettoutsläpp eller nettoupptag beror på hur marken på platsen brukas och när åtgärder vidtagits; t.ex. kan nettoupptag ske på dikad organogen mark om dikningen ligger långt tillbaka i tiden samtidigt som nettoemissioner kan ske från unga skogsbestånd och plantskogar på fastmarker. Vädret under växtsäsongen och olika typer av störningar kan dessutom innebära betydande mellanårsvariationer i utsläpp och upptag.

Dessa biogena kolflöden skiljer sig i hög grad från fossila kolflöden genom att de dels är lätttrörliga och kan ske åt båda håll, dels ingår i ett cirkulärt flöde. Ett upptag av koldioxid som lagras in i biomassa vid ett tillfälle kan senare bidra med ett utsläpp när koldioxiden frigörs, t.ex. när biomassa eldas upp eller bryts ned naturligt.

Flödena i sektorn påverkas i hög grad av naturliga faktorer, t.ex. variationer i tillväxtförhållanden (temperatur, nederbörd och torka) och naturliga störningar (stormar, bränder och insektsangrepp) samt tidigare och nuvarande brukningsmetoder (t.ex. skogars omloppstid, vilken påverkar fördelningen av åldersklasser i skogsbestånd) och därmed upptaget av koldioxid. På lång sikt minskar skogens förmåga att inom ett givet landområde ta upp koldioxid, eftersom utsläpp och upptag närmar sig ett jämviktsläge. Mänsklig aktivitet som

skogs- och jordbruk har förstås också stor betydelse för flödena, medan de fossila kolflödena är enkelriktade där kol som lagrats i miljontals år frigörs till atmosfären.

Det faktum att flödena i LULUCF-sektorn i hög grad påverkas av naturliga processer gör att risken för skador bör beaktas. Exempelvis kan risken för skador på skog komma att påverkas av klimatförändringarna; det gäller t.ex. skador som ökad torka och brand, ökade översvämningar och stormfällningar samt angrepp av skadeinsekter. Åtgärder för att minska dessa skador kan innebära bevarad och ökad potential för kolinlagring och minskad växthusgasavgång, även om syftet i första hand är att upprätthålla skogsproduktion och skapa bättre förutsättningar för biologisk mångfald genom skydd, restaurering och grön infrastruktur samt val av trädslag som bättre klarar extrema förhållanden. Till exempel innebär inblandning av andra trädslag i granskog minskad risk för stormskada. Kortare omloppstider med tidig röjning och gallring kan också minska stormskadorna.

Upptag och utsläpp av växthusgaser från LULUCF utgör en väsentlig del av växthusgasbalansen globalt sett. LULUCF-sektorn – inklusive icke hållbar markanvändning och avskogning, effekter av dikningar och annan markanvändning – utgör för närvarande närmare 8 procent av de globala utsläppen av växthusgaser medan förbränning av fossila bränslen står för nästan 90 procent. Utsläppen från markanvändningssektorn i stora delar av världen balanseras dock av upptag i skogar på nordliga breddgrader, och totalt sett utgör växande skogar över hela världen en sänka för koldioxid på drygt tio miljarder ton, vilket motsvarar nästan 30 procent av de globala utsläppen. Omkring en tredjedel av utsläppen tas upp av världshaven, medan drygt 40 procent hamnar i atmosfären. Sektorn bedöms sammanfattningsvis ha en betydande potential att bidra till minskade utsläpp och ökade upptag på global nivå.¹

Syftet med att inkludera sektorn i klimatarbetet är att skapa incitament till åtgärder för att öka upptag och minska utsläpp av växthusgaser, t.ex. genom minskad avskogning, återbeskogning och restaurering av ekosystem. Genom att inkludera LULUCF-sektorn beaktas alla upptag och utsläpp av växthusgaser, inklusive inlagringen i långlivade träprodukter. Sektorn ingår i EU:s klimatramverk 2021–2030.

¹ Fuss m.fl. (2018), IPCC (2018), EASAC (2018, 2019), Griscom m.fl. (2017).

8.2 Utsläpp och upptag i LULUCF-sektorn

I redovisningen av utsläpp och upptag till EU och Förenta nationernas ramkonvention om klimatförändringar (klimatkonventionen) delas LULUCF-sektorn in i olika redovisningskategorier, normalt utifrån marktyp. Avsnittet nedan baseras på den gällande indelningen i rapporteringen av växthusgasutsläpp enligt klimatkonventionen.² För all brukad mark, dvs. mark som påverkas av direkt mänsklig aktivitet, redovisas förändringar i kolförråd uppdelat i levande biomassa (levande träd), död ved, förna och markkol.

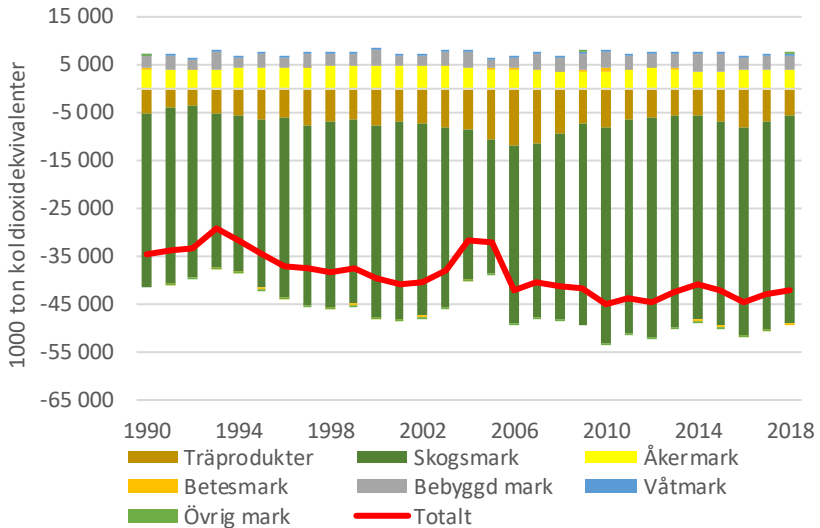
8.2.1 Markanvändning och skogsbruk bidrar med ett stort nettoupptag

I Sverige utgjorde LULUCF-sektorn ett rapporterat nettoupptag på knappt 42 miljoner ton koldioxid 2018 (figur 8.1), vilket motsvarar drygt 80 procent av Sveriges totala territoriella utsläpp av växthusgaser från övriga utsläppssektorer (exklusive internationella transporter och LULUCF), vilket 2018 uppgick till knappt 52 miljoner ton koldioxidekvivalenter.³ Den svenska LULUCF-sektorn utgör cirka 15 procent av EU:s totala nettoupptag i LULUCF på cirka 300 miljoner ton koldioxid per år. De stora nettoflödena i LULUCF-sektorn består av stora nettoupptag i levande biomassa, fastmark och träprodukter samt betydande utsläpp från dikade organogena marker (torvmarker) (se figur 8.2).

² National Inventory Report Sweden (2020).

³ National Inventory Report Sweden (2020).

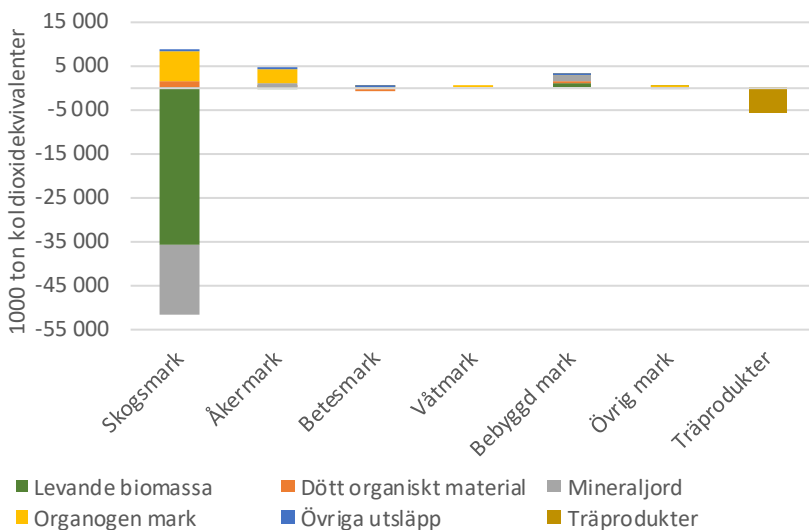
Figur 8.1 Utsläpp och upptag från LULUCF-sektorn 1990–2018 uppdelat på markanvändningskategorier



Anm. I redovisningen under klimatkonventionen ingår kategorin bebyggd mark. I EU:s ramverk för perioden 2021–2030 redovisas dessa utsläpp framförallt under avskogad mark. Kategorin avverkade träprodukter redovisas i EU:s ramverk som en separat kolpool under Brukad skogsmark och Beskogad mark.

Källa: National inventory report, Sweden (2020).

Figur 8.2 Utsläpp och upptag från LULUCF-sektorn 2018 uppdelat på markanvändningskategorier och kolpooler



Källa: National Inventory Report, Sweden (2020).

8.2.2 Nettoppdrag på skogsmark dominerar sektorn

Skogsmark utgör nära två tredjedelar av Sveriges areal (cirka 28 miljoner hektar). Av denna areal är drygt 23 miljoner hektar produktiv skogsmark, dvs. skogsmark där produktionen överskrider 1 skogskubikmeter⁴ per hektar och år; resterande del är improduktiv skogsmark. I dag är närmare 1,4 miljoner hektar (5,8 procent) av den produktiva skogsmarksarealen formellt skyddade. Dessutom är drygt 1,2 miljoner hektar undantagna från virkesproduktion genom frivilliga avsättningar och drygt 0,4 miljoner hektar genom hänsynsytor på virkesproduktionsmark.⁵

Nettoppdraget på skogsmark ökade 1990–2018 från 37 till 43 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. Det höga nettoppdraget beror framför allt på virkesförrådsökningen i trädbiomassa, dvs. skillnaden mellan tillväxt och avgång genom avverkning och självgallring. Totalt var nettoppdraget i biomassa knappt 36 miljoner ton koldioxid 2018. Även kolinlagringen i mineraljord är stor, motsvarande drygt 16 miljoner ton koldioxid, men beräkningen är behäftad med stor relativ osäkerhet. Betydande utsläpp (6,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter) av växthusgaser sker från dikad organogen skogsmark, dvs. från torvmark som dikats ut för ökad skogsproduktion eller för jordbruksändamål innan marken togs i anspråk för skogsproduktion.

8.2.3 Åkermark bidrar med stora utsläpp

Arealen brukad åkermark har minskat från cirka 3,1 miljoner hektar 1990 till knappt 2,8 miljoner hektar 2018 enligt Sveriges klimatrapportering. I viss utsträckning påverkar detta bidraget av utsläpp och uppdraget från denna kategori, särskilt som arealen organogena jordar relativt sett minskat något mer än mineraljordarna – från drygt 150 000 hektar till knappt 140 000 hektar. Mestadels har den mark som inte längre brukas omförd till skogsmark – drygt 120 000 hektar sedan 1990. Klimatrapporteringen inkluderar all åkermark oavsett användning samt mindre trädholmar inom åkermarken. Det innebär att åkermarksarealen som redovisas av Jordbruksverket är mindre än den areal som redovisas i klimatrapporteringen.

⁴ Skogskubikmeter anger en trädstams volym ovanför stubbskåret inklusive topp och bark.

⁵ Skogsstyrelsen (2019b).

Åkermark bidrog med ett nettoutsläpp på i genomsnitt 4,1 miljoner ton koldioxidekvivalenter 1990–2018. Trenden är otydlig men möjligen går utvecklingen mot något minskade nettoutsläpp, vilket både kan bero på att arealen organogen åkermark minskar med minskade utsläpp som följd och på att arealen vall, vilket har en positiv effekt på inlagringen, ökar och bidrar till ökade kolförråd i mineraljord.

För åkermark är kolflödena i marken viktigast och 1990–2018 bidrog dikad organogen åkermark med ett stort utsläpp på i genomsnitt 3,3 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. För samma period utgjorde mineraljordar ett utsläpp på i genomsnitt 0,8 miljoner ton koldioxid per år.

Mineraljordarna uppvisar stor mellanårsvariation i utsläpp och upptag, vilket i stor utsträckning beror på variationer i tillförsel av organiskt material till marken (rester av årlig skörd och tillförsel av naturgödsel) och olika klimatfaktorer. Den kontinuerliga inventeringen av kolförråd i åkermark pekar dock på att det sker en långsiktig uppbyggnad av kol i mineraljorden. Det kan förklaras av att arealen vall ökar på bekostnad av andra grödor som inte generar lika mycket nedbrytbart material som vall.

8.2.4 För betesmark ligger nettoupptaget nära noll

Arealen betesmark (naturbetesmark) ligger mer eller mindre konstant över tid på 500 000 hektar enligt Sveriges klimatrapportering. Endast cirka en procent av Sveriges landareal utgörs av betesmark. I klimatrapporteringen omfattar kategorin betesmark bara naturbetesmarker medan t.ex. vallar som betas hamnar i kategorin åkermark. Klimatrapporteringen inkluderar dessutom även mindre skogsholmar inom betesmarken. Det innebär att betesmarksarealen som redovisas av Jordbruksverket skiljer sig något från den som redovisas här. Utsläpp och upptag i kolpooler från brukad betesmark är i sammanhanget relativt små och kan antas vara i balans; här låg nettoupptagen nära noll 1990–2018.

8.2.5 Brukad våtmark bidrar med små utsläpp

Ungefär 16 procent (cirka 7,4 miljoner hektar) av Sveriges areal består av våtmark. Under redovisningskategorin våtmark rapporteras bara de utsläpp som sker från marken i samband med torvskörd när torvmarken dräneras och torven börjar brytas ned samt utsläpp från användning av den skördade odlingstorven⁶. Den areal som årligen nyttjas för produktion av energi- och odlingstorv ligger på mellan 8 000 och 10 000 hektar. Utsläpp och upptag av växthusgaser från orörda torvmarker som utgör majoriteten av Sveriges våtmarksareal ingår dock inte i redovisningen, eftersom de i klimatrapporterings-sammanhang anses obrukade.

De redovisade utsläppen för kategorin våtmark låg 2018 på drygt 0,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter, vilket till lika stor del utgörs av utsläpp från den dränerade torvproduktionsmarken som av utsläpp från skördad odlingstorv.

8.2.6 Beskogad mark och avskogad mark (beskogning och avskogning) är betydelsefulla för kolbalansen

Drygt 350 000 hektar eller i genomsnitt 12 500 hektar per år har beskogats sedan 1990 enligt Sveriges klimatrapportering.

Av den totala beskogade arealen 2018 utgjordes cirka 40 procent av tidigare åkermark, knappt 30 procent av tidigare betesmark och drygt 30 procent av tidigare bebyggd mark. En stor del av den mark som räknas in under beskogning är åkermark eller betesmark som inte används längre och som inte aktivt beskogats, men den räknas som skog eftersom all sådan mark räknas som produktiv skogsmark om den inte aktivt används till något annat. Det innebär att även mark som långsamt växer igen utan att det egentligen bedrivs aktivt skogsbruk räknas som beskogning. Beskogning bidrog till bokföringen under Kyotoprotokollet med ett nettoupptag på närmare 1,3 miljoner ton koldioxid 2018.⁷ Levande biomassa, död ved och förna bidrar till upptaget medan marken står för ett utsläpp.

I Sverige sker en permanent avskogning på i snitt drygt 12 000 hektar årligen. Avskogningen sker främst i samband med anläggande av vägar, kraftledningar, bostadsområden och annan infrastruktur

⁶ Utsläppen från användning av energitorv redovisas i energisektorn.

⁷ National Inventory Report Sweden (2020).

(i snitt för perioden 1990–2014 drygt 77 procent av den avskogade arealen). Redovisningen under avskogning inkluderar även skogs- mark som överförs till åkermark (knappt 2 procent) och betesmark (knappt 21 procent) men här rör det sig, i likhet med för beskogning, ofta om att det bara är den huvudsakliga markanvändningen som ändras och inte nödvändigtvis att skog avverkas. År 2018 resulterade aktiviteten avskogning i ett nettoutsläpp på 2,6 miljoner ton koldioxidekvivalenter.

8.2.7 Träprodukter bidrar med betydande kolinlagring

Nettoupptaget i träprodukter baserade på inhemsk skogsråvara i Sverige och länder som importerar skogsråvara från Sverige har uppskattats till 6–8 miljoner ton koldioxid per år de senaste fem åren. Nettoupptaget styrs i beräkningsmodellen främst av inflödet av kol som i sin tur baseras på produktionen av olika långlivade träbaserade produkter samt av storleken på det historiska förrådet. Den beräknade lagerökningen inkluderar alla produkter, sågade varor, träbaserade skivor och pappersprodukter baserade på svensk träråvara, dvs. även råvara och produkter som finns i andra länder. Produkter baserade på importerad träråvara inkluderas däremot inte. Metodiken som används i klimatrapporeringen innebär att nettoupptaget i kolpoolen beror på avverkningsens utveckling och utflödet av kasserade produkter som styrs av det befintliga förrådets storlek. En succesivt ökad avverkning innebär att mer virke kan omvandlas till träprodukter, och vice versa. Om avverkningen minskar under en längre tid kommer utflödet från det befintliga förrådet så småningom bli högre än tillskottet av nya produkter vilket leder till ett nettoutsläpp i redovisningen.

8.3 Risker förknippade med naturliga störningar

I klimatavtalet från Paris (Parisavtalet) uppmantras länderna att bevara kolsänkor och, om det är möjligt, också stärka dem. Likväl som att utredningen ska föreslå kompletterande åtgärder för att förstärka kolsänkan bör alltså åtminstone de risker belysas som kan göra att kolsänkorna försvagas.

Naturliga störningar som torka, skyfall, bränder, stormar, insektsangrepp och andra skador kan påverka LULUCF-sektorns olika delar negativt, främst genom att det kol som bundits in direkt återgår till atmosfären.

De skador på skog i Sverige som inträffat på senare år är inte obetydliga i storlek i jämförelse med det totala nettoupptaget i levande biomassa, vilket i genomsnitt uppgår till 33 miljoner ton koldioxid 1990–2018. En grov uppskattning av utsläppen i samband med den omfattande skogsbranden i Västmanland 2014, vilken berörde cirka 14 000 hektar skogsmark, genererade ett utsläpp av koldioxid på omkring 0,5 miljoner ton baserat på antagandet att cirka 25 procent av biomassan brann upp. Resterande brandskadat virke kunde på olika sätt användas av skogsindustrin. Bränderna i framför allt Dalarna, Gävleborg och Jämtland 2018 kan ha bidragit med utsläpp på nästan det dubbla. Barkborreangreppen 2018 förstörde cirka 2,5 miljoner kubikmeter skog. Sådant virke kan visserligen tas tillvara och användas som timmer och massaved samt som bioenergi, men skogsägare får sämre betalt för detta virke eftersom det är av sämre kvalitet. Barkborreangreppen var ännu större 2019 då 7 miljoner kubikmeter skog i södra och mellersta Sverige skadades.

I bedömningarna av utsläppen i samband med bränderna ovan ingår endast levande biomassa ovan mark. Men stora utsläpp kommer också från bränder i död ved och organiskt material i marken.

Ett stort bekymmer är också de stora viltstammarna i många områden. De skadar skogen, vilket ger minskad tillväxt och därmed minskad kolinbindningsförmåga. Det finns ett stort behov av att anpassa mängden klövvilt för att minska skadorna av viltbete i skogen. Skogsstyrelsen har beräknat att dagens skadetryck i tallungskogen minskat tillväxten med drygt 6 miljoner skogskubikmeter per år, vilket innebär en samhällsekonomisk kostnad på 7,2 miljarder kronor per år.

I en nyligen presenterad scenarioanalys för skog visar Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) att en kraftigt ökad skadefrekvens kan få stora konsekvenser för utvecklingen av nettoinlagring i skog.⁸ Även om det simulerade scenariot antar mycket kraftigt ökade skador ger det en bild av vilken storleksordning det kan handla om när det gäller minskade kollager och minskade möjligheter till avverkning.

Omfattande skador på skog kan också leda till minskad tillväxt, vilket dels gör att kolsänkan i skogen försvagas, dels gör att avverk-

⁸ Sveriges lantbruksuniversitet (2019).

ningsmöjligheterna sjunker och försvårar omställningen till en grön bioekonomi. Samtidigt kan, som nämns ovan, skadade och döda träd ofta tas tillvara av industrin, vilket minskar effekten efter en naturlig störning – inte minst om en del planerade avverkningar skjuts till kommande år. Det är också viktigt att ta tillvara dessa träd för att minska risken för efterföljande insektsangrepp där framför allt granbarkborren, som gynnas av nyligen dödade eller försvagade träd, utgör ett efterföljande hot.

Torka påverkar all tillväxt, vilket påverkar både inlagring i mark och biomassa. Om jordbruksproduktionen minskar på grund av torka minskar dessutom tillförseln av organiskt material till marken i form av skörderester vilket gör att inlagringen i marken minskar.

8.4 Generella målkonflikter och synergier

Generellt är det viktigt att konsekvenser för biologisk mångfald, andra miljömål, målen i Livsmedelsstrategin och andra samhällsmål tas i beaktande när kriterier för var och hur åtgärder bör tillämpas tas fram. En viktig övergripande fråga är behovet av mark för livsmedelsproduktion och hur det behovet kan komma att utvecklas i framtiden. För livsmedelsproduktionen är det av avgörande betydelse om en åtgärd utförs på mark som redan tagits ur produktion eller inte. Livsmedelsproduktionen påverkas t.ex. inte om odling av energiskog och återvätning av organogen mark sker på övergiven mark som inte längre odlas. De scenarier som tagits fram av Jordbruksverket och Naturvårdsverket och som använts i utredningens analyser pekar mot att stora arealer kommer tas ur bruk i framtiden, i linje med den historiska trenden. Samtidigt pekar uppskattningar⁹ av den globala livsmedelsförsörjningen på stora behov av livsmedelsproduktion på nordliga breddgrader i framtiden, vilket gör att permanent omföring av mark i alltför stor utsträckning bör undvikas.

Här beskrivs översiktligt de målkonflikter och synergier som kan föreligga när det gäller att påverka nettoinlagringen i LULUCF-sektorn i någon riktning. För de kompletterande åtgärder som slutligen föreslås görs en mer ingående beskrivning av konsekvenserna på andra miljömål.

⁹ FAO (2018).

8.4.1 Den biologisk mångfalden kan påverkas av klimatåtgärder

Ett alltför intensivt jord- och skogsbruk är ett hot mot den biologiska mångfalden. Det är därför viktigt att de åtgärder som föreslås av denna utredning inte försvårar möjligheten att nå mål för den biologiska mångfalden utan snarare bidrar till att förbättra möjligheterna för de arter som hotas. Utredningens primära uppdrag är dock att skapa incitament för ökad kolsänka och minskade utsläpp, vilket innebär att föreslagna åtgärder inte i första hand riktas mot andra mål.

Några nedslag i den senaste fördjupade utvärderingen¹⁰ av de nationella miljö kvalitetsmålen indikerar att läget inte är kritiskt men att utvecklingen är känslig. Utan ytterligare åtgärder finns dock risk att flera mål inte kommer kunna nås, och i flera fall går det inte se någon tydlig riktning för utvecklingen av miljön.

När det gäller miljö kvalitetsmålet *Ett rikt odlingslandskap* bedöms tillståndet för odlingslandskapets ekosystemtjänster som acceptabla. Dock visar den senaste rödlistan från 2015 exempel på att tidigare vanliga arter i jordbrukslandskapet minskat i så stor omfattning att de nu rödlistats. Detta kan på sikt innebära att viktiga ekosystemtjänster försvagas eller upphör. Det finns därmed anledning att vara uppmärksam när arter som tidigare har varit vanliga minskar drastiskt.

Ett flertal av de centrala områdena för miljö kvalitetsmålet *Levande skogar* visar att minskande och fragmenterade livsmiljöer, avverkning av skyddsvärda skogar, samt minskande eller små populationer hos ett antal hotade arter, är ett stort problem för att nå målet om att bevara den biologiska mångfalden. Generellt bedöms att miljö hänsynen behöver förbättras, att tillämpning av hyggesfritt brukande bör ske på en viss del av arealen och att andelen skyddad mark måste öka om målet ska nås.

För miljö kvalitetsmålet *Ett rikt växt- och djurliv* nämns bl.a. att tre fjärdedelar av naturtyperna och hälften av arterna som listas i EU:s art- och habitatdirektiv inte har gynnsam bevarandestatus. I gräsmarker, skog och hav återfinns flera naturtyper som utsatts för stor negativ påverkan, vilket minskat deras kvalitet och ibland även deras arealmässiga utbredning. Påverkan i form av exploatering av mark och vatten hänger dessutom ofta ihop med hur naturen nyttjas.

¹⁰ Skogsstyrelsen (2019c), Jordbruksverket (2018f), Naturvårdsverket (2019b).

Åtgärder som bidrar till flera värden och mål bedöms generellt vara mer långsiktiga än åtgärder som enbart bidrar till ökad kolsänka. Åtgärder för ökad kolsänka och minskade utsläpp bör därför prioriteras så att även andra värden och mål tillgodoses.

8.4.2 Andra mål påverkas men det finns även synergier

Åtgärder för att öka kolsänkan och minska utsläpp inom skogs- och jordbrukssektorerna påverkar även övriga miljö kvalitetsmål, inte bara vad gäller biologisk mångfald.

För att nå miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* har många åtgärder genomförts för att minska övergödningen, vilket börjat ge effekt i form av förbättrat miljötillstånd i vissa områden även om omfattande problem kvarstår. Återhämtningstiden i miljön är dock lång och åtgärdstakten behöver öka. Tillförseln av näringsämnen från Sverige till omgivande hav minskar visserligen, men framför allt fosfortillförseln behöver minska betydligt mer för att målet ska nås. En ökad användning av fånggrödor kommer bidra till möjligheterna att nå målet.

Endast cirka en femtedel av de större våtmarkerna nedanför fjällområdet är opåverkade av mänskliga ingrepp. De senaste åren har mycket positivt arbete skett genom anläggning och restaurering av våtmarker, och våtmarkerna minskar inte längre i utbredning. Förutsättningarna för att nå miljö kvalitetsmålet *Myllrande våtmarker* kräver dock fortsatt arbete med anläggning, restaurering och skydd av våtmarker, vilket har stor positiv lokal betydelse för t.ex. biologisk mångfald och retentionen av närsalter. Våtmarkssatsningen 2018–2020 är ett mycket viktigt bidrag till detta, och en intensifiering av återvätningen av dikad torvmark i enlighet med utredningens förslag kommer bidra ytterligare till att målet kan nås.

8.4.3 Förnybar råvara kan substituera fossila alternativ

LULUCF-sektorns påverkan på klimatet innefattar inte enbart växthusgasbalansen i skog och mark samt inlagring av kol i produkter. Den omfattar även nyttan av att använda förnybar råvara i stället för icke förnybara material som orsakar utsläpp av växthusgaser, t.ex. stål och betong och fossila bränslen, den s.k. substitutionseffekten.

I redovisningen av växthusgasutsläpp till EU och FN tillgodoräknas denna nytta som utsläppsminskningar i de sektorer där biomassan används, t.ex. i fjärrvärmesektorn.

Även om nyttan med att ersätta fossila bränslen och fossilintensiva produkter inte ingår i redovisningen av LULUCF-sektorn så gör utredningen i konsekvensanalysen (se kapitel 20) ändå en översiktlig bedömning av effekten på substitutionen, dvs. om en kompletterande åtgärd innebär att mer (ökad produktion, t.ex. genom beskogning) eller mindre (ökat skydd av produktiv skogsmark) biomassa görs tillgänglig för potentiell substitution.

Effekten med substitutionsnyttan avgörs också av hur efterfrågan på biomassa utvecklas och på vad biomassan ersätter; i den mer avlägsna framtiden finns kanske inga fossila alternativ kvar som kan ersättas, och om efterfrågan på biomassa som ersätter fossila alternativ går ner minskar nyttan med substitution samtidigt som biomassan fortsätter göra nytta för klimatet som kolförråd i skogen. Om efterfrågan på biomassa däremot går upp, och efterfrågan inte kan mötas av befintlig produktion, finns en risk att andra alternativ löser behovet – antingen import av biomassa som kanske inte är lika hållbar som den inhemska eller fossila alternativ. Baserat på olika branschers färdplaner mot fossilfrihet och klimatneutralitet till 2045 bedöms behovet av biomassa från svensk skog öka jämfört med dagens situation. Det gäller särskilt de närmsta åren, innan det finns möjlighet att lösa delar av behovet med en högre andel variabla förnybara energikällor i energisystemet. Exempelvis kommer ökad elektrifiering i transportsektorn inte ske omedelbart utan successivt fasas in. I IPCC:s och EU:s scenarier är det inte lika tydligt att efterfrågan på svensk skogsråvara kommer öka.

8.5 Klimateffekter

Hur utsläpp och upptag i LULUCF-sektorn utvecklas beror också på hur klimatet utvecklas. Utredningen kan inte redogöra för alla positiva och negativa effekter i detalj men ger här en generell överblick av på vilka sätt kolbalansen i LULUCF-sektorn kan komma att förändras.

8.5.1 Klimatet påverkar skog och mark

Redan en ökad koldioxidhalt i atmosfären kan antas bidra till en ökad skogstillväxt till följd av att fotosyntesen normalt gynnas av högre halter. Den temperaturhöjning som följer av en ökad koncentration växthusgaser i atmosfären bedöms leda till ökad näringstillgång genom att markens organiska material bryts ner snabbare. Dessutom kan temperaturhöjningen mer direkt bidra till att den biologiska produktionen ökar – främst genom att vegetationsperiodens längd ökar, inte minst i nordligt tempererade och boreala klimatzoner. Det som talar emot ökad tillväxt i skogsbiomassa är att tillväxtförluster kan uppstå till följd av mer extrema torrperioder eller perioder med mycket nederbörd, ökad frekvens och utbredning av skogsbränder, mer frekventa stormskador samt ökad förekomst av olika skadegörare. Den förlängda vegetationsperioden kan inte heller nyttjas fullt ut på nordliga breddgrader på grund av ljusbrist under hösten. Ökad kolinlagring genom ökad tillväxt under våren kan därför komma att motverkas av markkolsförluster på grund av ökad nedbrytning av organiskt material under hösten.

Det finns flera studier som indikerar att en ökad tillväxt i boreala skogar inte ska tas för given eftersom förändringar i positiv riktning kan tas ut av förändringar i negativ riktning.¹¹ Två finska studier¹², baserade på taxeringsdata och svenska modellstudier, ger dock stöd för att tillväxten i Sveriges skogar kan komma att öka i takt med att klimatet ändras. Med beaktande av övriga studier måste det dock konstateras att osäkerheten i ett sådant antagande är stor.

Samtidigt som tillväxten kan tänkas öka så ökar sannolikt riskerna för en rad skador som ger skogsbruket stora kostnader, t.ex. rotröta, angrepp av granbarkborre, snytbagge och andra insekter, stormfällning, sämre markbärighet och torka. Rotröta och snytbagge är för närvarande de skadegörare som orsakar de största kostnaderna (1 respektive 0,5 miljarder kronor per år) för skogsbruket.¹³

Virkesvolymen som drabbats av brand, vind och insektsskador i Europas skogar har ökat stadigt sedan 1970-talet, och dessa skador kommer sannolikt att fortsätta öka med ett förändrat klimat.¹⁴ Detta

¹¹ Piao m.fl. (2008) och Girardin m.fl. (2016).

¹² Kauppi m.fl. (2014) och Henttonen m.fl. (2017).

¹³ Skogsstyrelsen (2015b).

¹⁴ Seidl m.fl. (2014).

talat emot en strategi för negativa utsläpp som enbart fokuserar på att lagra in mer kol i stående skog. Seidl m.fl. (2014) menar vidare att de ökade skogsskadorna bidragit till den trend mot virkesförrådsminskning som rapporterats vad gäller Europas skogar.¹⁵ Ett förändrat klimat, framför allt mildare vintrar, var en av de förklaringar som lades fram av Seidl m.fl. (2014) efter de barkborreangrepp som ledde till omfattande skogsdöd i nordamerikanska tallskogar i början på 2000-talet.¹⁶ Författarna menar att liknande händelser måste tas i beaktande när skogars förmåga att lagra kol simuleras givet olika klimatscenarier.

Att göra rimliga bedömningar om framtida skogsskador är emellertid svårt, för att inte säga omöjligt, vilket man måste vara medveten om då man tolkar resultat från analyser där antaganden om ökade skogsskador ingår.

8.5.2 Tydlig påverkan på jordbruket av klimatförändringar

Klimatet har direkt påverkan på jordbruket och därmed också livsmedelsproduktionen. Jordbruket är därför en av de samhällssektorer som tydligast påverkas av ett förändrat klimat.

I Sverige leder högre temperaturer till en längre växtsäsong. Till sammans med att koldioxidhalten i atmosfären ökar leder detta till att skördarna av vissa grödor, främst vall, majs och höstsådda grödor, kan komma att öka. Ett förändrat klimat möjliggör dock också odling av nya grödor samt möjligheter att fördela grödorna på ett annorlunda sätt, förändra växtföljderna och öka mångfalden av grödor, vilket sprider riskerna.

Ett förändrat klimat förväntas också medföra ökade risker, t.ex. att skördarna kan försämrans på grund av förändringar i nederbördsmonster i form av ökad och minskad nederbörd under olika säsonger, torka och översvämningar. Angrepp och spridning av sjukdomar på grödor blir vanligare och invasiva arter kan gynnas.

Ett förändrat klimat innebär att jordbruket i alla delar av världen behöver anpassas till nya förutsättningar och risker. För jordbruket i Sverige finns dock på medellång sikt (några årtionden framåt) en potential för större skördar, förutsatt att jordbruket klarar en anpassning till klimatförändringarna.

¹⁵ Jämför Nabuurs m.fl. (2013).

¹⁶ Jämför Kurz m.fl. (2008).

DEL III

Avskiljning och lagring av biogen koldioxid

9 Förutsättningar och potential för bio-CCS i Sverige

Utredningens förslag

Lagring av koldioxid

- Koldioxidlagring som bidrar till ökad utvinning av olja eller naturgas genom s.k. *enhanced hydrocarbon recovery* (EHR) bör inte kunna räknas som en kompletterande åtgärd för att nå de svenska klimatmålen, oavsett koldioxidens ursprung. Endast projekt inom CCS inklusive bio-CCS där koldioxidlagringen sker permanent och utan att bidra till EHR bör kunna ta del av statligt stöd.
- Sveriges geologiska undersökning (SGU) bör få i uppdrag att identifiera vad ett beslutsunderlag om en svensk lagringsplats för koldioxid behöver innehålla och hur ett sådant skulle kunna tas fram. I uppdraget ingår att redovisa vilka undersökningar, datamängder och modelleringar som krävs samt att uppskatta vad insatserna innebär i form av resurser och tid.

Bilaterala avtal om CCS inklusive bio-CCS

- Energimyndigheten bör få i uppdrag att tillsammans med norska myndigheter precisera vad ett bilateralt mellanstatligt avtal om transport till och lagring av koldioxid i Norge bör innehålla, inklusive vad som behövs för att uppfylla kraven enligt Londonprotokollet för export av koldioxid. Energimyndigheten bör genomföra uppdraget i samråd med Naturvårdsverket och SGU samt i dialog med näringslivet. I uppdraget bör även ingå att utröna om intresse finns i Nederländerna och

Storbritannien för att genomföra motsvarande analys tillsammans med nämnda svenska myndigheter.

Utredningens bedömning

Realiserbar potential

- Den realiserbara potentialen för bio-CCS i Sverige uppgår till minst 10 miljoner ton biogen koldioxid per år i ett 2045-perspektiv. Den tekniska potentialen bedöms vara dubbelt så stor.

Transport av koldioxid

- För transport av koldioxid till en lagringsplats är fartygsbaserad transport det enda realistiska alternativet vid CCS inklusive bio-CCS i Sverige för överskådlig framtid. Kostnaden för fartygstransport ökar endast måttligt med transportavståndet och platsspecifika faktorer kan påverka kostnaden för koldioxidavskiljning väsentligt mer än vad det geografiska läget påverkar transportkostnaden. En anläggnings geografiska läge i Sverige (nord/syd, öst/väst) är således inte avgörande för om anläggningen kan vara en kandidat för CCS inklusive bio-CCS eller inte, så länge anläggningen är lokaliserad utmed kusten eller vid Mälaren eller Vänern.
- Utredningen avråder i nuläget från en satsning i statlig regi på transportinfrastruktur för koldioxid. Staten bör i stället bistå privata aktörer som satsar på bio-CCS på andra sätt, bl.a. genom att skapa ekonomiska förutsättningar för bio-CCS, stöd till FoU inklusive demonstrationsanläggningar och insatser för att främja ett effektivt nyttjande av infrastruktur för koldioxidtransport.

Lagring av koldioxid

- Ur ett rent geologiskt perspektiv finns det lagringsutrymme för koldioxid från svensk CCS inklusive bio-CCS för överskådlig framtid, i Sverige eller i närområdet. Koldioxidlagring i Norge eller annat Nordsjöland är i teknisk och ekonomisk mening fullt realistiska alternativ för svenska projekt inom CCS inklusive bio-CCS.

- Det finns sannolikt en betydande potential för koldioxidlagring i Sverige. Kunskapen om möjliga lagringsplatser i Sverige är dock bristfällig. Att utveckla en lagringsplats för koldioxid i Sverige skulle bl.a. av den orsaken ta mycket lång tid och bli kostsamt. Om ett arbete med målet att få till stånd ett fullskaligt svenskt koldioxidlager skulle inledas omedelbart skulle det sannolikt dröja till andra halvan av 2030-talet, eller till och med en bit in på 2040-talet, innan lagret kan vara i drift. Koldioxidlagring utanför Sverige är därför en förutsättning för att bio-CCS ska kunna tillämpas på svenska utsläppskällor i närtid.
- Sverige bör i nuläget prioritera andra frågor och delar av CCS-kedjan än att uppföra ett svenskt koldioxidlager. Viss kompetenshöjande verksamhet på området behövs dock för att bibehålla och utveckla svensk förmåga, vilket håller möjligheten att uppföra ett svenskt koldioxidlager levande som handlingsalternativ.

Kostnad för bio-CCS

- Avskiljning av biogen koldioxid bör kunna genomföras till en kostnad av 400 till 600 kronor per ton på anläggningar med gynnsamma förutsättningar för bio-CCS inom massa- och pappersindustri samt kraftvärmeproduktion. För en kostnad som understiger 800 kronor per ton bör mer än 10 miljoner ton biogen koldioxid per år kunna avskiljas inom dessa sektorer.
- Kostnaden för transport av koldioxid från svenska anläggningar till en lagringsplats uppskattas till mellan 150 och 300 kronor per ton.
- Koldioxidlagring bör kunna ske till en kostnad av 100 till 200 kronor per ton koldioxid, inklusive kostnaden för övervakning av lagringsplatsen i enlighet med CCS-direktivet.

Konsekvenser för biologisk mångfald

- Utredningen bedömer att svensk bio-CCS skulle medföra små konsekvenser för den biologiska mångfalden vid de kvantiteter som är relevanta för att nå nettonollmålet. Det tillkommande uttaget av biomassa för att möta relevanta delar av energibehovet för koldioxidavskiljning uppskattas då bli begränsat. Vid

skapandet av styrmedel för bio-CCS på europeisk nivå behöver det säkerställas att inga incitament ges för ohållbar markanvändning. Det är samtidigt viktigt att inte skapa hinder för hållbar biomassaanvändning vilken utredningen anser är en nödvändig komponent för att nå nationella och globala klimatmål.

Kunskapsläget och forskning

- Även om erfarenheterna av CCS är begränsade är kunskapsläget relativt gott. CCS, inklusive bio-CCS, kan genomföras i Sverige utan att resultatet av pågående eller planerade forskningsinsatser behöver inväntas. För att ytterligare förbättra kunskapsläget kan forskning riktas mot systemfrågor kopplade till CCS inklusive bio-CCS, t.ex. styrmedel, acceptans, värdekedjeintegrering samt konsekvenser för biomassaanvändningen och energisystemet vid en omfattande tillämpning i Sverige. Grundforskning och tillämpad forskning i samarbete med svensk industri är också av stor vikt, framför allt när det gäller avskiljningssteget där den största potentialen för kostnadsreduktioner bedöms finnas genom effektivisering av processer och minskning av energibehoven.

Skäl för utredningens förslag och bedömning

Lagring av koldioxid

Den totala teoretiska lagringskapaciteten av koldioxid för Sverige, Danmark och Norge har tidigare uppskattats till 120 000 miljoner ton. Av denna återfinns 3 400 miljoner ton i Sverige, 22 000 miljoner ton i Danmark och 94 600 miljoner ton i Norge. Uppskattningarna har hög osäkerhet och den praktiskt realiserbara lagringskapaciteten är väsentligt lägre än den teoretiska. Som jämförelse uppgår de årliga totala koldioxidutsläppen (fossila och biogena) från svenska punktkällor större än 100 000 ton per år till cirka 50 miljoner ton.

Lagringskapaciteten bedöms också vara stor i flera andra Östersjöländer samt i exempelvis Nederländerna och Storbritannien.

Det finns betydande osäkerheter om de geologiska förutsättningarna för lagring av koldioxid i Sverige; det skulle krävas omfattande undersökningar bara för att peka ut en möjlig lagringsplats. Investeringarna i undersökningar och anläggning skulle vara stora och ledtiderna för att uppföra ett koldioxidlager i Sverige skulle vara långa. Vidare har inte Sverige den industriella kompetens som är mest relevant för att åstadkomma ett koldioxidlager, i frånvaron av en betydande nationell olje- och gasutvinningsindustri. Att bygga upp sådan kompetens är sannolikt både svårt och tidskrävande. Mot ett svenskt koldioxidlager talar också Östersjöns känsliga miljösituation vilken kan minska acceptansen för och genomförbarheten av ett koldioxidlager där, åtminstone innan CCS-konceptet (avskiljning, transport och lagring av koldioxid, *carbon capture and storage*) är mer etablerat.

Utredningen anser att Sverige i nuläget bör prioritera andra frågor och delar av CCS-kedjan än utvecklandet av ett svenskt koldioxidlager. Fortsatt kompetenshöjande verksamhet på området, inklusive forskning, behövs dock för att bibehålla och utveckla svensk förmåga, vilket håller möjligheten att uppföra ett svenskt koldioxidlager levande som handlingsalternativ om omvärldsförutsättningarna skulle aktualisera detta.

För att lagring av koldioxid i Sverige ska vara ett alternativ i framtiden behöver kunskapen öka om hur en lagringsplats kan identifieras. Sveriges geologiska undersökning (SGU) bör därför få i uppdrag av regeringen att identifiera dels vilket beslutsunderlag som behövs för att avgöra om, och i så fall för vilka koldioxidvolymmer, en svensk lagringsplats kan vara ett realistiskt alternativ, dels hur ett sådant beslutsunderlag skulle kunna tas fram.

Syftet med uppdraget är att redovisa vilka steg som skulle behöva vidtas för att identifiera en lämplig svensk lagringsplats. Vilka undersökningar, modelleringar m.m. som krävs för att identifiera en lämplig lagringsplats bör redovisas, liksom en uppskattning av hur mycket resurser de olika stegen kräver. Det bör även ingå att ange kriterier för vad som skulle utgöra en lämplig lagringsplats. Uppdraget bör resultera i ett underlag som kan utgöra stommen i en handlingsplan om någon aktör (statlig eller privat) skulle besluta att verka för en svensk lagringsplats.

Lagring utomlands och transport av koldioxid

Huvudfokus på kort sikt bör vara åtgärder för att möjliggöra koldioxidlagring utomlands. Energimyndigheten bör få i uppdrag att tillsammans med norska myndigheter precisera vad ett avtal länderna emellan om transport och lagring av koldioxid bör innehålla. Uppdraget bör utföras i samråd med Naturvårdsverket och SGU. Ett avtal krävs för att export av koldioxid inte ska strida mot Londonprotokollet. Uppdraget bör genomföras i dialog med näringslivet.

Ett mellanstatligt avtal skulle vara ett komplement till de kommersiella avtal som svenska aktörer eventuellt kan komma att ingå med norska motparter. Ett mellanstatligt avtal skulle bl.a. kunna avhandla ansvarsfördelning mellan inblandade statliga och privata aktörer vid händelse av läckage av koldioxid under transport eller lagring, förbud mot att svensk koldioxid används till *enhanced hydrocarbon recovery* (EHR), utbyte av statistik och bokföringsfrågor så att det säkerställs att Sverige och svenska aktörer kan tillgodoräkna sig negativa utsläpp gentemot nationella klimatmål, internationella åtaganden och övriga system (t.ex. utsläppshandelssystemet om det skulle bli aktuellt).

Ett mellanstatligt avtal skulle också kunna bidra till att minska den affärsmässiga risken och sänka kostnaden för svenska aktörer som önskar avskilja koldioxid för vidare transport till och lagring i Norge.

Norska Olje- och energidepartementet har meddelat utredningen att Norge välkomnar diskussioner med svenska myndigheter om ett mellanstatligt avtal.

I uppdraget bör även ingå att utröna om intresse finns i Nederländerna eller Storbritannien för att genomföra motsvarande analys tillsammans med svenska myndigheter. Om intresse finns bör en sådan analys genomföras. Skulle svenska företag visa intresse för att lagra koldioxid i andra, icke ovan nämnda länder bör detsamma gälla även gentemot dessa (under förutsättning att lagring där är tillåten enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/31/EG av den 23 april 2009 om geologisk lagring av koldioxid (CCS-direktivet)).

Utredningen anser att avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung (bio-CCS) endast kan räknas som en kompletterande åtgärd för att nå de svenska klimatmålen om koldioxidlagringen sker på ett sätt så att den inte bidrar till ökad utvinning av olja eller naturgas genom EHR. Endast projekt inom bio-CCS som

lever upp till detta bör kunna ta del av de stöd som utredningen föreslår. Generellt bör inga CCS-projekt som bidrar till EHR kunna ta del av statliga stöd. De kontakter utredningen haft med aktörer inom det svenska näringslivet tyder på att svenska företag kommer att ställa krav på koldioxidlagring utan koppling till EHR. Detta är föga förvånande eftersom svenska företag som engagerar sig i bio-CCS gör det som en del av sitt hållbarhetsarbete och vill inte bli förknippade med utvinning av fossila bränslen.

Fartygstransport av avskild koldioxid till en lagringsplats har för svenskt vidkommande stora fördelar gentemot rörledningsbaserad transport – i synnerhet i introduktionsfasen av CCS inklusive bio-CCS när antalet avskiljningsanläggningar är litet och koldioxidvolymen begränsad. Det finns flera orsaker till detta.

- *För det första* är det tveksamt om en rörledningsbaserad transportinfrastruktur skulle leda till lägre transportkostnader för svenska anläggningar jämfört med fartygsbaserad transport. Detta gäller även i en hypotetisk framtid där mängden transporterad koldioxid är stor.
- *För det andra* är den låga flexibiliteten i ett rörledningssystem en stor nackdel jämfört med ett system baserat på fartygstransporter. Detta gäller särskilt på kort och medellång sikt när transporterad mängd koldioxid är låg.
- *För det tredje* är det ett mycket stort och långsiktigt projekt att bygga upp en rörledningsinfrastruktur. En sådan satsning är knappast försvarbar i ett läge där osäkerheten är så hög som den är kring framtida transportvolymerna av koldioxid.
- *För det fjärde*, och slutligen, är det enligt utredningen viktigt att det är de inblandade privata aktörerna som styr hur en transportinfrastruktur för koldioxid växer fram och som har ägandeskapet över denna, framför allt för att minska risken för strandade investeringar i suboptimalt planerad infrastruktur. Utredningen bedömer det som nära nog uteslutet att någon privat aktör skulle satsa på att bygga upp en rörledningsbaserad infrastruktur för koldioxidtransport. Detta argument talar också emot en satsning i statlig regi på infrastruktur för fartygstransporter av koldioxid, exempelvis mellanlager eller specialbyggda fartyg.

Konsekvenser för biologisk mångfald

Bio-CCS kräver energi i form av värme och el. Det är särskilt avskiljningssteget som är energikrävande men även exempelvis kompressionen av avskild koldioxid är energiintensiv.

Utredningen förutsätter att styrmedel för att främja bio-CCS i Sverige utformas så att de i närtid inte leder till att verksamheter som förbränner biomassa etableras vilka annars inte skulle kommit till stånd. Detta är ett rimligt antagande eftersom styrmedel för att främja bio-CCS inte ska leda till överkompensation, vilket också vore oförenligt med EU:s statsstödsregler. Det blir då den extra åtgången av el och värme för bio-CCS specifikt som kan få konsekvenser för den biologiska mångfalden genom att den kan leda till ett ökat uttag av biomassa.

Avskiljning och komprimering av 2 miljoner ton biogen koldioxid uppskattas öka konsumtionen av biomassa med i storleksordningen 0,6 TWh. Den ökade biomassaåtgång som förutses kan ställas i relation till den totala mängden biobränsle som tillfördes det svenska energisystemet 2017, vilken var 143 TWh. Det ökade uttaget av biomassa skulle sannolikt till stor del bestå av restprodukter från skogsbruket och andra biogena restflöden.

9.1 Teknisk potential och förutsättningar för CCS och bio-CCS i Sverige samt konsekvenser för biologisk mångfald

9.1.1 Punktutsläppskällor

CCS inklusive bio-CCS är en teknikkedja som i praktiken är aktuell enbart för stora punktutsläppskällor eftersom kostnaden per avskilt ton koldioxid generellt sett ökar när storleken på utsläppskällan minskar. Något tydligt tröskelvärde går dock inte att sätta för hur stora utsläppen från en anläggning måste vara för att CCS ska vara en aktuell åtgärd. Detta beror på att förutsättningarna för CCS i hög grad är beroende av platsspecifika faktorer, t.ex. halt av koldioxid i rökgaserna, tillgång till överskottsvärme och närhet till eventuell befintlig transportinfrastruktur.

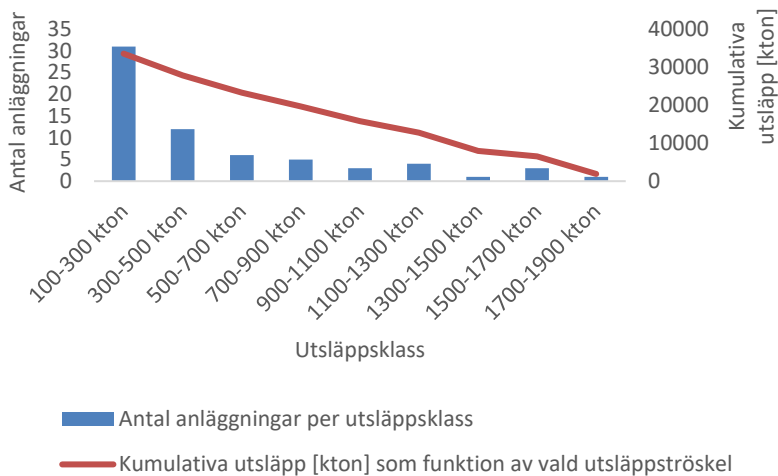
I framtiden kan även mindre punktutsläppskällor komma att bli aktuella för CCS inklusive bio-CCS, under förutsättning att kostnaden för tekniken sjunker generellt, att det utvecklas generiska avskiljningsmoduler till låg kostnad för mindre utsläppskällor och att infrastruktur för transport och lagring finns på plats. Betalningsviljan för utsläppsminskningar förväntas också öka i framtiden med högre utsläppspris och ökad efterfrågan på produkter med god klimatprestanda, vilket gör att dyrare åtgärder per ton koldioxid räknat kan komma att genomföras.

Sverige har ett stort antal punktutsläppskällor av koldioxid av tillräcklig storlek för att CCS inklusive bio-CCS potentiellt ska vara en intressant teknik. Det som utmärker Sverige i ett europeiskt och globalt perspektiv är att en hög andel av punktutsläppen av koldioxid är av biogent ursprung och att en hög andel av utsläppen kommer från industrianläggningar. Det vanliga på kontinenten och globalt är att de stora punktutsläppskällorna av koldioxid till övervägande del utgörs av fossilbränslebaserade kraftverk.

Enligt Naturvårdsverkets utsläppsregister fanns det 97 anläggningar med totala koldioxidutsläpp (dvs. både fossil och biogen koldioxid) större än 100 000 ton i Sverige 2017. De sammanlagda totala koldioxidutsläppen från dessa anläggningar var 51 miljoner ton.

Det fanns 66 anläggningar 2017 vars utsläpp av enbart biogen koldioxid översteg 100 000 ton och de sammanlagda utsläppen av biogen koldioxid från dessa var 34 miljoner ton. Av de 66 anläggningarna hade 31 biogena koldioxidutsläpp på mellan 100 000 och 300 000 ton. Resterande 35 anläggningar, som alltså hade utsläpp större än 300 000 ton vardera, svarade för utsläpp av 28 miljoner ton koldioxid, dvs. över 80 procent av de sammanlagda utsläppen från stora biogena punktkällor. Figur 9.1 visar sambandet mellan antal anläggningar i olika utsläppsklasser och kumulativa utsläpp vid val av olika utsläppströsklar.

Figur 9.1 Antal anläggningar i olika utsläppsklasser och vilka kumulativa utsläpp [kton] av biogen koldioxid som fås vid val av olika utsläppströsklar



Källa: Utsläppsdata från Naturvårdsverket.

I CCS-sammanhang är en anläggning med koldioxidutsläpp på 100 000, eller till och med 300 000 ton per år, en liten anläggning. Skiftas fokus till större anläggningar fanns det 36 anläggningar med totala koldioxidutsläpp över 500 000 ton i Sverige 2017 (tabell 9.1). De totala koldioxidutsläppen från dessa uppgick till 37 miljoner ton, varav 26 miljoner ton var av biogen ursprung. Samma år fanns det 35 anläggningar där de biogena koldioxidutsläppen översteg 300 000 ton (tabell 9.2).

År 2017 hade Sverige 17 anläggningar vars totala koldioxidutsläpp översteg 1 miljon ton vardera. De sammanlagda totala koldioxidutsläppen från dessa var 25 miljoner ton. De sammanlagda biogena koldioxidutsläppen från de 17 anläggningarna var 16 miljoner ton.

Tabell 9.1 Anläggningar i Sverige med totala koldioxidutsläpp större än 500 kton per år

Anläggning	Verksamhet	Total CO ₂ [kton]
Luleå kraftvärmeverk LUKAB	Förbränning	2 174
Södra Cell Mönsterås	Massa, papper	1 914
Värtaverket	Förbränning	1 868
Cementa AB, Slitefabriken	Cement	1 757
Metsä Board Sverige AB, Husums fabrik	Massa, papper	1 690
Preemraff, Lysekil	Raff. petr.prod.	1 584
Södra Cell Värö	Massa, papper	1 536
SSAB Oxelösund AB	Stål och metall	1 531
Skutskärs Bruk	Massa, papper	1 518
SSAB EMEA AB i Luleå	Stål och metall	1 294
Korsnäsverken	Massa, papper	1 273
Gruvöns bruk	Massa, papper	1 245
SCA Östrand massafabrik	Massa, papper	1 181
Smurfit Kappa Kraftliner Piteå	Massa, papper	1 126
Södra Cell Mörrum	Massa, papper	1 094
Skoghalls Bruk	Massa, papper	1 004
BillerudKorsnäs Sweden AB Skärblacka Bruk	Massa, papper	1 004
Iggesunds Bruk	Massa, papper	881
BillerudKorsnäs Karlsborgs AB	Massa, papper	862
Händelöverket	Förbränning	783
Stora Enso Paper AB	Massa, papper	778
Västerås kraftvärmeverk	Förbränning	755
BillerudKorsnäs Skog & Industri AB, Frövi	Massa, papper	741
Högdalenverket	Förbränning	722
Igelsta kraftvärmeverk	Förbränning	718
SCA Munksund	Massa, papper	700
Mondi Dynäs AB	Massa, papper	652
Borealis Krackeranläggning	Org. Kemikalier	642
Vallviks Bruk	Massa, papper	632
Sysavs avfallsförbränningsanläggning	Förbränning	569
Bäckhammars Bruk	Massa, papper	560
Domsjö Fabriker AB	Massa, papper	540
Sävenäs	Förbränning	536
Gärstadverket	Förbränning	531
St1 Refinery AB	Raff.petr.prod.	522
SCA Obbola AB	Massa, papper	501

Källa: Utsläppsdata för 2017 från Naturvårdsverket.

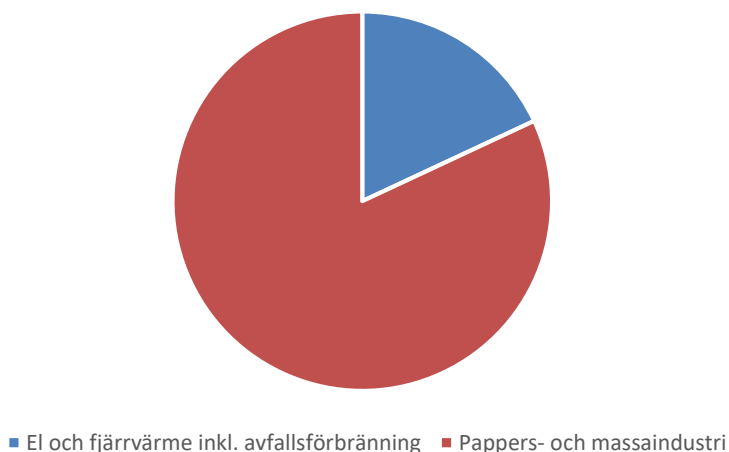
Tabell 9.2 Anläggningar i Sverige med biogena koldioxidutsläpp större än 300 kton per år

Anläggning	Verksamhet	Biogen CO ₂ [kton]
Södra Cell Mönsterås	Massa, papper	1 900
Metsä Board Sverige AB, Husums fabrik	Massa, papper	1 625
Södra Cell Värö	Massa, papper	1 525
Skutskärs Bruk	Massa, papper	1 517
Värtaverket	Förbränning	1 419
Korsnäsverken	Massa, papper	1 258
Gruvöns bruk	Massa, papper	1 230
SCA Östrands massafabrik	Massa, papper	1 139
Smurfit Kappa Kraftliner Piteå	Massa, papper	1 116
Södra Cell Mörrum	Massa, papper	1 084
BillerudKorsnäs Sweden AB Skärblacka Bruk	Massa, papper	993
Skoghalls Bruk	Massa, papper	949
Iggesunds Bruk	Massa, papper	856
BillerudKorsnäs Karlsborgs AB	Massa, papper	852
Stora Enso Paper AB	Massa, papper	778
Igelsta kraftvärmeverk	Förbränning	718
BillerudKorsnäs Skog & Industri AB, Frövi	Massa, papper	710
SCA Munksund	Massa, papper	682
Mondi Dynäs AB	Massa, papper	636
Vallviks Bruk	Massa, papper	629
Händelöverket	Förbränning	605
Bäckhammars Bruk	Massa, papper	552
Domsjö Fabriker AB	Massa, papper	535
Västerås kraftvärmeverk	Förbränning	497
Högdalenverket	Förbränning	470
SCA Obbola AB	Massa, papper	469
Ahlstrom-Munksjö Aspa Bruk AB	Massa, papper	430
Sysavs avfallsförbränningsanläggning	Förbränning	367
Sävenäs	Förbränning	360
E.ON Värme Sverige AB, Åbyverket	Förbränning	334
Bristaverket	Förbränning	330
Värmeverket Vattumannen	Förbränning	327
Dåva kraftvärmeverk	Förbränning	325
SCA Ortviken	Massa, papper	310
Sandviksverket	Förbränning	305

Källa: Utsläppsdata för 2017 från Naturvårdsverket.

Det är uppenbart att det finns många och stora punktutsläppskällor av koldioxid i Sverige där CCS inklusive bio-CCS skulle kunna tillämpas. De i särklass största biogena punktutsläppskällorna och de största sammanlagda biogena koldioxidutsläppen finns inom massa- och pappersindustrin. El- och fjärrvärmeproduktion inklusive avfallsförbränning står också för betydande biogena punktutsläpp av koldioxid. Utsläppen från dessa båda branscher härrör främst från förbränning av restprodukter från skogsbruket och massatillverkning samt biogent avfall. Samtliga biogena punktutsläppskällor större än 300 000 ton biogen koldioxid per år tillhör någon av dessa två branscher. Ser man till totala koldioxidutsläpp, dvs. biogena och fossila, finns stora punktutsläppskällor även inom branscherna cement, järn och stål, raffinering och, i mindre utsträckning, kemi.

Figur 9.2 **Fördelning mellan branscher av utsläpp av biogen koldioxid från punktkällor >300 kton per år**



Källa: Data från Naturvårdsverket.

Att det finns utsläpp som CCS-teknik potentiellt kan appliceras på är naturligtvis en grundförutsättning, men det är inte den enda faktorn av betydelse vid bedömning av teknisk potential för bio-CCS i Sverige. En avgörande faktor därutöver är naturligtvis vilka förutsättningar för koldioxidtransport olika anläggningar har (se avsnitt 9.1.2 nedan.).

Förutsättningarna och kostnaden för avskiljning av koldioxid är beroende av flera tekniska faktorer. Tre viktiga faktorer är koncentrationen av koldioxid i rökgasen (volym i procent), flödet av koldioxid (ton/år) och tillgången till eventuell restvärme från anläggningens processer, vilken kan användas för koldioxidavskiljning. Tabell 9.3 visar uppdelat i branscher hur dessa faktorer faller ut för de största svenska utsläppskällorna. Som framgår av tabellen är det vanligt att industrialläggningar har flera utsläppskällor (skorstenar) för olika delprocesser inom en och samma anläggning och att förutsättningarna för koldioxidavskiljning kan skilja sig markant mellan dessa.

Tabell 9.3 Karaktäristik för svenska punktutsläpp av koldioxid (fossil och biogen) över 500 kton per år

(Efter Johnsson & Kjærstad [2019] och Gardasdottir m.fl. [2018])

Industri	CO ₂ -källa i anläggningen	CO ₂ -konc. i rökgas [vol%]	% av anläggningens CO ₂ -utsläpp	CO ₂ -flöde [kton/år]	Möjlighet till nyttjande av restvärme
Papper och massa	Sodahuspanna	13	75	400–1 500	Låg till mellan*
	Kalkugn	20	10–15	50–200	
Raffinaderi	Vätgasproduktion	24	30	400	Mellan
	Div. andra utsläpp	8–14	5–30	200–400	
Järn och stål	Kraftproduktion	30	40	600–1 800	Mellan*
	Div. andra utsläpp	20–25	15–20	200–900	
Cement***	En skorsten, samlade utsläpp	12–15	>95	2 000	Låg till mellan*
Kemi	Kracker, pannor för processvärme	5	80	500	Mellan
Kraft- och värme	Förbränningspanna	10–15	>90	500–800	Låg**

* Påverkan på fjärrvärme

** Förutsatt fjärrvärmeproduktion

***Data från Cementa

Koncentrationen av koldioxid i rökgaserna från stora svenska punktutsläppskällor varierar mellan 5 och 30 procent. De branscher som har de största biogena koldioxidutsläppen (massa- och pappersindustri och el- och värmeproduktion) har generellt medelhöga koldioxidkoncentrationer i sina rökgaser – mellan 10 och 20 procent beroende på bransch och delprocess.

Olika utsläppskällor från delprocesser inom en och samma anläggning kan hålla helt olika koldioxidkoncentration. Detta gäller exempelvis för raffinaderier. Det kan ibland vara svårt eller oekonomiskt att avskilja koldioxiden från samtliga utsläppskällor inom en anläggning.

Generellt ökar både investerings- och driftskostnaden för koldioxidavskiljning i absoluta tal med stigande flöde och koldioxidkoncentration i rökgasen. I relativa tal, sett till kostnad per avskilt ton koldioxid, sjunker kostnaden med stigande koldioxidkoncentration och ökande flöde.¹ Det är den relativa kostnaden som är av störst betydelse för att bedöma den tekniska CCS-potentialen. För anläggningar med flera delprocesser och utsläppskällor kan det ibland vara lämpligt att tillämpa avskiljning endast på den eller de utsläppskällor som har högst koldioxidkoncentration och störst flöde. Detta gäller i synnerhet när mängden tillgänglig värme är begränsad.

Tillgången på restvärme kan begränsa hur mycket koldioxid som kan avskiljas utan att en ny värmekälla behöver tas i drift eller fjärrvärmeleveranser minskas. Som tabell 9.3 visar bedöms tillgången på restvärme vara låg till mellan för massa- och pappersindustrin. Förutsättningarna skiljer sig markant åt mellan bruken, inte minst beroende på om ett bruk producerar både massa och papper eller om det enbart producerar massa. Det förstnämnda är vanligast i Sverige och medför att överskottsånga från massaproduktionen i hög grad behöver användas i pappersproduktionen. Detta innebär i sin tur att tillgången till överskottsånga som kan användas för koldioxidavskiljning blir lägre.

Anläggningar som levererar fjärrvärme har per definition avsättning för sin värme och måste därför öka sin värmeproduktion för att både avskilja koldioxid och leverera samma mängd fjärrvärme. Fjärrvärmeproducenter har dock möjlighet att återvinna mycket av den värme som används vid koldioxidavskiljningen, vilket begränsar energiförlusten och merkostnaden.² Det är relativt vanligt att även massa- och pappersbruk säljer fjärrvärme.

¹ Johnsson & Kjærstad (2019).

² Professor Anders Lyngfelt, Chalmers tekniska högskola, personlig kommunikation (2019).

Energiåtgång och elförbrukning för CCS och bio-CCS

CCS inklusive bio-CCS är som tidigare nämnts en energikrävande verksamhet. Rent generellt beror konsekvensen av CCS inklusive bio-CCS på energisystemet på inom vilka sektorer tekniken tillämpas, vilken CCS-teknik som används och teknikutvecklingen kommande årtionden.

Vid CCS inklusive bio-CCS tillämpat på kraftvärmeverk finns, som tidigare nämnts, möjlighet att återvinna energi som använts för koldioxidavskiljning som fjärrvärme. Detta är fördelaktigt ur energi-effektivitetssynpunkt. Modellering av bio-CCS tillämpat på Stockholm Exergis biobränsleeldade panna i Värtaverket visar att avskiljning av 0,85 miljoner ton koldioxid skulle innebära att elproduktionen sjunker från 0,8 TWh_{el} per år till 0,6_{el}TWh. Detta motsvarar cirka 0,25 MWh_{el} per ton avskild koldioxid. Fjärrvärmeleveransen från pannan skulle förbli ungefär lika stor som utan bio-CCS, 1,8 TWh per år.³ Påverkan på användningen av biomassa skulle vara liten.⁴

Den tekniska CCS-lösning som Stockholm Exergi utrett skulle således innebära att den huvudsakliga konsekvensen för energisystemet skulle bli bortfall av elproduktion. I modelleringen stängs anläggningen för koldioxidavskiljning av under de kallaste timmarna eller dagarna under vintern när behovet av elproduktion är som störst för att tillfälligt maximera elproduktionen. Denna möjlighet till flexibel drift är viktig ur ett energisystemsperspektiv.

Inom massa- och pappersindustrin har bruk som enbart producerar massa samt integrerade bruk som även producerar papper/kartong olika förutsättningar vad gäller energibalans och påverkan på energisystemet vid tillämpning av CCS-teknik. Icke-integrerade bruk som producerar massa på kemisk väg, vilket är den vanligaste framställningsmetoden i Sverige, är nettoproducenter av el. Vid bio-CCS tillämpat på dessa bruk blir konsekvensen för energisystemet huvudsakligen en minskad leverans av el till nätet eftersom el eller ånga som skulle användas för elproduktion i stället används för koldioxidavskiljning. Konsekvensen för energisystemet skulle likna den för det modellerade exemplet för Stockholm Exergi, och kan kvantitativt approximeras med denna. Bruk som producerar massa på mekanisk väg är dock nettokonsumenter av el.

³ Levihn m.fl. (2018).

⁴ Fabian Levihn, Stockholm Exergi, personlig kommunikation (2019).

Flertalet bruk i Sverige är s.k. integrerade bruk och dessa kan vara nettokonsumenter av el även om massan produceras på kemisk väg då det åtgår stora mängder el och ånga för att tillverka papper och kartong. Hur bio-CCS tillämpat vid integrerade bruk påverkar energisystemet beror i stor utsträckning på platsspecifika förutsättningar och val. När ånga och el används till koldioxidavskiljning måste denna ersättas. Detta kan ske genom att el köps in från nätet eller genom att ytterligare en biobränsleddad panna tas i drift. I det förstnämnda fallet blir huvudkonsekvensen för energisystemet att konsumtionen av el ökar medan det andra fallet medför ökad konsumtion av biobränslen.

Den i tabell 9.3 nämnda studien av Gardasdottir m.fl. uppger att värmebehovet för koldioxidavskiljning tillämpat på en sodapanna vid ett massa- och pappersbruk uppgår till cirka 1,1 MWh per ton avskild koldioxid. Vidare kan kompression av koldioxid antas förbruka 0,1 MWh el per ton avskild koldioxid.⁵

Tabell 9.4 uppskattar påverkan på elproduktion och biomassanvändning vid avskiljning och komprimering av 2 respektive 10 miljoner ton biogen koldioxid. Beräkningarna utgår från de data över energiåtgång för koldioxidavskiljning m.m. som anges ovan. Integrerade bruk förutsätts i exemplet installera ytterligare biobränsleddade pannor dimensionerade för att producera 100 procent av den ånga som krävs för koldioxidavskiljningen. Den antagna sammansättningen av koldioxidkällor för bio-CCS skiljer sig åt mellan exemplen för 2 respektive 10 miljoner ton avskild koldioxid. Skillnaden består i att andelen koldioxid som antas avskiljas från integrerade bruk stiger från 25 procent i det förstnämnda exemplet till 50 procent i det sistnämnda. Resterande andel koldioxid antas avskiljas från kraftvärmeverk och kemiska massabruk. Uppskattningarna är synnerligen förenklade och syftar enbart till att ge en uppfattning om storleksordningar.

Tabell 9.4 Uppskattning av påverkan på elproduktion och biomassanvändning vid avskiljning och komprimering av 2 respektive 10 miljoner ton biogen koldioxid

Påverkan	2 Mton avskild biogen CO ₂	10 Mton avskild biogen CO ₂
Minskad elprod. [TWh _{el}]	0,4	1,8
Ökad biomassaanv. [TWh]	0,6	5,5

⁵ Professor Anders Lyngfelt, Chalmers tekniska högskola, personlig kommunikation (2019).

Energiåtgången för att tillämpa CCS på cirka 12 miljoner ton mestadels fossil koldioxid från branscherna cement, järn och stål samt raffinering i Norden har i en doktorsavhandling vid Chalmers tekniska högskola uppskattats till i storleksordningen 22 TWh.⁶ Detta innebär en energiintensitet på 1,8 MWh per ton avskild koldioxid. Som jämförelse kan nämnas att Sverige under 2017 hade en total slutlig energianvändning på 378 TWh. Av detta svarade industrisektorn för 143 TWh.⁷

Ett generellt elbehov på 0,2 till 0,3 MWh_{el} per ton avskild koldioxid genom CCS har uppskattats i tidigare studier.⁸ Elkonsumtionen i Sverige var 130,5 TWh_{el} år 2017, varav industrin förbrukade 49,1 TWh_{el}.⁹ Ett ökat elbehov koncentrerat till ett begränsat antal anläggningar kan få konsekvenser för elnätet och understryka vissa befintliga begränsningar i termer av överföringskapacitet. Som beskrivits ovan kan det dock inom massa- och pappersindustrin och vid kraftvärmeverk i stället handla om att det är den egna elproduktionen och leveransen till nätet som minskar. Möjlighet kan också finnas att tillfälligt upphöra med koldioxidavskiljning för att maximera elproduktionen under en tidsperiod när behovet av el är särskilt stort.

Sverige ska 2030 ha 50 procent effektivare energianvändning jämfört med 2005, enligt 2016 års energiöverenskommelse. Målet uttrycks i termer av tillförd energi i relation till bnp. Tillämpning av CCS inklusive bio-CCS innebär att mer energi åtgår för samma produktion, vilket innebär att förutsättningarna för måluppfyllelse kan påverkas något vid en storskalig tillämpning i Sverige.

Punktutsläppskällor bedöms finnas kvar i framtiden

En förutsättning för att CCS inklusive bio-CCS ska vara en aktuell teknik är att det finns rimligt stora punktutsläppskällor av koldioxid att tillämpa tekniken på. Som framgår ovan är så fallet i Sverige i dagsläget men kan den situationen komma att förändras på sikt? En fullständig analys av den frågan skulle behöva inkludera en genomgång av vilka ekonomiska förutsättningar enskilda anläggningar har

⁶ Rootzén (2015).

⁷ Energimyndigheten (2019).

⁸ Profu m.fl. (2015).

⁹ SCB (2018).

att överleva på lång sikt. En sådan genomgång ligger dock utanför ramen för denna utredning. Under alla omständigheter kommer osäkerheten i en analys av detta slag att vara mycket hög eftersom faktorer som konjunktur, teknikutveckling och marknadsstruktur är svåra att förutsäga på lång sikt. En övergripande analys på bransch-nivå kan dock ge vissa indikationer och en sådan presenteras nedan.

Cement produceras främst för en relativt lokal marknad. Merparten av den cement som produceras i Sverige konsumeras också i Sverige. Inom flera tillämpningsområden för cement finns få om något realistiskt alternativ till produkten. Det är därför rimligt att anta att Sverige kommer att ha cementproduktion även i mitten på detta sekel.

Cementsektorn har i nuläget inget tekniskt alternativ till CCS för att nå riktigt låga utsläppsnivåer av koldioxid. Detta beror på att koldioxid frigörs från råvaran kalksten när denna hettas upp vid tillverkningen av klinker som är huvudbeståndsdelen i cement. Detta koldioxidutsläpp kan inte elimineras genom en övergång till biobränslebaserad uppvärmning eller elektrifiering och är av fossilt ursprung. I cementsektorn är det alltså sannolikt att det kommer att finnas minst en stor punktutsläppskälla av koldioxid även på lång sikt i Sverige.

Även järn och stål kommer med stor sannolikhet att behöva produceras även på lång sikt, inklusive viss malmbaserad produktion av jungfruligt stål. Till skillnad från cement handlas dock stålprodukter på en global marknad. Den svenska järn- och stålindustrin arbetar för närvarande med en alternativ teknik till CCS för att på sikt kunna nå mycket låga utsläppsnivåer av koldioxid. Ett konsortium bestående av SSAB, LKAB och Vattenfall driver det s.k. HYBRIT-projektet (*hydrogen breakthrough ironmaking technology*) som har målet att byta ut användningen av stenkol mot vätgas som reduktionsmedel vid ståltillverkning från järnmalm. Storskalig produktion enligt HYBRIT-metoden skulle enligt konsortiet kunna inledas om 20 till 30 år. En annan alternativ reduktionsmetod på lång sikt kan också vara elektrolys, s.k. *elektrowinning*. I nuläget är alltså CCS inte huvudalternativet för svensk järn- och stålindustri.

Raffinaderiindustrin är en bransch som sannolikt står inför relativt stora förändringar i en värld som strävar efter att uppfylla klimatavtalet från Paris (Parisavtalet) mål. En rimlig utveckling är att fossila insatsvaror successivt byts ut mot biogena råvaror. På sikt kan elektrifiering av vägtransportsektorn och ökad konkurrens om bioråvaran komma att leda till minskad efterfrågan på drivmedel. En viktig raffinaderiprodukt i framtiden kan komma att bli biobränsle till luftfarten, där alternativ i nuläget saknas för långa distanser. Sådan produktion behöver dock inte nödvändigtvis ske vid dagens raffinaderier.

I den rapport Energimyndigheten beställt från Chalmers tekniska högskola om forsknings- och demonstrationsbehov på CCS-området¹⁰ bedöms små och medelstora raffinaderier med hög förmåga att tillverka olika produkter (hög komplexitet) ha bäst förutsättningar att anpassa sig till den förändrade omgivning och efterfrågan som väntas följa av Parisavtalet. De svenska raffinaderierna bör enligt rapporten ha relativt goda förutsättningar att ställa om och successivt använda en ökande andel biogen råvara. Enligt detta resonemang bör det finnas kvar punktutsläppskällor även inom den svenska raffinaderibranschen vid mitten på detta århundrade på vilka CCS skulle kunna tillämpas.

En förskjutning mot en högre andel biogena koldioxidutsläpp är att förvänta. På lång sikt är det tänkbart att drivmedel och bränslen kan produceras vid raffinaderier utifrån råvarorna biogen koldioxid och vätgas producerad med förnybar energi. Detta skulle då innebära avskiljning och användning av koldioxid (CCU).

I en värld som strävar efter att nå Parisavtalets mål och i en växande bioekonomi kan massa- och pappersindustrin påverkas av bl.a. konkurrens om biogen råvara och av efterfrågan på biogena biprodukter som bildas vid massaframställning (i synnerhet svartlut från bruk som tillämpar sulfatprocessen). Svartlut kan bl.a. användas för att framställa drivmedel såsom metanol och dimetyleter (DME). En sannolik utveckling framöver är att massa- och pappersindustrin integreras i högre grad än i dag med raffinaderi- och kemiindustrin. I dag förbränns svartlut normalt i sodapannan på ett massa- och pappersbruk och utsläppen från denna utgör en stor punktkälla för biogen koldioxid. El och värme utvinns och används till viss del för att täcka brukets egna behov.

¹⁰ Johnsson & Kjærstad (2019).

Om svartlut i stället används för att producera drivmedel i stor skala minskar punktutsläppen av koldioxid på bruken och ersätts av diffusa utsläpp i transportsektorn när drivmedlet konsumeras och av (eventuella) utsläpp från produktion av den el och värme som inte längre produceras av bruken. En sådan utveckling mot drivmedelsproduktion av biprodukter från massa- och pappersindustrin skulle innebära att den tekniska potentialen för bio-CCS vid svenska massa- och pappersbruk kan komma att minska framöver som en effekt av att de biogena koldioxidutsläppen minskar.

Om det i framtiden skulle bli lönsamt att avskilja och lagra biogen koldioxid på grund av en hög efterfrågan på negativa utsläpp skulle det motverka ovanstående och förbättra lönsamheten i att förbränna svartlut och tillämpa bio-CCS.

Utredningen bedömer att det kommer att finnas kvar betydande punktutsläpp av biogen koldioxid inom massa- och pappersindustrin även på lång sikt, trots en generell utveckling där massa- och pappersindustrins restprodukter alltmer används som råvaror inom raffinaderi- och kemiindustrin.

Det är mycket sannolikt att el och fjärrvärme i ännu högre utsträckning än i dag kommer att produceras från biobränslen på bekostnad av fossila bränslen framöver. Den fossila avfallsandelen (huvudsakligen plaster) kommer sannolikt att minska med tiden. Detta betyder att den redan höga andelen biogen koldioxid i utsläppen från el- och fjärrvärmeproduktion förväntas öka. Ett mer energieffektivt fastighetsbestånd kan leda till minskad efterfrågan på fjärrvärme, men de investeringar som gjorts i svenska fjärrvärmenät är mycket stora och långsiktiga vilket tillsammans med fjärrvärmens goda klimatprestanda sammantaget ändå talar för att fjärrvärme kommer att fortsätta att produceras storskaligt i Sverige inom överskådlig framtid. Avfallsmängden som går till energiåtervinning kan förhoppningsvis minska i framtiden, med ökad återvinning, men den kommer med stor sannolikhet att vara betydande under lång tid framöver. Slutligen fyller kraftvärmeverken en viktig funktion för balansen i elnätet. Alla dessa faktorer talar för att det med stor sannolikhet kommer att fortsätta finnas betydande punktutsläpp av koldioxid inom el- och fjärrvärmesektorn i mitten på innevarande sekel på vilka CCS inklusive bio-CCS potentiellt kan tillämpas.

Slutsatsen blir att ett betydande antal stora punktutsläppskällor på vilka CCS inklusive bio-CCS potentiellt kan tillämpas förväntas kvarstå i Sverige vid mitten på detta sekel. Detta trots att det är mycket troligt att vissa av dagens punktutsläppskällor av koldioxid kommer att försvinna och andra minska i kvantitativa termer under kommande årtionden. Strävan mot ökad resurseffektivitet, av såväl ekonomiska som miljömässiga skäl, bidrar till lägre utsläpp.

Det är också troligt att några nya punktutsläppskällor tillkommer, i synnerhet biogena sådana på bekostnad av befintliga fossila. Det kommer även framöver att finnas punktutsläppskällor av koldioxid med huvudsakligen biogent ursprung, med blandat ursprung och av huvudsakligen fossilt ursprung.

9.1.2 Förutsättningar för transport

Fartyg och rörledning är de realistiska långväga transportalternativen vid fullskalig CCS inklusive bio-CCS. Rörledningstransport av koldioxid är förknippat med stora investeringar i infrastruktur. Generellt medför rörledningstransport av koldioxid höga kapitalkostnader men låga driftkostnader, medan det omvända gäller för fartygstransport. Även fartygstransport av koldioxid kräver dock investeringar i infrastruktur men de är betydligt lägre än de för rörledningstransport vid de transportavstånd som är aktuella för svenska anläggningar.

Fartygstransport

Eftersom fartygstransporter har stora fördelar i introduktionsfasen av CCS inklusive bio-CCS, när antalet avskiljningsanläggningar är litet och koldioxidvolymen begränsad, är närhet till hamn och farled en betydelsefull platsspecifik faktor.

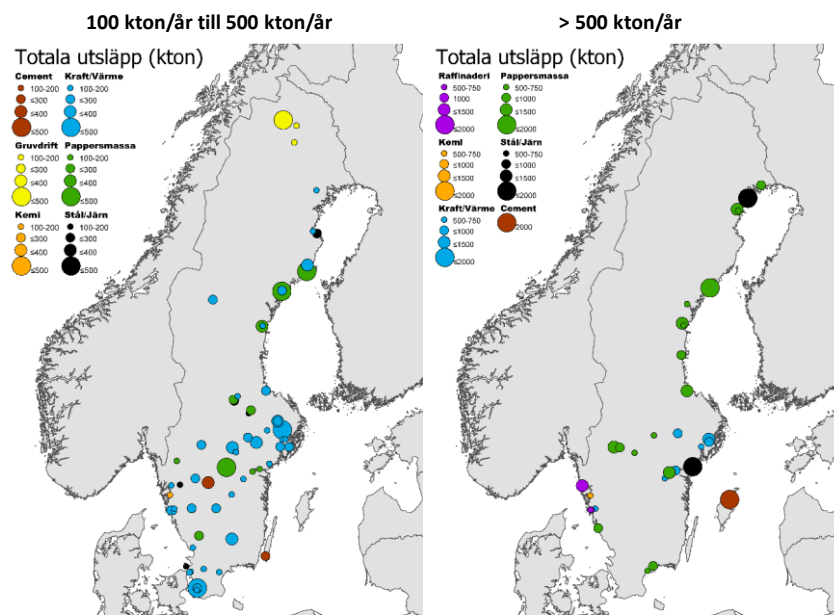
I Sverige är Vänern och Mälaren farbara för fartyg som är tillräckligt stora för att kunna transportera avskild koldioxid i relevant storleksordning. Ett s.k. Vänermaxfartyg kan lasta cirka 4 000 ton och ett Mälarmaxfartyg kan lasta betydligt mer än så.

En fartygsbaserad transport av koldioxid kan se ut enligt följande utifrån ett hypotetiskt exempel: Avståndet sjövägen mellan en hamn i södra Sverige till en potentiell lagringsplats i Nordsjön utanför Norge är cirka 1 500 km, enkel resa. Om ett fartyg gör 12 knop och

använder 70 timmar för lastning och lossning innebär det att en transportcykel tar cirka 200 timmar. Fartyget hinner under ett år med ett drygt fyrtiotal transportcykler. Om fartyget är i storleksordningen 20 000 ton, vilket är vanligt för LPG-fartyg i dag, kan det transportera cirka 1 miljon ton koldioxid per år mellan hamn och lagringsplats.¹¹

Som framgår av figur 9.3 är flera av de stora punktutsläppskällorna av koldioxid belägna utmed Sveriges kust eller runt Vänern och Mälaren. Detta är knappast förvånande med tanke på att anläggningar med stora utsläpp oftast har stora materialflöden och därför medvetet lokaliserats till platser med tillgång till sjötransporter. Som framgår av figur 9.4 är avståndet aldrig långt till en hamn utmed den svenska kusten och runt nämnda sjöar.

Figur 9.3 Utsläppskällor i Sverige som släppte ut minst 100 kton koldioxid 2016. Utsläppen avser totala koldioxidutsläpp (fossilt plus biogent)



Anm. Vänstra bilden: Anläggningar som släpper ut mellan 100 och 500 kton koldioxid. Högra bilden: Anläggningar med koldioxidutsläpp över 500 kton.

Källa: Johnsson & Kjærstad (2019).

¹¹ Kjærstad m.fl. (2016).

Figur 9.4 Hamnar i Sverige som kan ta emot lastfartyg



Källa: Sjöfartsverket.

Förutsättningarna för fartygsbaserad transport av koldioxid bedöms vara relativt goda för det svenska utsläppskollektivet i stort. Transportavstånden till möjliga lagringsplatser är dock ofta långa, se avsnitt 9.2.2 nedan. En hög andel av anläggningarna med koldioxidutsläpp över 100 000 ton per år och en ännu högre andel av anläggningarna med utsläpp över 500 000 ton per år har åtminstone grundläggande förutsättningar för att transportera avskild koldioxid via fartyg eftersom avståndet till närmsta hamn är litet.

En studie av forskare från Chalmers tekniska högskola och företaget Biorecro AB belyser ovanstående. Studien har identifierat vilka anläggningar i Sverige som är lokaliserade inom 25 km från kusten eller Väneren och Mälaren och som har större koldioxidutsläpp än 300 000 ton per år.¹² Utifrån detta skattar studien den omedelbara potentialen för bio-CCS i Sverige till 20,1 miljoner ton (under antagandet att avskilningsgraden av koldioxid är 85 procent på de anläggningar som investerar i tekniken). Samma anläggningar skulle därutöver avskilja 3,4 miljoner ton koldioxid med fossilt ursprung.

Rörledningstransport

Avstånden från svenska anläggningar som potentiellt kan komma att tillämpa koldioxidavskiljning till möjliga lagringsplatser är långa. Detta gäller med något enstaka undantag även om en lagringsplats skulle konstrueras i Sverige (se avsnitt 9.2.2 nedan). Sannolikt är det inte realistiskt med rörledningstransport långa sträckor på svenskt fastland på grund av den hårda berggrunden, mängden sjöar och vattendrag samt det stora antalet naturskyddsområden.¹³ Rörledningar skulle behöva dras på havsbotten, vilket är kostsamt.

Utredningen betraktar det som uteslutet att en privat aktör, på kommersiella grunder och inom överskådlig framtid, skulle genomföra en satsning på rörledningsbaserad infrastruktur för koldioxidtransport från en eller flera svenska anläggningar till en lagringsplats. En eventuell framväxt av en sådan rörledningsbaserad infrastruktur är därför beroende av en betydande satsning från statligt håll, exempelvis i regi av ett nytt eller befintligt statligt ägt bolag.

¹² Karlsson m.fl. (2017).

¹³ Johnsson & Kjærstad (2019).

Utredningen avråder dock från att i nuläget genomföra en statlig satsning på rörledningsbaserad transportinfrastruktur. Orsakerna till detta är flera.

- *För det första* är det tveksamt om en rörledningsbaserad transportinfrastruktur verkligen skulle leda till lägre transportkostnader för svenska anläggningar jämfört med fartygsbaserad transport. Detta gäller även i en hypotetisk framtid där mängden transporterad koldioxid är stor (se avsnitt 9.2.2 nedan).
- *För det andra* är den låga flexibiliteten i ett rörledningssystem en stor nackdel jämfört med ett system baserat på fartygstransporter. Detta gäller särskilt på kort och medellång sikt då transporterad mängd koldioxid är låg.
- *För det tredje* är det ett mycket stort projekt att bygga upp en rörledningsinfrastruktur. En sådan satsning är inte försvarbar i ett läge där osäkerheten är så hög som den är kring framtida transportvolym av koldioxid.
- Slutligen, *för det fjärde* är det viktigt att det är de inblandade privata aktörerna som ska styra hur en transportinfrastruktur för koldioxid växer fram och som har ägandeskapet över denna. Detta syftar framför allt till att minska risken för strandade investeringar i suboptimalt planerad infrastruktur. Som tidigare nämnts betraktar utredningen det som uteslutet att en privat aktör, på kommersiella grunder och inom överskådlig framtid, skulle genomföra en satsning på rörledningsbaserad infrastruktur. Detta argument talar också emot en satsning i statlig regi på infrastruktur för fartygstransporter av koldioxid, exempelvis mellanlager eller specialbyggda fartyg.

Staten bör däremot bistå privata aktörer som satsar på bio-CCS på andra sätt, bl.a. genom att skapa ekonomiska förutsättningar för bio-CCS, stödja forskning och utveckling (FoU) inklusive demonstrationsanläggningar och insatser för att främja ett effektivt nyttjande av infrastruktur för koldioxidtransport (se kapitel 10). Staten behöver också undanröja de legala hinder som finns för fartygsbaserad koldioxidtransport (se kapitel 12), vilket utredningen bedömer är genomförbart i närtid.

9.1.3 Bedömning av teknisk potential och förutsättningar för koldioxidavskiljning och transport

Utredningen bedömer sammantaget att det finns en betydande teknisk potential för bio-CCS i Sverige. Storleken på den tekniska potentialen beror på vilken utsläppströskel som antas. Det är dock en fråga om ekonomi, betalningsvilja för negativa utsläpp och kostnadsutveckling för CCS-tekniken lika mycket som en fråga om tekniska förutsättningar. För att kunna precisera storleken på den tekniska potentialen krävs dessutom analyser på anläggningsnivå, något som inte ryms inom ramen för denna utredning. Analys på anläggningsnivå krävs exempelvis för att identifiera anläggningar där det helt enkelt inte ryms utrustning för att avskilja koldioxid eller där avskiljning inte går att förena med anläggningens verksamhet på ett acceptabelt sätt.

För utredningens uppdrag räcker det med att konstatera att allt tyder på att den tekniska potentialen för bio-CCS med råge överstiger 10 miljoner ton biogen koldioxid per år och att den förmodligen ligger närmare 20 miljoner ton. Om CCS-tekniken på sikt utvecklas och får spridning globalt samtidigt som lagringsinfrastruktur växer fram regionalt är potentialen sannolikt större än 20 miljoner ton eftersom även mindre utsläppskällor då kan komma ifråga för CCS. Detta bygger dock på ett antagande om framtiden som är hypotetiskt och tjänar främst till att belysa svårigheten i att kvantifiera en teknisk potential.

9.1.4 Koldioxidlagring i Sverige och närområdet

Koldioxidlagring i Sverige

På uppdrag av regeringen tog SGU 2017 fram en rapport¹⁴ som bl.a. redovisar kunskapen om de geologiska förutsättningarna att lagra koldioxid i Sverige. Nedanstående text baseras på denna rapport utom där så anges.

Sveriges berggrund består till övervägande del av kristallint urberg som inte lämpar sig för koldioxidlagring. De geologiskt intressanta områdena för koldioxidlagring är begränsade till södra Östersjön och sydvästra Skåne med omgivande havsområde. I dessa områden

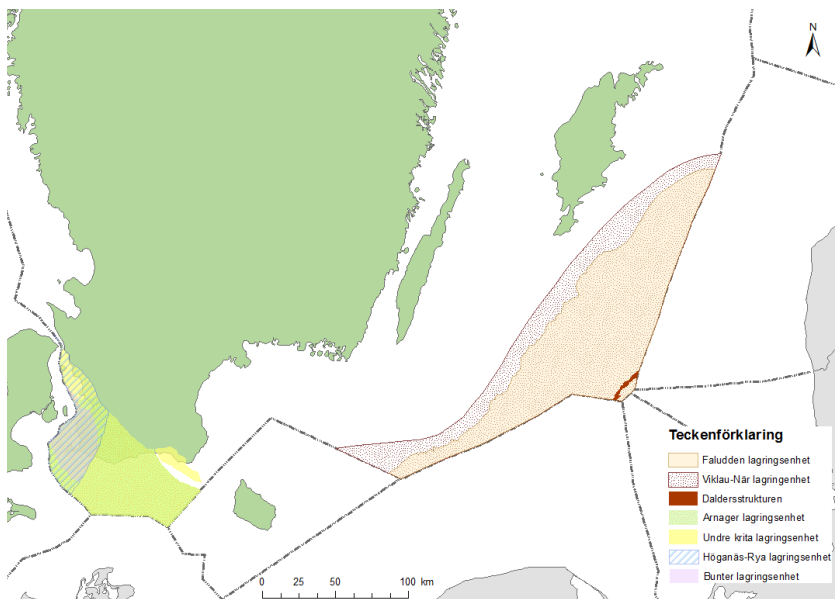
¹⁴ Sveriges geologiska undersökning (2017).

finns sedimentär berggrund med djupt liggande sandstensformationer (akviferer) med överliggande täta takbergarter. Nio potentiella lagringsenheter har identifierats inom dessa områden. En lagringsenhet är en avgränsad del av en geologisk formation som är lämplig för koldioxidlagring medan en lagringsplats är det utrymme som används för lagring samt anläggningen för injektering.

Tre potentiella lagringsenheter har identifierats i sydöstra Östersjön och dessa benämns Faludden, När och Viklau. Fem potentiella lagringsenheter har identifierats i sydvästra Skåne med omgivande havsområde: Arnagergrönsand, Undre krita enhet A, Undre krita enhet B, Höganäs-Rya och Bunter. De potentiella lagringsenheterna överlappar i flera fall varandra geografiskt. Detta förklaras av att lagringsenheterna utgör delar av skilda geologiska formationer som ligger på olika djup inom samma geografiska område.

Lagringsenheterna bedöms ha varierande kvalitet och lagringsmöjlighet. Flera av dem sträcker sig även utanför Sveriges ekonomiska zon. Var åtta av de potentiella lagringsenheterna ligger och vilken geografisk utbredning de har framgår av figur 9.5. Tabell 9.5 visar värden för fysikaliska parametrar och beräknad lagringskapacitet för åtta av de identifierade potentiella lagringsenheterna.

Figur 9.5 Potentiella lagringsenheter i Sverige



Källa: Sveriges geologiska undersökning, SGU.

Tabell 9.5 Fysikaliska parametrar och beräknad lagringskapacitet för åtta potentiella lagringsenheter i Sverige

Lagringsenhet	Djup [m]	Mäktighet [m]	Porositet [%]	Permeabilitet [mD]	Effektiv kapacitet [Mton]
Faludden	830	45	14	147	745
När	817	36	10	50	426
Viklau	865	57	8	30	553
Arnagergrönsand	946	39	26	681	521
Undre krita A	965	29	25	200	330
Undre krita B	776	200	25	200	115
Höganäs-Rya	976	180	23	200	543
Bunter	1 509	137	12	300	165

Källa: Sveriges geologiska undersökning, SGU.

En nionde potentiell lagringsenhet har identifierats i sydligaste Kattegatt på gränsen mot Danmark. Den har dock en geografisk utsträckning på endast cirka 100 kvadratkilometer inom svenskt territorium och lagringskapaciteten bedöms vara låg, under 100 miljoner ton koldioxid.

Osäkerheten i uppskattade parametrar för de potentiella lagringsenheterna är hög. Detta beror till stor del på att uppskattningarna bygger på äldre undersökningar som genomfördes med helt andra syften än att undersöka potentialen för koldioxidlagring. Den främsta informationskällan är data från flera decennier gamla olje- och gasprospekteringar som oftast saknar viktig information om t.ex. takbergarten. För att ta fram bättre och säkrare uppskattningar av lagringspotentialen för de identifierade potentiella lagringsenheterna krävs insamling av ny information med fokus på de parametrar som är viktiga för specifikt koldioxidlagring. Detta inkluderar borrhningar, hydrauliska tester och pilotförsök.

Möjlighet finns i vissa fall att med landbaserade borrhningar öka säkerheten i de bedömningar som gjorts. Exempelvis skulle ett projekt med borrhning och pilotförsök på södra Gotland kunna förbättra kunskapsunderlaget gällande Faludden. Det är också möjligt att få fram ett bättre kunskapsunderlag genom att tillämpa nya metoder och modeller på redan insamlade data.

SGU drar i rapporten slutsatsen att det finns potential för geologisk lagring av koldioxid i Sverige. De lagringsenheter som i nuläget bedöms som mest intressanta är Faludden i sydöstra Östersjön

och Arnagergrönsand i sydvästra Skåne med omgivande havsområde. Myndigheten påpekar dock att resultat från nya undersökningar eller ny kunskap kan leda till en förändrad bedömning.

Det nordiska forskningssamarbetet NordiCCS har utfört flera studier om CCS i Norden inom ramen för ett sammanhållet program. NordiCCS pågick under perioden 2011–2015 och hade en samlad budget på 49 miljoner norska kronor, till 75 procent finansierad av Nordiska ministerrådet. NordiCCS involverade flera stora nordiska forskningscentra och företrädare från industrin.

Inom NordiCCS togs ett verktyg fram för att utvärdera och rangordna potentiella lagringsenheter. Verktyget betygsätter lagringsenheterna på en tregradig skala för ett stort antal fysikaliska parametrar av betydelse för lagring och för vilket kunskapsunderlag som finns tillgängligt. Av de svenska potentiella lagringsenheterna får Faludden högst poäng, tätt följd av Arnagergrönsand, Höganäs-Rya och Undre krita enhet A. En av de faktorer som drar ner totalpoängen för Faludden är den relativt låga porositeten. De fyra svenska lagringsenheterna med högst totalpoäng får alla poängavdrag för begränsad mäktighet (tjocklek) av respektive akvifer.

NordiCCS har också utvärderat och rangordnat potentiella lagringsenheter i Sverige, Danmark och Norge gällande vilka luckor som finns i kunskapsunderlaget om dessa. Enligt utvärderingen där 0 är bästa möjliga resultat och -78 är sämsta möjliga resultat får Faludden -60 , Arnagergrönsand -64 och Höganäs-Rya -76 . Som jämförelse får fyra norska lagringsenheter poäng mellan -17 och -28 och en får -43 . De danska lagringsenheterna får poäng mellan -47 och -62 .¹⁵ Utvärderingen bekräftar således bilden att osäkerheten är hög i bedömningarna gällande de potentiella svenska lagringsplatserna.

För att identifiera lämpliga lagringsplatser utifrån de potentiella lagringsenheterna krävs ett omfattande arbete. SGU kan bistå en projektutvecklare med de geologiska underlag som myndigheten har och samråda om dessa med projektutvecklaren. SGU har inte till uppgift att i egen regi vidta åtgärder för att peka ut lagringsplatser eftersom det skulle kunna strida mot myndighetens roll i tillstånds- och tillsynsprocessen av eventuella svenska lagringsplatser för koldioxid (se vidare kapitel 12).

¹⁵ Mortensen (2016).

Tidslinje för ett eventuellt svenskt koldioxidlager

SGU har i en inlägga till utredningen beskrivit en tidslinje för ett möjligt svenskt koldioxidlager. Vägen till ett fullskaligt lager består av tre delsträckor:

1. undersökningsverksamhet och pilotanläggning på land,
2. undersökningsverksamhet till havs och
3. ansökan och uppförande av anläggning för koldioxidlagring till havs.

Landbaserade undersökningar och en landbaserad pilotanläggning kan bidra med information som underlättar senare undersökningar till havs. Uppsala universitet har utvecklat planer för ett pilotprojekt på södra Gotland. Projektet saknar i nuläget finansiering och nödvändiga tillstånd. SGU bedömer att ett tillstånd skulle kunna vara klart inom ett år från ansökningsdatum. Undersökningsarbeten inklusive borrhning, uppförande av anläggning, injektering och olika tester beräknas ta cirka 4 år. Tidsåtgången för hela projektcykeln från ansökan till avvecklad pilotanläggning uppskattas vara uppemot 6 år. En landbaserad pilotanläggning bedöms dock inte vara ett helt nödvändigt steg på vägen mot ett svenskt koldioxidlager enligt SGU.

För att identifiera en lämplig lagringsplats till havs krävs detaljerade geologiska undersökningar. Ansökan om tillstånd för undersökningsverksamhet till havs prövas av regeringen. SGU anser att handläggningstiden är svårbedömd och gör uppskattningen att den tar 1–3 år. De geologiska undersökningarna som innefattar seismiska mätningar, borrhningar och provtagningar tar cirka 3 år. Totalt uppskattas tiden för undersökningsverksamhet till havs, från ansökan till och med resultatbearbetning, till mellan 4 och 6 år.

Ett nytt svenskt koldioxidlager till havs måste prövas av regeringen enligt lagen om kontinentalsockeln samt regeringen och mark- och miljödomstolen enligt miljöbalken (se kapitel 12). Tiden för tillståndsprövningen påverkas av många olika faktorer som t.ex. ansökans och miljökonsekvensbeskrivningens kvalitet, graden av kompletteringsbehov, kunskap, kompetens, erfarenhet och resurser hos verksamhetsutövare, prövnings- och remissmyndigheter och andra aktörer samt om det finns flera motstående intressen. Verksamhetsutövaren, prövningsmyndigheten, remissmyndigheter och övriga intressenter

ansvarar för respektive del av handläggningstiden och tillsammans för den totala tiden.¹⁶

SGU gör antagandet att ett svenskt koldioxidlager skulle vara en kontroversiell fråga och att det skulle göra tillståndsprövningen mer utdragen. Den totala tiden från ansökan till meddelat tillstånd uppskattas vara uppemot 8 år enligt SGU. Utredningen bedömer dock att prövningen inte behöver ta fullt så lång tid, se kapitel 12.

Projektering och uppförande av ett fullskaligt svenskt koldioxidlager till havs uppskattas av SGU ta 6–10 år. Det är ungefär dubbla anläggningstiden jämfört med för det planerade koldioxidlagret i Norge, vilket huvudsakligen förklaras av att en mer komplicerad teknisk lösning sannolikt krävs för en svensk lagringsplats, dvs. plattform till havs i stället för mellanlager på land med rörledning till injekteringsanläggning på havsbotten.

Om samtliga ovan beskrivna moment genomförs utan överlappning summerar SGU tidsåtgången upp till 24–30 år. Viss överlappning kan dock vara möjlig. Som tidigare nämnts finns också skäl att anta att prövningstiderna kan bli kortare än dem som SGU antagit. Om steget med landbaserade undersökningar utesluts är tidsåtgången från ansökan om undersökningsverksamhet till havs till dess att ett fullskaligt svenskt koldioxidlager finns på plats 18–24 år enligt SGU.

Ovanstående innebär sammantaget att om ett arbete skulle inledas omedelbart med målet att få till stånd ett fullskaligt svenskt koldioxidlager skulle det sannolikt dröja till andra halvan av 2030-talet eller till och med en bit in på 2040-talet innan lagret kan vara i drift.

Koldioxidlagring i närområdet

NordiCCS har uppskattat den totala teoretiska lagringskapaciteten i akviferer för Sverige, Danmark och Norge till 120 000 miljoner ton koldioxid. Av denna återfinns 3 400 miljoner ton i Sverige, 22 000 miljoner ton i Danmark och 94 600 miljoner ton i Norge. Uppskattningarna har hög osäkerhet och den praktiskt realiserbara lagringskapaciteten är väsentligt lägre än den teoretiska. Som jämförelse uppgår de årliga totala koldioxidutsläppen (fossila och biogena) från svenska punktkällor större än 100 000 ton per år till cirka 50 miljoner ton.

¹⁶ Ds 2018:38 s. 135 f.

Det är tydligt att den sammanlagda lagringskapaciteten i Skandinavien är hög och att Norge har överlägset störst lagringskapacitet bland de skandinaviska länderna. Den norska Utsiraformationen har bara den sex gånger högre lagringskapacitet än den totala svenska lagringskapaciteten, enligt NordiCCS. Lagringskapaciteten bedöms också vara stor i flera andra Östersjöländer samt i exempelvis Nederländerna och Storbritannien.

Bedömning av förutsättningarna för koldioxidlagring

Utredningen bedömer att det ur ett rent geologiskt perspektiv kommer att finnas lagringsutrymme för koldioxid från svensk CCS inklusive bio-CCS för överskådlig framtid, i Sverige eller i närområdet. Koldioxidlagring i Norge eller annat Nordsjöländ är i teknisk och ekonomisk mening fullt realistiska alternativ för svenska projekt inom CCS inklusive bio-CCS.

Sverige bedöms ha en betydande potential för koldioxidlagring. Kunskapen om möjliga lagringsplatser i Sverige är dock låg. Det finns ett stort behov av ytterligare insatser för att öka kunskapen om möjliga lagringsplatser.

I nuläget är lagring i Östersjön inte tillåtet på grund av Helsingforskonventionen och hur Sverige har genomfört offshoredirektivet, se kapitel 12.

Flera av de svenska potentiella lagringsenheterna är delar av geologiska formationer som fortsätter utanför svensk jurisdiktion, vilket kan innebära att en eventuell koldioxidlagring kräver samverkan med och tillstånd i andra länder. I nuläget är koldioxidlagring förbjudet eller starkt begränsat i flera av de länder som svenska lagringsenheter gränsar till (Danmark, Lettland, Polen och Tyskland, se kapitel 11).

Ledtiderna för att få till stånd en svensk lagringsplats för koldioxid är mycket långa. Enligt den bedömning SGU gör tar det cirka 20 år innan ett lager finns på plats från den dag en ansökan om att påbörja undersökningar till havs lämnas in. Av detta drar utredningen slutsatsen att möjlighet till koldioxidlagring utanför Sverige är en förutsättning för att bio-CCS ska kunna utvecklas i Sverige i närtid. Detta utesluter dock inte att lagring i Sverige kan vara ett alternativ på sikt.

Det är möjligt att tidslinjen för en svensk lagringsplats kan kortas väsentligt om CCS-kedjan inklusive koldioxidlagring först demonstrerats framgångsrikt genom lagring utanför Sverige. Med tanke på de mycket långa ledtider SGU indikerar kan dock inte Sverige eller aktörer i Sverige avvakta alltför länge med att ta nästa steg i riktning mot en svensk lagringsplats om en sådan ska etableras inom den tidsrymd som är mest relevant för det klimatpolitiska ramverket och denna utredning.

Att ta steg i riktning mot ett svenskt koldioxidlager skulle kunna bidra till att svenska anläggningar som avskiljer koldioxid erbjuds bättre kommersiella villkor för koldioxidlagring utomlands genom att en konkurrerande, inhemsk, lagringsplats då görs mer sannolik.

Det är osannolikt att någon svensk privat aktör kommer att ta initiativ för att på kommersiella grunder få ett svenskt koldioxidlager på plats. Detta har flera orsaker:

Det finns stora osäkerheter om framtida efterfrågan på ett svenskt lager och om de geologiska förutsättningarna i Sverige. Det skulle krävas omfattande undersökningar bara för att peka ut en möjlig lagringsplats. Investeringarna i undersökningar och anläggning skulle vara stora och ledtiderna för att uppföra ett koldioxidlager i Sverige skulle vara långa, vilket ställer stora krav på uthålligheten hos en projektutvecklare. Vidare har inte Sverige den industriella kompetens som är mest relevant för att åstadkomma ett koldioxidlager, i frånvaron av en betydande nationell olje- och gasutvinningsindustri. Att bygga upp sådan kompetens är sannolikt svårt och tidskrävande. Mot ett svenskt koldioxidlager talar också Östersjöns känsliga miljö-situation, vilken kan minska acceptansen för och genomförbarheten av ett koldioxidlager där, åtminstone innan CCS-konceptet är mer etablerat.

För att åstadkomma ett svenskt koldioxidlager krävs därför sannolikt att en svensk myndighet eller ett statligt ägt bolag får i uppgift att verka för ett sådant.

Sammantaget förefaller det dock klokt att i nuläget prioritera andra frågor och delar av CCS-kedjan än utvecklandet av ett svenskt koldioxidlager. Fortsatt kompetenshöjande verksamhet på området, inklusive forskning, behövs dock för att bibehålla och utveckla svensk förmåga, vilket håller möjligheten att uppföra ett svenskt koldioxidlager levande som handlingsalternativ om omvärldsförutsättningarna skulle aktualisera detta. SGU bör därför få i uppdrag av regeringen

att identifiera dels vilket beslutsunderlag som behövs för att avgöra om, och i så fall för vilka koldioxidvolym, en svensk lagringsplats kan vara ett realistiskt alternativ och dels hur ett sådant beslutsunderlag skulle kunna tas fram.

Syftet med ett sådant uppdrag är att redovisa vilka steg som skulle behöva vidtas för att identifiera en lämplig svensk lagringsplats. Vilka undersökningar, modelleringar m.m. som krävs för att identifiera en lämplig lagringsplats bör redovisas liksom en uppskattning av hur mycket resurser de olika stegen kräver. Det bör ingå att ange kriterier för vad som skulle utgöra en lämplig lagringsplats. Uppdraget bör resultera i ett underlag som kan utgöra stommen i en handlingsplan om någon aktör (statlig eller privat) skulle besluta att verka för en svensk lagringsplats.

Huvudfokus på kort sikt bör dock vara åtgärder för att möjliggöra koldioxidlagring utomlands. Sverige bör därför tillsammans med Norge och andra intresserade länder verka för att undanröja de legala hinder som finns för lagring av koldioxid från svenska anläggningar i annat land (se kapitel 12).

Ett mellanstatligt avtal krävs för att export av koldioxid inte ska strida mot Londonprotokollet. Avtalet behöver innehålla bekräftelse på och fördelning av ansvaret för tillståndsgivningen mellan den exporterande staten och den mottagande staten. För export till en stat som inte är part till protokollet ska avtalet som ett minimum innehålla bestämmelser motsvarande dem som finns i Londonprotokollet, inklusive de bestämmelser i protokollsbilaga 2 som rör tillstånd och tillståndsvillkor för att säkerställa att avtalet inte avviker från de skyldigheter att skydda och bevara den marina miljön som gäller för protokollsparterna. Mer om Londonprotokollet finns att läsa i kapitel 12.

Energimyndigheten bör få i uppdrag att tillsammans med norska myndigheter precisera vad ett avtal länderna emellan om transport och lagring av koldioxid bör innehålla. Uppdraget bör genomföras tillsammans med Naturvårdsverket och SGU.

Ett mellanstatligt avtal skulle vara ett komplement till de kommersiella avtal som svenska aktörer eventuellt kan komma att ingå med norska motparter. Ett mellanstatligt avtal skulle kunna avhandla bl.a. ansvarsfördelning mellan inblandade statliga och privata aktörer vid händelse av läckage av koldioxid under transport eller lagring, förbud mot att svensk koldioxid används till EHR, utbyte av stati-

stik och bokföringsfrågor så att det säkerställs att Sverige och svenska aktörer kan tillgodoräkna sig negativa utsläpp gentemot nationella klimatmål, internationella åtaganden och övriga system (t.ex. utsläppshandelssystemet om det skulle bli aktuellt).

Ett mellanstatligt avtal skulle också kunna bidra till att minska den affärsmässiga risken och sänka kostnaden för svenska aktörer som önskar avskilja koldioxid för vidare transport till och lagring i Norge.

Norska Olje- och energidepartementet har meddelat utredningen att Norge välkomnar diskussioner med svenska myndigheter om ett mellanstatligt avtal. Olje- och energidepartementet har lämnat följande skriftliga kommentar till utredningen:

Transport av CO₂ fra et land i Europa til et annet for permanent geologisk lagring er som kjent ikke gjort tidligere. Det vil være en rekke forskjellige spørsmål som må avklares i en bilateral mellomstatlig avtale for å legge til rette for dette, og en fullstendig liste over hvilke spørsmål som må avklares vil en nok ikke ha før landene setter seg ned sammen. Disse spørsmålene er blant annet relatert til landenes tillatelsesregimer, ansvar for lagret CO₂, EU ETS, regnskapsføring av utslippsreduksjoner og EUs CCS-direktiv, skatte- og avgiftsjurisdiksjon, konsultasjonsprosess ved opphør av bruk og nedstengning, og forholdet til aktørenes kommersielle avtaler. Der minst ett av landene er part til Londonprotokollen, må avtalen også dekke krav som stilles til slike avtaler etter Londonprotokollen, dens vedlegg og tilhørende retningslinjer. Norge har erfaring fra mellomstatlig regulering av tilsvarende spørsmål i forbindelse med mellomlandsforbindelser for overføring av elektrisk kraft og grensekryssende gassrørledninger. Vi har derfor god tro på at det vil være mulig å finne gode løsninger på disse spørsmålene også for å realisere lagring på norsk sokkel av CO₂ som stammer fra et annet land, og vi ønsker samtaler rundt dette velkommen.

I oppdraget bør även ingå att utröna om intresse finns i Nederländerna eller Storbritannien för att genomföra motsvarande analys tillsammans med svenska myndigheter. Om intresse finns bör en sådan analys genomföras.

Skulle svenska företag visa intresse för att lagra koldioxid i andra, icke ovan nämnda länder bör detsamma gälla gentemot dessa, under förutsättning att lagring där är tillåten enligt CCS-direktivet.

Utredningen anser att bio-CCS endast kan räknas som en kompletterande åtgärd för att nå de svenska klimatmålen om koldioxidlagringen sker på ett sätt så att den inte bidrar till ökad utvinning av olja eller naturgas genom EHR. Endast projekt inom bio-CCS som

lever upp till detta bör kunna ta del av de stöd som utredningen föreslår i kapitel 10. De kontakter utredningen haft med aktörer inom det svenska näringslivet tyder på att dessa kommer att ställa krav på koldioxidlagring utan koppling till EHR. Detta är föga förvånande. Svenska företag som engagerar sig i bio-CCS gör det som en del av sitt hållbarhetsarbete och vill inte bli förknippade med utvinning av fossila bränslen.

9.1.5 Konsekvenser för biologisk mångfald

Bio-CCS kräver energi i form av värme och el. Särskilt avskiljningssteget är energikrävande men även exempelvis kompression av avskild koldioxid är energiintensivt.

Utredningen förutsätter att styrmedel för att främja bio-CCS i Sverige utformas så att de i närtid inte leder till att verksamheter som förbränner biomassa etableras vilka annars inte skulle kommit till stånd. Detta är ett rimligt antagande eftersom styrmedel för att främja bio-CCS inte ska leda till överkompensation, vilket också vore oförenligt med EU:s statsstödsregler. Det blir då den extra åtgången av el och värme för bio-CCS specifikt som kan ha konsekvenser för den biologiska mångfalden genom att den kan leda till ett ökat uttag av biomassa.

Om energiåtgång för koldioxidavskiljning primärt ersätter egen elproduktion blir konsekvenserna för biomassaåtgången små och därmed blir även konsekvenserna för biologisk mångfald små. Detta kan i synnerhet vara fallet vid bio-CCS tillämpat på massabruk och kraftvärmeverk (se om energiåtgång och elförbrukning för CCS och bio-CCS i avsnitt 9.1.1). Resonemanget förutsätter att svensk el på marginalen inte produceras utifrån biomassa, vilket bör vara ett rimligt antagande.

Vid sidan av massabruk och biobränsleeldade kraftvärmeverk finns den stora potentialen för bio-CCS i Sverige inom integrerade massa- och pappersbruk. Dessa kan utifrån platsspecifika förutsättningar komma att agera på olika sätt för att lösa det tillkommande energibehovet för bio-CCS. En möjlighet är att installera ytterligare en biobränsleeldad panna, sannolikt eldad med restprodukter från skogsbruket, för att producera ånga och el. Detta ökar naturligtvis anläggningens användning av biomassa.

Sist i avsnitt 9.1.1 redovisas en uppskattning av påverkan på biomassaanvändningen av 2 respektive 10 miljoner ton avskild biogen koldioxid genom bio-CCS. Avskiljning och komprimering av 2 miljoner ton biogen koldioxid uppskattas öka konsumtionen av biomassa med cirka 0,6 TWh. Motsvarande siffra för 10 miljoner ton avskild och komprimerad biogen koldioxid är cirka 5,5 TWh biomassa. Osäkerheten i beräkningar och antaganden är hög, men ökningen i biomassaåtgång bör landa i intervallet 3–8 TWh vid avskiljning och komprimering av 10 miljoner ton biogen koldioxid. Den ökade biomassaåtgång som förutses kan ställas i relation till den totala mängden biobränsle som 2017 tillfördes det svenska energisystemet – 143 TWh.¹⁷ Det är rimligt att anta att det ökade uttaget av biomassa till stor del skulle bestå av restprodukter från skogsbruket och andra biogena restflöden.

På längre sikt, i en värld som rör sig mot globala nettonollutsläpp, kan det ekonomiska värdet av negativa koldioxidutsläpp komma att bli stort. I det läget kan värdet av negativa utsläpp bidra till att göra verksamheter som leder till punktutsläpp av biogen koldioxid som kan avskiljas och lagras mer lönsamma, vilket kan innebära att uttaget av biomassa ökar. Exempelvis skulle det kunna bli lönsamt att tillverka vissa biodrivmedel om det samtidigt är en lönsam affär att avskilja och lagra den biogena koldioxid som frigörs vid framställningen.

Denna situation skulle kunna uppstå, sannolikt bortom 2030, om det utvecklas en europeisk eller global marknad för negativa koldioxidutsläpp. Det kan då uppstå en efterfrågan på negativa utsläpp från svensk bio-CCS som är betydligt större än den som de svenska klimatmålen kan skapa. Konsekvenserna av ett eventuellt ökat uttag av biomassa till följd av bio-CCS beror i en sådan situation bl.a. på den framtida efterfrågan på svensk biomassa; om efterfrågan är mycket stor kan konsekvenser för biologisk mångfald befaras. Hur en sådan situation bör hanteras, om den skulle uppstå, handlar i mångt och mycket om en avvägning mellan olika miljö kvalitetsmål och mellan olika fokus i klimatpolitiken – på kolinlagring i skog och mark eller på substitution av fossila insatsvaror mot biobaserade.

Ovanstående resonemang gäller för Sverige men behöver inte nödvändigtvis gälla i ett europeiskt perspektiv eller globalt. I Sverige är en bioekonomi redan etablerad och stora biogena punktutsläpps-

¹⁷ Energimyndigheten (2019).

källor finns sedan länge. Detta skiljer sig från fallet i stora delar av världen. Sverige har också lagstiftning som syftar till att säkerställa en hållbar markanvändning.

Medan bio-CCS i Sverige skulle utvecklas inom ramen för en existerande bioekonomi skulle det i stora delar av övriga världen innebära framväxt av en ny typ av verksamhet. Det finns en tydlig oro, bl.a. inom miljörelsen, för att bio-CCS som verktyg i kampen mot klimatförändringar riskerar att leda till försämrad biologisk mångfald genom att bidra till ohållbar markanvändning och avskogning. Det är då bioenergi och biobränsleanvändning som sådant som är föremål för kritik snarare än CCS-komponenten. Kritiken mot bio-CCS bygger på att styrmedel för att främja bio-CCS förmodas leda till att nya anläggningar som förbränner biomassa uppförs som annars inte skulle uppförts eller att biobränslen skulle ersätta andra energislag. Inom europeisk miljörelse finns en stor oro för att import av biomassa kan få oönskade konsekvenser för biologisk mångfald utanför Europa. Det är viktigt att säkerställa att så inte sker.

Ett europeiskt styrmedel för att främja bio-CCS bör därför vara konstruerat så att inga incitament ges för ohållbar markanvändning eller skogsskövling. Denna fråga kommer att behöva adresseras för att något europeiskt styrmedel som främjar bio-CCS ska kunna komma till stånd, eftersom frågan är central för flera medlemsstater.

Det s.k. reviderade förnybarhetsdirektivet, Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/2001 av den 11 december 2018 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor, innebär att det från och med 2021 kommer att ställas krav på att biobränslen uppfyller särskilda hållbarhetskriterier och kriterier för minskade växthusgasutsläpp i ett livscykelperspektiv för att kunna räknas som förnybara. Krav ställs på såväl flytande som gasformiga och fasta biobränslen och kraven gäller oberoende av ett bränsles geografiska ursprung. Endast användning av biobränslen som uppfyller kraven är berättigad att ta del av stödssystem eller andra ekonomiska incitament för att främja förnybar energi och kan tillgodoräknas gentemot uppsatta EU-mål för förnybar energi.

För att uppfylla hållbarhetskriterierna i direktivet måste biobränslen producerade av skoglig biomassa komma från ett land med lagstiftning som bl.a. säkerställer att avverkning sker under legala former, att återplantering sker efter avverkningar och att arealer skyddas för att bevara biologisk mångfald. Vidare ska ursprungslandet vara part

till Parisavtalet och ha lagt fram en nationell klimatplan (*nationally determined contributions*, NDC) som omfattar utsläpp och upptag inom jordbruk, skogsbruk och markanvändning.

Kraven i det reviderade förnybarhetsdirektivet bör, om de visar sig fungera väl även vid praktisk tillämpning, kunna utgöra stommen i en mekanism för att säkerställa hållbarheten av använd biomassa inom EU även vid introduktion av ett europeiskt styrmedel för att främja bio-CCS. Endast användning av biomassa som uppfyller kraven skulle vara berättigade att ta del av de ekonomiska incitament ett styrmedel skulle medföra. Om det finns behov av en förstärkt mekanism, och hur en sådan i så fall skulle kunna se ut, beror dels på utformningen av ett framtida europeiskt styrmedel för att främja bio-CCS, dels på erfarenheterna från tillämpning av hållbarhets-kriterierna.

Det är mycket viktigt att inte skapa hinder för hållbar biomassanvändning, vilket utredningen anser är en nödvändig komponent för att nå nationella och globala klimatmål.

9.2 Kostnadsuppskattningar och realiserbar potential för bio-CCS

9.2.1 Koldioxidavskiljning

Som tidigare nämnts ökar kostnaden för koldioxidavskiljning i absoluta tal med ökande koldioxidflöden och koncentrationer. Både investeringskostnaderna och driftskostnaderna ökar vilket är en logisk konsekvens av att mer koldioxid avskiljs, vilket bl.a. betyder större dimensioner i utrustning, större kemikalieflöden och större värmebehov. I relativa tal, dvs. per ton avskild koldioxid, minskar dock kostnaden för koldioxidavskiljning med ökande flöden och koncentrationer. Kostnadsminskningen är mest markant för den relativa investeringskostnaden medan den relativa driftskostnaden inte minskar i samma utsträckning. Detta innebär att ju mer koldioxid som avskiljs från en anläggning, desto större blir driftskostnadens andel av den totala relativa kostnaden.

En omfattande studie¹⁸ från 2018 av forskare från Chalmers tekniska högskola och norska forskningsinstitutet SINTEF har analy-

¹⁸ Gardarsdottir m.fl. (2018).

serat kostnaderna för koldioxidavskiljning, transport och lagring för industriella anläggningar i Sverige med utsläpp över 500 000 ton per år. Enligt studien uppgår de relativa investeringskostnaderna för avskiljning till 10–20 euro per ton koldioxid medan den relativa driftskostnaden uppgår till cirka 40 euro per ton koldioxid. Kostnaden för värme (ånga) är den dominerande kostnaden och den överstiger 20 euro per ton koldioxid. Tabell 9.6 visar den uppskattade kostnaden för koldioxidavskiljning tillämpat på sodapannan i ett massabruk respektive på kraftvärmeproduktion baserad på ett stålverks restgaser. Stålverket antas avskilja 1,6 miljoner ton koldioxid per år och massabruket 0,7 miljoner ton per år. Koldioxidkoncentrationen är ungefär dubbelt så hög i rökgaserna från stålverket jämfört med från massabruket. Båda dessa faktorer bidrar till att stålverket får en lägre relativ kostnad för koldioxidavskiljningen.

Tabell 9.6 Relativ kostnad för koldioxidavskiljning [euro/ton avskild CO₂] vid ett massabruk (sodapanna) och ett stålverk (kraftvärmeproduktion av restgaser)

Efter Gardarsdottir m.fl. (2018)

	Massabruk		Stålverk	
	Relativ kostnad	Andel av totalkostnaden [%]	Relativ kostnad	Andel av totalkostnaden [%]
El	5,9	9,6	5,6	11,2
Ånga	23,3	37,7	22,0	43,6
Kylvatten	3,3	5,3	3,6	7,1
Arbetskraft	1,2	1,9	0,5	1,0
Underhåll	8,0	12,9	5,3	10,5
Total driftskostnad	41,6	67,4	37,0	73,3
Investeringskostnad	20,2	32,6	13,4	26,7
Total kostnad för koldioxidavskiljning	61,8		50,4	

Som framgår av tabell 9.6 uppskattar studien massbrukets relativa kostnad för koldioxidavskiljning till cirka 60 euro per ton medan stålbrukets kostnad uppskattas till cirka 50 euro per ton. Stålverket avskiljer väsentligt mer koldioxid än massabruket och föga förvånande svarar driftskostnaden för en högre andel av totalkostnaden på stålverket jämfört med på massabruket.

NordiCCS har utfört fallstudier för hur de olika delarna i CCS-kedjan skulle kunna utföras och vad de skulle kosta för olika större energi- och industrianläggningar i Norden. När NordiCCS beräknat

den relativa kostnaden för koldioxidavskiljning har en lokaliseringsfaktor använts som innebär att kostnaden blir högre om en anläggning är lokaliserad i ett område med hårt klimat eller låg befolkningstäthet. Lokaliseringsfaktorn får konsekvensen att den relativa kostnaden för koldioxidavskiljning blir högre i norra Sverige jämfört med i de södra delarna. Lokaliseringsfaktorn syftar alltså inte till att väga in transportavståndet till en möjlig lagringsplats, utan ska enbart justera kostnaden för avskiljning av koldioxid.

NordiCCS uppskattar den relativa kostnaden för koldioxidavskiljning vid massa- och pappersanläggningar belägna runt Bottenviken till cirka 80 euro per ton avskild koldioxid medan massa- och pappersanläggningar belägna längre söderut längs med Norrlandskusten beräknas ha en relativ kostnad för koldioxidavskiljning i storleksordningen 70–75 euro per ton. Kostnaden sjunker till strax under 70 euro per ton för den enda massa- och pappersanläggningen i studien som ligger i Sydsverige.¹⁹

Den uppskattade kostnaden för koldioxidavskiljning för massa- och pappersanläggningar är således högre än i studien från Chalmers tekniska högskola och SINTEF, men den ligger inom samma härad. Osäkerheten som är förknippad med båda studierna är hög, bl.a. eftersom ingen av studierna tar hänsyn fullt ut till plats specifika faktorer. Båda studierna avser kostnader när tekniken för avskiljning redan fått viss spridning.

En studie från SINTEF, RISE Bioeconomy och Chalmers tekniska högskola har bl.a. undersökt hur kostnaden för koldioxidavskiljning vid ett massabruk påverkas av avskiljningsgraden, dvs. av hur stor andel av den totala mängden koldioxid i rökgaserna som avskiljs.²⁰ Studien landar i att ett hypotetiskt men typiskt massabruk skulle ha en avskiljningskostnad på 41–57 euro per ton koldioxid. Den låga delen av intervallet gäller för s.k. partiell avskiljning där mängden tillgänglig ånga begränsar andelen koldioxid som avskiljs. Den höga delen av kostnadsintervallet gäller för maximal avskiljning av koldioxid, vilket innebär att anläggningen måste investera i en ytterligare barkpanna för att producera tillräcklig mängd ånga för avskiljningen. Studien visar således att det kan vara fördelaktigt ur kostnadsynpunkt att låta mängden tillgänglig ånga styra hur mycket koldioxid

¹⁹ Skagestad m.fl. (2015).

²⁰ Skagestad m.fl. (2018).

som avskiljs från en anläggning och att inte alltid eftersträva maximal avskiljningsgrad.

Det är viktigt att påpeka att flertalet anläggningar inom massa- och pappersindustrin i Sverige är s.k. integrerade bruk som producerar både massa och papper samt kartong. Integrerade bruk använder stora mängder ånga vid tillverkningen av papper och kartong och har därför ofta sämre tillgång till överskottsånga än rena massabruk. Integrerade bruk kan alltså tvingas investera i ytterligare en barkpanna för att avskilja koldioxid, vilket ökar den relativa kostnaden för koldioxidavskiljning. Integrerade bruk är också generellt sett nettokonsumenter av el i stället för nettoproducenter som rena massabruk kan vara. Detta innebär att bortfall av egenproducerad el måste kompenseras med el köpt från nätet vilket enligt studien också ökar kostnaden. En slutsats studien drar är därför att flertalet bruk i Sverige, eftersom de är integrerade bruk, har högre kostnader för ånga och därmed även för koldioxidavskiljning än det hypotetiska massabruket i exemplet.

När ånga används för koldioxidavskiljning vid ett massabruk sker det oftast på bekostnad av el- och fjärrvärmeproduktion. Ovan nämnda studie visar att kostnaden för ånga ökar om elen som i stället hade kunnat produceras är berättigad till elcertifikat. Elcertifikatsystemet kan därför i vissa fall försämra de ekonomiska förutsättningarna för bio-CCS.

NordiCCS har beräknat den relativa kostnaden för koldioxidavskiljning för ett avfallskraftvärmeverk beläget på den svenska västkusten och den uppskattas till 100 euro per ton koldioxid. Den biogena andelen av anläggningens koldioxidutsläpp är 75 procent. Den relativa kostnaden för koldioxidavskiljning är starkt beroende av mängden koldioxid som avskiljs. Det avfallskraftvärmeverk som ingår i NordiCCS studie har väsentligt lägre koldioxidutsläpp än flera av de massa- och pappersanläggningar som också omfattas.

Den relativa kostnaden för koldioxidavskiljning vid det avfallskraftvärmeverk som ingår i det norska Fullskaleprojektet beräknades 2018 till 825 norska kronor per ton koldioxid. Den tekniska livslängden för avskiljningsanläggningen antas då vara 25 år och kostnaden gäller 2018 års prisnivå. En norsk krona var 2018 värd mellan 1,05 och 1,10 svenska kronor. Kostnadsuppskattningen ska uppdateras inom ramen för projektet 2020.²¹

²¹ Gassnova, Aslak Viumdal, personlig kommunikation (2019).

Stockholm Exergi har presenterat en grov uppskattning av vad det skulle kosta att avskilja koldioxid från deras biobränsleeldade panna för kraftvärmeproduktion i Värtaverket, Stockholm. Den relativa kostnaden uppskattas till knappt 40 euro per ton koldioxid. Den lägre kostnaden för koldioxidavskiljning vid Värtaverket jämfört med ovan nämnda exempel förklaras enligt Stockholm Exergi av möjligheten att integrera avskiljningen med fjärrvärmeproduktionen, dvs. genom energiåtervinning och processintegration mot kraftvärme.²²

En i internationella studier ofta citerad kostnadsuppskattning för avskiljning av koldioxid vid ett modernt kolkraftverk är 46 US-dollar per ton koldioxid vid produktion av el, inte av el och fjärrvärme.²³ Summan används ibland som en approximation av avskiljningskostnaden även för biobränsleeldade kraftverk, vilket kan motiveras av att koncentrationen av koldioxid i rökgaserna är ungefär densamma.²⁴

Vissa biologiska eller kemiska processer genererar koldioxid i mycket hög koncentration (upp emot 100 procent ren koldioxid). Ett exempel på detta är tillverkning av etanol genom fermentering (jäsnings) av biosubstrat. Kostnaden för att avskilja koldioxid för vidare transport till lagringsplats eller CCU är av lättförståeliga skäl låg när koldioxidkoncentrationen är mycket hög. Ett svenskt exempel är Lantmännen Agroetanol utanför Norrköping som producerar etanol från framför allt spannmål. Koldioxiden som bildas vid fermenteringen tas tillvara och förvätskas till kolsyra som används inom livsmedelsindustrin och som köldmedium (CCU). Mängden koldioxid som avskiljs är dock i nuläget liten i jämförelse med vad CCS inklusive bio-CCS tillämpat på de stora punktutsläppskällorna i Sverige skulle generera.

En annan process som ger upphov till koncentrerad koldioxid är uppgradering av naturgas eller biogas. Uppgradering innebär att halten metan i rågasen höjs genom att koldioxid, och ibland även andra ämnen i lägre koncentrationer, avskiljs. Detta är ofta nödvändigt för att gasen ska vara säljbar. Uppgradering av naturgas sker globalt sett i mycket stor skala i dag och är i flera fall den verksamhet som ger upphov till den koldioxid som lagras i befintliga CCS-projekt, t.ex. Sleipner och Snøhvit i Norge. Uppgradering av biogas sker i mindre skala på ett stort antal platser i Sverige, dock utan koppling till koldioxidlagring.

²² Stockholm Exergi, Fabian Levihn, personlig kommunikation (2019).

²³ Rubin m.fl. (2015).

²⁴ *National Academies of Sciences, Engineering and Medicine* (2018).

9.2.2 Transport av koldioxid

NordiCCS har studerat transportkostnader för avskild koldioxid från kluster av anläggningar i Norden. De kluster som berör Sverige är för anläggningar 1. runt Bottenviken, 2. utmed södra Norrlandskusten, 3. i Skagerackregionen och 4. utmed den svenska Västkusten (söder om Skagerack). Transport av koldioxid antas ske till någon av tre hypotetiska lagringsplatser under havsbotten: Utsira utanför Sydnorges västkust, Gassum i Skagerack (Danmark) eller Faludden i södra Östersjön (Sverige). Transport via rörledning jämförs med transport via fartyg. I flera fall jämförs olika kombinationer av transportmetoder och lagringsplatser.

Transportkostnaden beror huvudsakligen på volymen koldioxid som ska transporteras och på transportavståndet. Rörledningstransport är mer konkurrenskraftigt gentemot fartygstransport för stora volymer koldioxid. Vid transport av 1 miljon ton koldioxid per år medför rörledningstransport lägre kostnad än fartygstransport på sträckor upp till cirka 165 km. Vid transport av 2 miljoner ton koldioxid per år medför rörledningstransport lägre kostnader än fartygstransport upp till cirka 275 km.²⁵

Långa transportavstånd talar för fartygstransport eftersom kostnaden för detta transportsätt inte ökar lika starkt med transportavståndet som rörledningstransport gör. Fartygsbaserad transport innebär förvisso högre driftskostnader än rörledningstransporter men investeringskostnaden för rörledningar är betydande. Eftersom framtida lagringsplatser sannolikt kommer att uppföras under havsbotten blir transportavstånden generellt sett relativt långa för svenska anläggningar, vilket talar för fartygsbaserade transportlösningar.

Enligt NordiCCS uppgår transportkostnaden generellt till 12–20 euro per ton för nordiska anläggningar. I de flesta fall (80 procent av studerade transportkombinationer i Norden) beräknas fartygstransporter bli billigare än rörledningstransporter.

Fartygsbaserad transport har en stor fördel jämfört med rörledningstransport i och med att flexibiliteten är mycket större. Detta är särskilt viktigt i uppbyggnadsfasen av CCS inklusive bio-CCS när osäkerheten är stor vad gäller koldioxidvolymen och tidslinje för när avskiljning kommer igång på olika anläggningar. Om volymen koldioxid som behöver transporteras ökar kan transportsystemets kapa-

²⁵ Johnsson & Kjærstad (2019).

citet relativt enkelt ökas genom att ytterligare ett fartyg tas i anspråk för koldioxidtransport. Ett och samma fartyg kan också lasta koldioxid i flera hamnar på samma rutt. Fartyg som transporterar koldioxid kan också, åtminstone efter mindre modifikationer, frakta andra produkter, t.ex. LPG (*liquified petroleum gas*). När en rörledning väl är byggd kan den inte transportera mer koldioxid än vad den är dimensionerad för och den kan naturligtvis inte ändra sträckning.

Tabell 9.7 visar uppskattade transportkostnader för olika kombinationer av kluster, lagringsplatser och transportmetoder.

Tabell 9.7 Transportkostnad för olika kombinationer av kluster, lagringsplatser och transportmetoder

Kluster	Lagringsplats	Transportmetod	Distans [km]	Transportvolym [kton/år]	Transportkostnad [euro/ton]
Skagerack	Gassum	Rörledning	630	9 950	14,9
Skagerack	Utsira	Rörledning	1 080	9 950	19,7
Skagerack	Utsira	Fartyg	1 275	9 950	15,3
Bottenviken	Faludden	Rörledning	1 724	14 095	21,4
Bottenviken	Faludden	Fartyg	2 587	14 095	18,3
Bottenviken	Utsira	Fartyg	4 475	14 095	20,9
S Norrlandskusten	Faludden	Rörledning	1 577	14 806	12,6
S Norrlandskusten	Faludden	Fartyg	1 851	14 806	14,6
Västkusten	Gassum	Rörledning	540	7 754	13,8
Västkusten	Gassum	Fartyg	860	7 754	15,3

Källa: Skagestad m.fl (2015).

Transportkostnaden ökar med avstånd till lagringsplats, men kostnadsökningen är trots allt begränsad för fartygsalternativet. Fartygstransport från Skagerackklustret till Utsira beräknas kosta 15 euro per ton koldioxid, vilket kan jämföras med 21 euro per ton för fartygstransport mellan Bottenvikenklustret och Utsira – en mer än tre gånger så lång distans.

Fartygstransport innebär att fördelen av samarbete mellan flera anläggningar i ett regionalt kluster blir mindre uttalad jämfört med rörledningstransport. Flera anläggningar inom ett avgränsat geografiskt område kan dock dela på mellanlager och hamn. Koldioxiden kan transporteras till mellanlagret via kortare rörledningar eller, åtminstone inledningsvis, på lastbil eller tåg. Att flera anläggningar kan nyttja samma lagringsplats är av stor betydelse för att hålla nere kostnaden oavsett transportmetod.

En anläggnings geografiska läge i Sverige har således betydelse för transportkostnaden men är inte avgörande för om anläggningen kan vara en kandidat för CCS inklusive bio-CCS eller inte (gäller anläggningar utmed kusten eller vid Mälaren och Vänern). Platsspecifika faktorer kan påverka kostnaden för koldioxidavskiljning väsentligt mer än vad det geografiska läget påverkar transportkostnaden.

I ett utbyggt CCS-system där koldioxidavskiljning sker på flera anläggningar som kan dela på viss transportinfrastruktur och lagringsplats är kostnaden för koldioxidavskiljning den klart dominerande kostnadsposten. I ett utbyggt CCS-system är investeringskostnaderna i avskiljningsutrustning väsentligt högre än investeringskostnaderna för transportinfrastruktur. I en uppbyggnadsfas av CCS inklusive bio-CCS, där mängden avskild koldioxid är lägre än 2 till 3 miljoner ton per år, kan dock investeringarna i transportinfrastruktur vara i samma storleksordning som investeringarna i avskiljningsanläggningar.²⁶

9.2.3 Lagring av koldioxid

Lagringskostnaden är i hög grad beroende av platsspecifika parametrar. Exempel på betydelsefulla parametrar som påverkar lagringskostnaden är lagringsplatsens kapacitet (mängd koldioxid som kan lagras), möjlig injekteringshastighet (styr hur många injekteringsbrunnar som måste borrar), krav på borrarbrunnarnas komplexitet och geografisk lokalisering (t.ex. på land eller till havs). Dessa parametrar är okända eller uppskattade med mycket hög osäkerhet för flertalet potentiella lagringsplatser i Sverige eller i närområdet vilket gör det svårt att beräkna lagringskostnader. Bra kostnadsuppskattningar kräver tillgång till mer information om de potentiella lagringsplatserna.

Inom NordiCCS-projektet kombinerades tillgänglig information om potentiella lagringsplatser i Skandinavien med generella kostnadsuppskattningar tillgängliga från EU-samarbetet ZEP (*European technology platform for zero emission fossil fuel power plants*). Den lägsta lagringskostnaden uppskattades till 7 euro per ton koldioxid för Utsira, vilket är den potentiella lagringsplats för vilken mest information finns tillgänglig. Den högsta lagringskostnaden, 20 euro per ton koldioxid, angavs för de potentiella lagringsplatser där minst

²⁶ Gardarsdottir m.fl. (2018).

information finns tillgänglig. Den svenska potentiella lagringsplatsen som benämns Faludden uppskattades ha lagringskostnaden 16 euro per ton koldioxid.

Skillnader i lagringskostnad för olika potentiella lagringsplatser kan innebära att totalkostnaden för transport och lagring för en svensk anläggning blir lägre för en mer avlägsen lagringsplats än för en mer närliggande. Huvudorsaken till detta är att transportkostnaden endast ökar långsamt med transportavståndet vid fartygstransporter av koldioxid. NordiCCS drar därför slutsatsen att ett gemensamt nordiskt koldioxidlager i Norge under Nordsjön, dit koldioxid kan fraktas på fartyg, skulle innebära stora skalfördelar och kan vara en fördelaktig lösning ur ett ekonomiskt perspektiv.

De kostnadsuppskattningar som gjorts för koldioxidlagring inom ramen för NordiCCS-projektet stämmer relativt väl överens med andra uppskattningar som gjorts. I tidigare nämnda studie av forskare från Chalmers tekniska högskola och Biorecro AB dras slutsatsen att kostnaden för den koldioxidlagring som skett under mer än 20 års tid vid det norska Sleipnerfältet i Nordsjön med säkerhet understiger 15 euro per ton.²⁷ Investeringskostnaden för lagringsplatsen under Sleipnerfältet var enligt IPCC 94 miljoner US-dollar och den årliga driftskostnaden 7 miljoner US-dollar (inklusive skatt). Ungefär 1 miljon ton koldioxid per år injekteras vid Sleipnerfältet. FN:s klimatpanel IPCC bedömer i sin specialrapport om CCS från 2005 att lagringskostnaden i salina akviferer under Nordsjön uppgår till mellan 5 och 12 US-dollar per ton koldioxid. Kostnaden för lagring i tömda gas- eller oljefält under Nordsjön uppskattas vara något lägre, 4–8 US-dollar per ton koldioxid.²⁸

Amerikanska Department of Energy uppskattar kostnaden för geologisk lagring i USA till mellan 7 och 13 US-dollar per ton koldioxid, inklusive kostnad för övervakning av hur injekterad koldioxid beter sig i lagringsplatsen. Kostnadsintervallet inkluderar koldioxidlagring på land vilket är billigare än lagring till havs.²⁹

IPCC har uppskattat kostnaden för övervakning av en lagringsplats till 0,1–0,3 US-dollar per ton koldioxid som injekterats. Då antas att övervakning av en lagringsplats sker under en 30-årsperiod när injektering av koldioxid pågår och därefter i ytterligare 50 år.³⁰

²⁷ Karlsson m.fl. (2017).

²⁸ IPCC (2005).

²⁹ National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (2018).

³⁰ IPCC (2005).

9.2.4 Sammantagen kostnadsuppskattning, realiserbar potential för bio-CCS och framtida kostnadsutveckling

Sammantagen kostnadsuppskattning och realiserbar potential för bio-CCS

Givet nuvarande kunskapsläge om CCS-kedjans beståndsdelar är det inte möjligt att med precision ange en kostnad för bio-CCS vid svenska anläggningar. Detta beror delvis på att erfarenheterna av de tekniker som ingår i kedjan är begränsade, men också på att kostnaden till väldigt stor del är beroende av platsspecifika förutsättningar som inte är kända eller undersökta i dagsläget.

Utifrån befintliga studier drar utredningen slutsatsen att koldioxidavskiljning sannolikt kan genomföras till en kostnad i intervallet 400–600 kronor per ton avskild koldioxid på anläggningar inom massa- och pappersindustrin med gynnsamma förutsättningar för bio-CCS. Detta förutsätter sannolikt partiell koldioxidavskiljning i flera fall, där endast den koldioxid som går att avskilja till lägst kostnad på en anläggning blir föremål för bio-CCS. Vilken mängd koldioxid som avskiljs vid en anläggning kan också begränsas till den mängd som kan avskiljas med hjälp av den överskottsvärme som finns tillgänglig, för att hålla nere kostnaden per avskilt ton koldioxid.

Stockholm Exergis egna beräkningar tyder på att samma kostnadsintervall, 400–600 kronor per ton avskild biogen koldioxid, är rimligt att anta även för kraftvärmeanläggningar med goda förutsättningar för bio-CCS.

Hur stor den samlade potentialen för avskiljning av biogen koldioxid är i kostnadsintervallet 400–600 kronor per ton är av redan nämnda skäl mycket svårt att precisera i nuläget, men utredningen bedömer att den sannolikt är i storleksordningen flera miljoner ton.

Det bör vidare finnas en avsevärd potential för avskiljning av biogen koldioxid till en kostnad som understiger 800 kronor per ton inom massa- och pappersindustrin samt el- och värmeproduktion inklusive avfallsförbränning. Utredningen bedömer att denna potential överstiger 10 miljoner ton per år.

Denna potential kan kategoriseras som den realiserbara potentialen för bio-CCS i Sverige, givet att koldioxiden även går att transportera till en lagringsplats. Som framgår av avsnitt 9.1.2 och 9.2.2 är förutsättningarna för fartygsbaserad transport av koldioxid generellt

god i Sverige. Utredningen bedömer därför att den realiserbara potentialen för bio-CCS i Sverige uppgår till minst 10 miljoner ton biogen koldioxid per år i ett 2045-perspektiv.

Den utförligaste studien som finns tillgänglig om transportkostnader för koldioxid i en nordisk kontext indikerar transportkostnader i intervallet 150–250 kronor per ton för svenska anläggningar, givet att det handlar om fartygsbaserade transporter. Studien förutsätter dock en situation där ett flertal anläggningar inom ett begränsat geografiskt område avskiljer koldioxid och kan dela på viss transportinfrastruktur. I frånvaro av en sådan skalfördel kommer transportkostnaden att vara högre. Skalfördelarna vid fartygsbaserade transporter är dock betydligt mindre än vid rörledningsbaserade transporter. Transportkostnaden beror också på vilka lagringsplatser som kommer att finnas tillgängliga och om de kan ta emot koldioxid lastad på fartyg.

Utredningen uppskattar att transportkostnaden för svenska anläggningar kan komma att vara 150–300 kronor per ton koldioxid, men konstaterar att bedömningen är osäker. Om det norska Fullskaleprojektet genomförs enligt plan kommer det att generera viktig kunskap och erfarenhet kring fartygsbaserad transport av avskild koldioxid, inklusive om kostnaden.

Utredningen bedömer att koldioxidlagring kan ske till en kostnad av 100–200 kronor per ton koldioxid, inklusive kostnad för att övervaka lagringsplatsen i enlighet med CCS-direktivet.

Summeras uppskattningarna ovan för hela CCS-kedjan erhålls kostnadsintervallet 650–1 100 kronor per ton koldioxid för den kategori av anläggningar inom massa- och pappersindustrin och kraftvärmeproduktion som har mest gynnsamma förutsättningar för koldioxidavskiljning.

Det finns som tidigare nämnts anläggningar i Sverige som i befintliga industriella processer får koldioxid i mycket hög koncentration. Dessa anläggningar skulle därför ha en låg eller obefintlig tillkommande kostnad för att producera koldioxid av tillräcklig renhet för vidare transport och geologisk lagring. Kostnad tillkommer dock för komprimering av koldioxid samt för transport och lagring. Eftersom dessa anläggningar i nuläget genererar relativt små mängder koldioxid skulle investeringarna som krävs i framför allt transportinfrastruktur leda till höga kostnader uttryckt som kronor per ton koldioxid. Om dessa anläggningar fick möjlighet att dela transportinfrastruktur med en eller flera stora koldioxidkällor skulle de dock

kunna genomföra bio-CCS till en betydligt lägre kostnad än om de agerar på egen hand.

Anläggningar som går i bränschen för tillämpning av CCS inklusive bio-CCS kommer att möta högre kostnader än anläggningar som följer efter i ett senare skede, när teknik och systemlösningar mognat. Eventuella svenska projekt inom bio-CCS förväntas tidsmässigt följa bakom det norska Fullskaleprojektet och projekt i Nederländerna och Storbritannien, som planerna för dessa ser ut i dagsläget. Eftersom svenska CCS-projekt i närtid förutsätter lagring av koldioxid i annat land kommer inte svenska projekt inom bio-CCS att vara de första som genomförs i vårt närområde. Den kostnadsbedömning som utredningen presenterar utgår därför från att vissa läreffekter av dessa första projekt i andra länder kan nyttjas av tidiga svenska projekt.

Det är viktigt att påpeka att de första storskaliga CCS-projekten i Europa kan komma att ha kostnader som är högre, men sannolikt inte mycket högre, än de kostnader utredningen uppskattar för svenska projekt inom bio-CCS. Koldioxidavskiljning beräknas inom Fullskaleprojektet kosta 710 respektive 825 norska kronor per ton för de två anläggningarna som ingår i projektet. Den relativa kostnaden för hela CCS-kedjan inklusive transport och lagring uppskattas till 1 440 respektive 1 555 norska kronor per ton. I kostnaden ingår hela utgiften för transport- och lagringsinfrastrukturen vilken delvis är kraftigt överdimensionerad i förhållande till den mängd koldioxid som planeras avskiljas från de två norska anläggningarna. Kostnaden per ton lagrad koldioxid blir väsentligt lägre om kostnaden för transport- och lagringsinfrastrukturen fördelas på en större mängd lagrad koldioxid med hänsyn till den faktiska kapaciteten. Den tekniska livslängden för avskiljningsanläggningar och infrastruktur antas vara 25 år och kostnaden gäller 2018 års prisnivå. En norsk krona var 2018 värd 1,05–1,10 svenska kronor.

Kostnadsuppskattningarna inom ramen för Fullskaleprojektet ska uppdateras 2020. Den kostnadsuppskattning som genomfördes 2018 resulterade i lägre uppskattade kostnader jämfört med vad som tidigare redovisats.³¹

Utredningen har tagit del av mer platsspecifika inledande beräkningar framtagna av Stockholm Exergi. Stockholm Exergis egna beräkningar stärker bilden att de kostnadsintervall utredningen anger,

³¹ Gassnova, Aslak Viumdal, personlig kommunikation (2019).

400–600 kronor per ton avskild biogen koldioxid och ytterligare 250–500 kronor för transport och lagring, är rimliga för en kraftvärmeanläggning med goda förutsättningar för bio-CCS som byggs i ett relativt tidigt skede.

Hur CCS utvecklas internationellt påverkar kostnadsutvecklingen för svensk bio-CCS framöver i hög grad. Platsspecifika förstudier krävs för att uppskatta kostnaden för enskilda projekt.

Framtida kostnadsutveckling

Generellt blir teknik billigare med tiden i takt med att tekniken får spridning och erfarenheterna av den ökar. Detta har exempelvis varit fallet för sol- och vindkraft som uppvisat kraftigt sjunkande kostnader samtidigt som kraftslagen genomgått en markant expansionsfas under senare tid. Även om flertalet tekniker som tillämpas inom CCS-kedjan är beprövade har området inte genomgått någon expansionsfas liknande den som skett och sker för förnybar energi och energilagring. Potentialen för kostnadsreduktioner bör alltså rent generellt vara betydande för CCS-teknik, under förutsättning att fler CCS-projekt kommer till stånd de närmaste årtiondena.

Certifieringsorganet Det Norske Veritas uppskattar att kostnaden för CCS kommer att sjunka med 15–20 procent för varje fördubbling av den installerade effekten. Om det byggs 60 nya fullskaliga avskiljningsanläggningar i världen bör kostnaden sjunka med 30 procent jämfört med dagens nivå, enligt samma källa.³² Andra studier pekar i samma riktning.³³

9.3 Kunskapsläget om CCS och bio-CCS och hur detta kan förbättras

Samtliga delar av CCS-kedjan tillämpas redan i dag på olika håll i världen, vilket beskrivs i kapitel 11, även om erfarenheterna är begränsade. Tekniker för avskiljning, transport och lagring av koldioxid finns utvecklade och det pågår forskning för att förfinas existerande tekniker för att göra dem mer energieffektiva och därmed billigare, men även för att utveckla nya metoder för i synnerhet kol-

³² Helle & Koefoed (2018).

³³ Rubin m.fl. (2015).

dioxidavskiljning. Möjligheterna till fortsatt teknikutveckling och lägre kostnader för CCS är goda eftersom den praktiska tillämpningen av CCS-tekniker hittills endast skett i blygsam skala. Forskning som bidrar till att sänka kostnaden för CCS inklusive bio-CCS är av stort värde då den relativt höga kostnaden är ett av de främsta skälen som talar emot tekniken i nuläget.

Utredningen bedömer att det är systemfrågorna kopplade till CCS inklusive bio-CCS som utgör den huvudsakliga barriären för tillämpning och spridning i dag, inte teknikfrågorna. Bland dessa frågor märks hur fungerande affärsmodeller för CCS och bio-CCS kan konstrueras, hur ekonomiska incitament för bio-CCS kan skapas, hur juridiska och acceptansmässiga hinder och barriärer kan övervinnas och frågor kring konsekvenserna av ökad biomassa-användning. Denna utredning kan förhoppningsvis innebära ett steg framåt i dessa frågor men det finns ett fortsatt behov av forskning kring CCS-relaterade systemfrågor.

Som en del av Energimyndighetens arbete med innovationsfrämjande insatser för att minska processindustrins utsläpp av växthusgaser har myndigheten låtit Chalmers tekniska högskola ta fram en rapport³⁴ om behov av forskning och demonstration på CCS-området. Rapporten lyfter bl.a. fram följande forskningsbehov:

- Potentialen för lagring på svenskt territorium bör undersökas i större detalj för att ge besked om, och i så fall för vilka volymer, detta är ett realistiskt alternativ. En första åtgärd bör vara att identifiera vilket beslutsunderlag som behövs för att avgöra den frågan och hur ett sådant beslutsunderlag skulle kunna tas fram.
- Det bör undersökas om det går att prissätta CCS längst ut i värdekedjan så att slutkonsumenten ser merkostnaden av en klimatneutral (eller klimatpositiv) produkt och hur detta kan bidra till finansiering av CCS.
- Det bör genomföras forskning om vilken roll CCS och bio-CCS kan ha i en övergripande portfölj av utsläppsminskande åtgärder för svensk industri, med hänsyn taget till utvecklingen av bränsle- och insatsvaror (exempelvis tillgång till och konkurrens om olika biomassafraktioner).

³⁴ Johnsson och Kjærstad (2019).

- Det behövs forskning av både grundläggande och tillämpad karaktär gällande olika tekniker för koldioxidavskiljning, i syfte att reducera kostnaden för avskiljningssteget. Forskningsmedel bör satsas även på tekniker som redan i dag är kommersiellt tillgängliga för att bidra till lägre kostnader och ökad tillförlitlighet. Forskningsinsatserna bör kopplas till förutsättningarna som gäller för svenska industri- och energianläggningar.
- Studier av acceptansfrågor bör avse konkreta projekt snarare än att vara av generell karaktär.
- Det bör så snart som möjligt planeras för ett svenskt demonstrationsprojekt av hela kedjan för CCS/bio-CCS.

Utredningen instämmer i ovanstående rekommendationer gällande forskning och demonstration. Utredningen bedömer dock efter kontakter med olika aktörer att det inte är säkert att ett första svenskt projekt för att demonstrera hela kedjan för bio-CCS behöver genomföras på demonstrationsskala snarare än fullskaligt.

Chalmersstudien pekar också på behovet av att åtgärda några av de brister som utredningen fått i uppdrag att hantera, exempelvis legala hinder för CCS, skapa ekonomiska incitament för bio-CCS och organisera myndigheternas arbete på CCS-området på ett ändamålsenligt sätt.

10 Styrning och styrmedel för bio-CCS

Utredningens förslag

Tillämpa omvänd auktionering för att stödja fullskalig bio-CCS

- Energimyndigheten bör få i uppgift att anordna s.k. omvända auktioner av negativa koldioxidutsläpp genom bio-CCS för att stödja fullskalig bio-CCS.
- De omvända auktionerna resulterar i differentierade garantipriser för lagrad biogen koldioxid för de aktörer som vinner auktionerna (normalt de lägsta buden). Den ersättning som utbetalas bör vara mellanskillnaden mellan överenskommet garantipris och värdet av eventuella EU- och nationella stöd för att främja bio-CCS som en aktör erhåller. Detta håller nere statens utgifter och minskar risken för överkompensation. För att få medel utbetalda bör det ställas krav på att projektägaren ansökt om relevanta stöd från EU.
- Upphandlingarna bör vara begränsade i termer av maximal totalkostnad och maximal kostnad per ton geologiskt lagrad koldioxid. Bindningstiden bör vara 10–20 år för att möjliggöra långsiktig planering för inblandade parter. Utbetalningar bör delvis kunna ske i förskott, vilket kan ses som en form av investeringsstöd. Nationellt stöd som utbetalas måste vara förenligt med EU:s statsstödsregler.
- Den totala mängden lagrad biogen koldioxid som upphandlas genom omvända auktioner bör i ett första skede begränsas till maximalt 2 miljoner ton per år (uppskattningsvis 3–5 anläggningar). När bio-CCS nått denna kvantitet och mognadsgrad i Sverige bör erfarenheterna med omvänd auktionering ut-

värderas, som del av en översyn av formerna för den fortsatta styrningen av bio-CCS.

Fortsätt stödja teknikutveckling och demonstration inom bio-CCS

- Investeringsstödet för minusutsläpp bör fortsätta att främja teknikutveckling och demonstration inom bio-CCS. Riktat stöd för teknikutveckling och demonstration inom bio-CCS behöver sannolikt finnas kvar i någon form fram till åtminstone 2030, även om insatserna som är i behov av stöd kan komma att ändra karaktär fram tills dess. Anslagets framtida storlek bör bestämmas med hänsyn till erfarenheterna från genomförda utlysningar och insatser.
- På sikt kan de ekonomiska styrmedel som föreslås ovan (investeringsstödet och de omvända auktionerna) öppnas upp även för andra tekniker för negativa växthusgasutsläpp som innebär permanent lagring i syfte att öka förutsättningarna för kostnadseffektivitet i styrningen. Ingen sådan annan teknik bedöms dock i nuläget vara tillräckligt mogen och ha potential i Sverige.

Verka för styrmedel för att främja bio-CCS på EU-nivå

- Sverige bör verka för att EU utvecklar ett gemensamt långsiktigt styrmedel för att främja bio-CCS. Ett separat teknikneutralt styrmedel med EU-gemensam finansiering för att åstadkomma permanenta negativa utsläpp av växthusgaser kan vara den mest framkomliga vägen i närtid, eftersom alternativet inte kräver omförhandling av EU:s huvudsakliga rättsakter på klimatområdet. Ett annat alternativ är att förändra EU:s utsläppshandelssystem så att bio-CCS ger upphov till utsläppskrediter som får användas inom ramen för utsläppshandelssystemet. Det är dock inte önskvärt att detta leder till att omställningstrycket inom utsläppshandelssystemet minskar. Förändringen behöver därför genomföras i kombination med en åtgärd som justerar antalet utsläppsrätter i utsläppshandelssystemet.

Undersök om risken kan minskas för en försämrad effektbalans till följd av turbinbyten

- Nuvarande regler för beskattning innebär att det ofta är fördelaktigt att använda ånga i stället för el för avskiljning av koldioxid. Detta kan leda till att anläggningar med egen elproduktion som tillämpar CCS/bio-CCS byter till ångturbiner med lägre maximal eleffekt än i dag, vilket bl.a. kan leda till försämrad effektbalans under kalla vinterdagar. Regeringen bör se över om det finns anledning och möjlighet att skattebefria egenproducerad el som används för avskiljning av koldioxid, eller att vidta annan åtgärd för att minska risken för en försämrad effektbalans till följd av turbinbyten.

Förtydliga och utveckla ansvarsfördelningen inom staten

- Energimyndigheten bör göras samordningsansvarig för frågor som gäller CCS inklusive bio-CCS genom ett tillägg till myndighetens instruktion. Detta innebär att myndigheten ska samordna arbetet vid berörda myndigheter i CCS-frågor och görs ansvarig för CCS-frågor som inte faller inom någon annan myndighets ansvarsområde. Samordningsansvaret innebär inte att Energimyndigheten tar över något ansvarsområde från annan myndighet eller överordnas annan myndighet.
- Energimyndighetens instruktion bör ändras så att myndigheten får i uppgift att arbeta för att skapa förutsättningar för en väl planerad, resurseffektiv och miljömässigt hållbar utbyggnad av CCS inklusive bio-CCS i Sverige. Myndigheten bör också få i uppgift att bistå aktörer inom CCS eller bio-CCS med information och vägledning om t.ex. legala frågor och stöd som kan sökas nationellt eller från EU.
- Regeringen bör ge Energimyndigheten i uppgift att inrätta ett nationellt centrum för CCS inklusive bio-CCS, som en del av myndigheten. Det nationella centrumet bör ha till uppgift att främja en ändamålsenlig tillämpning av CCS inklusive bio-CCS i Sverige, bygga nätverk för ökat kunskapsutbyte, tillhandahålla en plattform för dialog och samarbete mellan myndigheter, aktörer och intressenter, möjliggöra ett koordinerat agerande från aktörernas sida och bidra till ökad förståelse av

CCS inklusive bio-CCS i samhället. Centrumet bedöms innebära tillkommande arbetsuppgifter motsvarande två årsarbetskrafter.

- Det nationella centrumet för CCS inklusive bio-CCS bör få i uppgift att främja att intresserade verksamhetsutövare utför platsspecifika studier av förutsättningarna för bio-CCS. Studierna bör exempelvis kunna ge besked om ungefärlig kostnad för avskiljning av olika volymer koldioxid, om vilka möjliga transportlösningar som finns och vad de kan kosta. Studierna bör kunna finansieras av investeringsstödet för minusutsläpp så länge det finns kvar. Stödet bör kunna sökas av och utbetalas till verksamhetsutövaren.

Utredningens bedömning

Bio-CCS kan bli en kostnadseffektiv åtgärd

- Dagens styrmedelsmix på klimatområdet innebär att åtgärder med såväl högre som lägre kostnader än bio-CCS genomförs i Sverige. Någon enhetlig marginalkostnadsnivå finns inte. Vissa klimatåtgärder inom transportsektorn, inom den s.k. reduktionsplikten, bedöms 2030 kosta i storleksordningen dubbelt så mycket som bio-CCS. Utredningen bedömer att bio-CCS har goda förutsättningar att bli en kostnadseffektiv åtgärd för att nå det långsiktiga klimatmålet om nettonollutsläpp senast 2045.

Förutsägbarhet skapar förutsättningar för bio-CCS att utvecklas

- Styrningen för att utveckla kapitalintensiva och komplexa värdekedjor som bio-CCS behöver vara uthållig, förutsägbar och långsiktig. Utredningen bedömer att politisk enighet om att bio-CCS är en långsiktig prioritering inom svensk klimat- och industripolitik skulle bidra till att skapa förutsättningar för bio-CCS att utvecklas i Sverige. Frånvaro av politisk enighet kan i stället innebära att ingen aktör vågar investera i bio-CCS, eftersom risken för tvära kast i styrning och ekonomiska förutsättningar upplevs som för stor.

Skäl för utredningens förslag och bedömning

Utredningen bedömer att avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung (bio-CCS) har goda förutsättningar att bli en kostnadseffektiv åtgärd för att nå det långsiktiga klimatmålet om nettonollutsläpp senast 2045. Redan i dag uppskattas kostnaden för bio-CCS vara i samma storleksordning som t.ex. normalnivån på den svenska koldioxidskatten eller ett stort antal stödbeviljade åtgärder inom ramen för det s.k. Klimatklivet. Vissa klimatåtgärder inom transportsektorn, inom den s.k. reduktionsplikten, bedöms 2030 komma att bli i storleksordningen dubbelt så dyra som bio-CCS, utifrån de antaganden som görs i dag om framtida läreffekter och bränslepriser.

Åtgärder som medför att upptaget av koldioxid ur atmosfären ökar kan betraktas som en kollektiv nyttighet, dvs. som en positiv extern effekt i motsats till koldioxidutsläpp från förbränning av fossila bränslen och andra utsläpp av växthusgaser som utgör negativa externa effekter. Bio-CCS innebär ett sådant nettoupptag av koldioxid ur atmosfären. Bio-CCS innebär en nytta som kan tillskrivas ett värde för samhället i stort men det är ingen nytta specifikt för verksamhetsutövaren som tillämpar bio-CCS.

Det saknas i dag såväl nationella som EU-gemensamma ekonomiska incitament för fullskalig bio-CCS. Bio-CCS kommer inte att realiseras i frånvaron av ekonomiska incitament för marknadens aktörer. Dagens regelverk skapar därmed inte förutsättningar för bio-CCS att bidra till att klimatmålen uppfylls på ett kostnadseffektivt sätt.

En incitamentsstruktur behöver införas som främjar teknikutveckling och demonstrationsverksamhet samtidigt som den skapar långsiktiga ekonomiska förutsättningar för fullskaliga projekt inom bio-CCS. Styrningen för att utveckla komplicerade och kapitalintensiva värdekedjor som bio-CCS behöver vara uthållig, förutsägbar och långsiktig.

Eftersom ingen aktörsgrupp bedöms dra särskild nytta av bio-CCS är det svårt att identifiera ett avgränsat betalningskollektiv för finansiering av bio-CCS genom exempelvis avgiftssystem, kvotplikt eller certifikatshandel. Detta motiverar, i kombination med att nyttan med bio-CCS är kollektiv, allmän skattefinansiering. På motsvarande sätt som koldioxidutsläpp från förbränning av fossila bränslen är prissatta inom ramen för den övergripande klimatpolitiken, bör

den som genomför en åtgärd som bidrar till ett ökat upptag kunna ersättas för detta.

Utredningen har jämfört för- och nackdelar med olika styrmedel som finansierar fullskalig bio-CCS genom bidrag från det allmänna. Två huvudalternativ har utkristalliserats – dels omvänd auktionering där nivån på ersättningen bestäms av lagda och antagna bud, dels en inmatningstariff, dvs. en ersättning på en förutbestämd nivå.

Det är mycket svårt för staten att veta vilka kostnader aktörer kommer ha för att åstadkomma negativa koldioxidutsläpp genom bio-CCS. Det är därför svårt för staten att sätta rätt ersättningsnivå i förväg. För låg nivå kan leda till att ingen aktör skulle investera i bio-CCS medan en för hög nivå skulle kunna innebära att kostnaden för staten blir oskäligt hög samtidigt som styrmedlet kan komma att bryta mot EU:s statsstödsregler. Omvänd auktionering bör göra det möjligt att komma runt detta problem, begränsa statens utgifter och minska risken för överkompensation, men ändå erbjuda tillräcklig kompensation för att investeringar i bio-CCS ska komma till stånd. Detta är det huvudsakliga skälet till varför omvänd auktionering är att föredra framför en inmatningstariff.

Båda styrmedlen har sina för- och nackdelar och kan rent generellt falla ut som det mest kostnadseffektiva valet beroende på i vilket sammanhang de avses tillämpas. Det faktum att olika aktörer förväntas ha kraftigt varierande kostnader för att genomföra bio-CCS och att omvänd auktionering med en differentierad ersättning kan rikta statliga medel till projekt med jämförelsevis låga kostnader talar för att styrmedlet kan vara mer kostnadseffektivt än en ersättning på en enhetlig förutbestämd nivå. Om otillräcklig konkurrens skulle råda vid de omvända auktionerna skulle det dock kunna medföra att aktörerna lämnar högre bud än vad som motiveras av verkliga kostnader, vilket motverkar styrmedlets kostnadseffektivitet.

Omvänd auktionering är även ett mer flexibelt styrmedel än en inmatningstariff. Styrmedlet kan utformas så att ersättning delvis kan ske i förskott till aktörer som vunnit kontrakt, vilket kan ses som en form av investeringsstöd som minskar risken för privata aktörer.

Båda styrmedlen bör gå att samordna med styrmedel på europeisk nivå, i syfte att begränsa statens utgifter. Det kan ha stor betydelse för att hålla nere statens utgifter.

Omvänd auktionering har sannolikt bättre förutsättningar att bidra till måluppfyllelse än en inmatningstariff. Målet är i detta fall

att åstadkomma en förutbestämd kvantitet lagrad biogen koldioxid genom bio-CCS. För att en inmatningstariff ska uppfylla ett kvantitativt mål måste nivån på ersättningen på förhand kunna bestämmas till den nivå som gör önskad kvantitet bio-CCS lönsam. Det är ytterst tveksamt om detta är möjligt i nuläget givet bristen på kunskap om olika aktörers kostnader. Omvänd auktionering ger staten kontroll över vilken kvantitet bio-CCS som upphandlas, även om projekt fortfarande kan misslyckas. Omvänd auktionering innebär en större förutsägbarhet för aktörerna under bindningstiden jämfört med en inmatningstariff som kan ändras genom politiska beslut.

En nackdel med omvända auktioner är att de bedöms medföra högre administrativa kostnader för såväl stat som de aktörer som genomför åtgärden jämfört med alternativet med system med i förväg bestämda ersättningsnivåer. De administrativa kostnaderna bedöms dock bli mycket små jämfört med kostnader för investeringar och drift av projekt.

Förslag till styrmedel

För att förverkliga de första fullskaliga projekten inom bio-CCS i Sverige bör regeringen ge Energimyndigheten i uppgift att anordna två eller eventuellt flera omvända auktioner av negativa koldioxidutsläpp som åstadkommit genom bio-CCS. Det som upphandlas är geologiskt lagrad biogen koldioxid. Den eller de aktörer som kan erbjuda negativa utsläpp till lägst pris vinner i normalfallet upphandlingen. Projekt som bedöms vara av särskilt stort intresse för samhället av t.ex. tekniskäl bör dock eventuellt kunna motivera begränsade avsteg från den huvudregeln. Vad som kan motivera avsteg från huvudregeln behöver vara känt på förhand av marknaden.

Ambitionen bör vara att i en första auktionsomgång upphandla i storleksordningen några hundra tusen ton till en miljon ton lagrad biogen koldioxid per år under bindningstiden. Erfarenheterna från den första auktionsomgången bör styra när i tiden det är lämpligt att genomföra en andra och eventuell tredje auktionsomgång.

Den totala mängden lagrad biogen koldioxid som upphandlas på detta sätt bör i ett första skede begränsas till maximalt 2 miljoner ton per år. När bio-CCS nått denna kvantitet och mognadsgrad i Sverige bör det undersökas om andra styrmedel, som kan vara administrativt

enklare eller som fördelar kostnaden annorlunda i samhället, bör fasas in och ersätta de omvända auktionerna. Kontrakt, eller beslut om stöd, som de omvända auktionerna resulterat i gäller naturligtvis bindningstiden ut. En mindre auktionsomfattning än den föreslagna volymen två miljoner ton koldioxid per år skulle försvåra och potentiellt också fördyra en större stegvis uppskalning av bio-CCS mot 2045.

Om omvänd auktionering bör tillämpas även på längre sikt och för lagringsvolymerna över 2 miljoner ton koldioxid per år beror utöver erfarenheterna från genomförda auktioner bl.a. på om något styrmedel beslutas på europeisk nivå, hur CCS utvecklas och sprids globalt och på hur den svenska klimatomställningen framskrider. Det är för tidigt att nu peka ut vad som skulle kunna vara ett främsta alternativ till omvänd auktionering på kanske tio års sikt, även om utredningen bedömer att det vore fördelaktigt om det då finns ett europeiskt styrmedel på plats.

En totalmängd på cirka 2 miljoner ton lagrad biogen koldioxid per år bedöms innebära 3–5 anläggningar men det är naturligtvis helt beroende av vilka anläggningar som vinner upphandlingarna och om dessa tillämpar partiell eller total koldioxidavskiljning.

De omvända auktionerna bör vara begränsade i termer av maximal totalkostnad och maximal kostnad per ton geologiskt lagrad koldioxid som upphandlas. Den sistnämnda begränsningen bör dock inte vara känd för budgivarna eftersom den skulle kunna påverka buden genom att verka som en referensnivå för budgivningen. Den närmare utformningen av de omvända auktionerna bör beslutas av Energimyndigheten.

För att minska risken för misslyckade projekt bör krav ställas på aktörer som deltar i de omvända auktionerna vad gäller grundläggande kvalifikationer som exempelvis erfarenhet och soliditet.

Bindningstiden bör vara relativt lång, 10–20 år, för att möjliggöra långsiktig planering för alla inblandade parter. För att minska kapitalkostnaden för projektägaren, och därmed även projektkostnaden, bör utbetalningar delvis kunna ske i förskott. Detta kan ses som en form av investeringsstöd.

De omvända auktionerna resulterar i garantipriser för lagrad biogen koldioxid för de aktörer som vinner auktionerna. Den ersättning som utbetalas bör vara mellanskillnaden mellan överenskommet garantipris och värdet av eventuella EU- och nationella stöd för att främja bio-CCS som en aktör erhåller. Detta håller nere statens

utgifter och minskar risken för överkompensation. Ett exempel på ett nationellt stöd som på detta sätt kan komma att avräknas från det överenskomna priset från den omvända auktionen är stöd som erhållits för investering genom Investeringsstödet för minusutsläpp.

Ett sådant kontrakt på mellanskillnaden fungerar i praktiken som ett prisgolv för en aktör att engagera sig på en marknad för lagring av biogen koldioxid, men däremot inte som ett pristak. Det finns möjlighet att tjäna mer än det överenskomna priset från den omvända auktionen, vilket skulle kunna främja att säljare lägger lägre anbud än vad som annars skulle vara rationellt. För att minska de administrativa kostnaderna kan ett kontrakt på mellanskillnaden regleras så att det löper över en viss tidsperiod men med specifika avslut, exempelvis varje kalenderår.

Svenska bio-CCS-projekt som initieras de närmaste åren bör ha goda chanser att ta del av stöd från EU:s innovationsfond. För att få medel utbetalda från staten bör det ställas krav på att projektägaren ansökt om stöd från exempelvis EU:s innovationsfond, givet att projektet i fråga uppfyller fondens ska-krav. Samma krav kan tillämpas även vad gäller andra relevanta EU-stöd. Innovationsfonden kan täcka upp till 60 procent av kostnaden för kapital och drift och erbjuder därför en potentiell källa till stor kostnadsreducering för svenska staten. I enlighet med vad som föreslagits ovan bör svenska staten endast betala ut skillnaden mellan det överenskomna priset från den omvända auktionen och eventuellt stöd som erhålls från EU.

Offentliga upphandlingar kan utgöra statligt stöd. Utredningens förslag om omvända auktioner för upphandling av lagrad biogen koldioxid kan tillämpas oavsett om auktionerna anses innebära statligt stöd eller ej. Om de omvända auktionerna anses utgöra statligt stöd och inte faller under något gruppundantag (se kapitel 12) krävs ett förhandsgodkännande av Europeiska kommissionen. I Sverige är det endast regeringen som via Näringsdepartementets enhet för marknad och konkurrens (N MK) kan anmäla stöd till kommissionen för godkännande eller meddela att man tillämpar ett gruppundantag. Samma enhet kommer att behöva avgöra om de omvända auktionerna ska klassas som statsstöd eller inte.

Sverige bör fortsätta satsningen på teknikutveckling och demonstration av bio-CCS, inklusive platsspecifika förstudier. För att stödja teknikutveckling och demonstration inom bio-CCS bör det befintliga Investeringsstödet för minusutsläpp finnas kvar. Riktat

stöd för teknikutveckling och demonstration inom bio-CCS behöver sannolikt finnas kvar i någon form fram till åtminstone 2030, även om insatserna som är i behov av stöd kan komma att ändra karaktär fram tills dess. Anslaget framtida storlek bör bestämmas med hänsyn till erfarenheterna från genomförda utlysningar och insatser.

Verka för styrmedel för att främja bio-CCS på EU-nivå

EU bör utveckla ett gemensamt styrmedel för att långsiktigt främja negativa utsläpp av växthusgaser inklusive bio-CCS. Det finns flera tänkbara alternativa styrmedel på EU-nivå för att åstadkomma detta. EU kan exempelvis välja att centralt handla upp negativa utsläpp, erbjuda en inmatningstariff, inkludera negativa utsläpp i ansvarsfördelningsförordningen, fördela ett ansvar för att åstadkomma negativa växthusgasutsläpp mellan medlemsstaterna eller ändra reglerna för utsläppshandelssystemet så att negativa utsläpp premieras där.

Det är tekniskt svårt att ändra ansvarsfördelningsförordningen eller utsläppshandelssystemet, som hanterar utsläpp, så att de på ett tillfredsställande sätt även kan hantera negativa utsläpp. Antalet följdändringar som krävs i rättsakterna blir stort för att undvika oönskade konsekvenser, t.ex. minskat omställningstryck bort från fossila bränslen och insatsvaror. Att förändra nämnda rättsakter är sannolikt även politiskt besvärligt eftersom flera medlemsstater och kommissionen uttryckt att de i nuläget är motvilliga att omförhandla dessa.

Ett separat styrmedel för att främja permanenta negativa växthusgasutsläpp skulle kunna erbjuda en enklare väg framåt. Ett sådant styrmedel skulle skapa möjlighet för EU att överprestera på sitt åtagande under Parisavtalet utan att omförhandla ansvarsfördelningsförordningen eller handelsdirektivet.

Vilken väg EU kan komma att välja, och när, är svårt att sia om i dagsläget eftersom det för närvarande inte pågår någon egentlig diskussion om frågorna i Bryssel. Sverige behöver därför vara lyhört gentemot andra medlemsstater och kommissionen samt agera pragmatiskt och strategiskt utifrån svenska intressen i frågan.

Utredningen bedömer att ett separat styrmedel för permanenta negativa utsläpp, inklusive bio-CCS, med EU-gemensam finansiering sannolikt har större chans att komma till stånd i närtid än revi-

deringar av EU:s huvudsakliga klimatstyrmedel. Ett separat styrmedel för negativa utsläpp med EU-gemensam finansiering kan vara exempelvis en lösning liknande en expanderad och vidareutvecklad innovationsfond, en inmatningstariff eller omvänd auktionering.

Det uppenbara alternativet till ett separat EU-styrmedel är att förändra utsläppshandelssystemet så att bio-CCS premieras genom att det tillåts ge upphov till utsläppskrediter som kan användas inom handelssystemet. Detta bör då genomföras på ett sätt som inte minskar omställningstrycket inom utsläppshandelssystemet. Den totala mängden utsläppsrätter inom ramen för utsläppshandelssystemet behöver därför justeras så att den inte ökar när utsläppskrediter från bio-CCS tillförs systemet. Detta kan exempelvis åstadkommas genom att minska antalet utsläppsrätter som auktioneras ut med det antal utsläppskrediter som tillförts systemet. En sådan mekanism upphör dock att fungera när taket i utsläppshandelssystemet når noll.

Ett annat alternativ för att upprätthålla omställningstrycket inom utsläppshandelssystemet är att kombinera kreditering av bio-CCS med en sänkning av taket i systemet genom att höja den s.k. linjära reduktionsfaktorn. En höjd linjär reduktionsfaktor innebär att mängden utsläppsrätter som utfärdas minskar mer från år till år än vad som annars skulle varit fallet.

I dagsläget är priset på utsläppsrätter för lågt för att bio-CCS ska vara konkurrenskraftigt inom ramen för utsläppshandelssystemet. På längre sikt, i takt med att marginalkostnaden för utsläppsminskningar inom utsläppshandelssystemet ökar, har bio-CCS dock potential att vara en konkurrenskraftig åtgärd.

Undersök om risken kan minskas för en försämrad effektbalans till följd av turbinbyten

Nuvarande regler för beskattning av el innebär att det ofta är fördelaktigt att använda ånga i stället för el för avskiljning av koldioxid. Detta kan leda till att anläggningar med egen elproduktion som väljer att tillämpa CCS inklusive bio-CCS byter till ångturbiner med lägre maximal eleffekt än i dag och använder ånga till avskiljningen. Utöver att öka projektkostnaden kan ett turbinbyte leda till försämrad effektbalans under kalla vinterdagar eftersom en mindre mängd el kan levereras till nätet de timmar när elbehovet är som allra störst. Om egenproducerad el används för avskiljning och inget turbinbyte

genomförs finns möjligheten att kalla vinterdagar svara upp mot ett extra elbehov i samhället genom att tillfälligt inte köra avskiljningsanläggningen utan maximera leveransen av el till nätet. Det bör därför undersökas om det är möjligt och lämpligt att skattebefria egenproducerad el som används för avskiljning av koldioxid, eller att vidta en annan åtgärd i syfte att minska risken för en försämrad effektbalans till följd av turbinbyten.

Förtydliga och utveckla ansvarsfördelningen inom staten

Utredningen föreslår en rad åtgärder för att öka tydligheten i kontaktytan mellan myndigheter och intresserade aktörer, förbättra vägledningen till aktörer, bidra till utvidgade nätverk, uppnå samordningsvinster, utveckla och sprida kunskap, samt öka förståelsen för bio-CCS i Sverige. För att nå dessa mål bör Energimyndigheten göras samordningsansvarig för frågor som gäller CCS inklusive bio-CCS genom att det skrivs in i myndighetens instruktion. Detta innebär att myndigheten ska samordna arbetet vid berörda myndigheter i CCS-frågor och göras ansvarig för CCS-frågor som inte faller inom någon annan myndighets ansvarsområde. Samordningsansvaret innebär inte att Energimyndigheten tar över något ansvarsområde från annan myndighet eller överordnas annan myndighet.

Det bör vidare anges i Energimyndighetens instruktion att myndigheten får i uppgift att arbeta för att skapa förutsättningar för en väl planerad, resurseffektiv och miljömässigt hållbar utbyggnad av CCS inklusive bio-CCS i Sverige. Myndigheten bör som del av det arbetet få i uppgift att bistå aktörer inom CCS inklusive bio-CCS med information och vägledning. Exempel på områden där Energimyndigheten bör kunna vara behjälplig är vilka stöd som finns att söka nationellt och inom EU inklusive hur stöd söks från innovationsfonden, juridiska frågor, tillgång till kompetensnätverk och även i viss mån tekniska frågor.

Regeringen bör också ge Energimyndigheten i uppgift att inrätta ett nationellt centrum för CCS inklusive bio-CCS. Centrumet bör vara en del av Energimyndigheten. Det nationella centrumet för CCS inklusive bio-CCS bör ha till uppgift att främja en ändamålsenlig tillämpning av CCS inklusive bio-CCS i Sverige, bygga nätverk för ökat kunskapsutbyte, tillhandahålla en plattform för dialog och

samarbete mellan regering, myndigheter, aktörer och intressenter, möjliggöra ett koordinerat agerande från aktörernas sida samt bidra till ökad förståelse i samhället av CCS inklusive bio-CCS.

Det nationella centrumet för CCS inklusive bio-CCS skulle till viss del utföra arbetsuppgifter som myndigheten redan utför. Centrumet bedöms ändå medföra tillkommande arbetsuppgifter för myndigheten motsvarande två årsarbetskrafter. Energimyndigheten bör ges möjlighet att använda en mindre del av anslaget för investeringsstödet för minusutsläpp till centrumets verksamhet vad gäller bio-CCS, t.ex. för att kunna anlita konsulter i måttlig omfattning och underlätta möten mellan aktörer samt mellan aktörer och myndigheter.

Det nationella centrumet för CCS inklusive bio-CCS bör få i uppgift att främja att intresserade verksamhetsutövare utför plats-specifika studier av förutsättningarna för bio-CCS. Studierna bör exempelvis kunna ge besked om ungefärlig kostnad för avskiljning av olika volymer koldioxid samt om vilka möjliga transportlösningar som finns och vad de kan kosta. Studierna bör kunna finansieras av investeringsstödet för minusutsläpp. Stödet bör kunna sökas av och utbetalas till verksamhetsutövaren.

Det nationella centrumet för CCS inklusive bio-CCS bör kunna hjälpa aktörer att koordinera sina koldioxidtransporter för att om möjligt sänka transportkostnaderna genom att tillhandahålla en plattform för dialog. Centrumet bör vidare kunna koordinera och vara ett stöd för aktörer vid kontakter med annan nations stat vid eventuell koldioxidlagring utanför Sverige.

10.1 Incitamentsstruktur för bio-CCS i dag

Den svenska klimatpolitiken är och har länge varit inriktad på att minska utsläppen av växthusgaser inklusive fossil koldioxid. En viktig komponent i klimatpolitiken är att främja användning av förnybar energi, inklusive biomassa, på bekostnad av fossila bränslen. Detta kan exemplifieras med att biobränslen är undantagna från koldioxidbeskattning, att elcertifikatsystemet tvingar fram en succesivt ökande andel förnybar elproduktion, att deponiavgifter och deponiförbud uppmuntrar till alternativ användning av biomassa, och att en viss

andel drivmedel inom transportsektorn måste vara av förnybart ursprung enligt den s.k. reduktionsplikten.

Genom att användning av biomassa gynnats har den biobaserade delen av ekonomin expanderat, vilket bidragit till att det i dag finns ett stort antal betydande punktutsläppskällor av biogen koldioxid inom exempelvis pappers- och massaindustri samt kraftvärmeproduktion. Den förda klimatpolitiken har således skapat en potential för bio-CCS i Sverige. Det finns däremot ingen utvecklad nationell svensk politik för att direkt och långsiktigt gynna att bio-CCS tillämpas vid dessa utsläppskällor.

När CCS tillämpas på fossila koldioxidutsläpp inom ramen för EU:s utsläppshandelssystem behöver inga utsläppsrätter överlämnas för lagrad koldioxid. Det skapar ett incitament för anläggningar med fossila utsläpp som omfattas av utsläppshandelssystemet att investera i CCS. Biogena koldioxidutsläpp räknas dock som noll inom ramen för utsläppshandelssystemet och därför uppkommer inte samma incitament för anläggningar med biogena koldioxidutsläpp. Det finns inte heller någon mekanism för kreditering av bio-CCS eller kvittning mot fossila utsläpp inom ramen för utsläppshandelssystemet.

Stöd för forskning finns att söka inom EU. Innovationsfonden kan ge stöd för delar av investeringskostnader och drift under en tioårsperiod. Efter denna tidsperiod kan dock inget stöd för driftskostnader utbetalas från EU i nuläget. Innovationsfonden är främst inriktad mot demonstrationsanläggningar, inte mot fullskalig kommersiell CCS/bio-CCS. Således saknas även på EU-nivå en politik för att långsiktigt gynna tillämpningen av bio-CCS. Situationen försvåras ytterligare av att EU:s system för bokföring av växthusgasutsläpp inte är riggat för att hantera bio-CCS, vilket innebär att inte heller Sverige som nation i nuläget kan tillgodoräkna sig de negativa koldioxidutsläpp som bio-CCS kan komma att ge upphov till.

Att biogena utsläpp av koldioxid är undantagna från koldioxidskatt och plikt att täckas av utsläppsrätter inom ramen för utsläppshandelssystemet ger incitament för användning av biobränslen framför fossila bränslen, men det innebär samtidigt att incitament inte ges för bio-CCS, eftersom det inte innebär någon merkostnad att släppa ut biogen koldioxid.

10.1.1 Negativa respektive positiva externa effekter

Dagens svenska och europeiska klimatpolitik bygger till stor del på att internalisera kostnaden för negativa externa effekter av fossila koldioxidutsläpp i priset för produktion. Den svenska koldioxid-skatten och EU:s utsläppshandelssystem är exempel på detta. Att tillämpa samma tillvägagångssätt för att skapa incitament för bio-CCS, vars externa effekt är positiv (klimatnyttig) snarare än negativ (klimatskadlig), vore kontraproduktivt.

Tekniker som åstadkommer negativa utsläpp behöver i stället uppmuntras genom att positiva externa effekter internaliseras i priset för produktion. Enligt denna princip skulle incitament åstadkommas för bio-CCS genom att tillgångar (certifikat, utsläppsrätter, subvention eller dylikt) skapas som ersättning för den kollektiva nyttan att koldioxid tas bort från atmosfären.

Nyttan av bio-CCS är kollektiv samtidigt som kostnaden för leverans, med dagens politik, är privat. Det innebär att verksamhetsutövare med stora punktutsläpp av biogen koldioxid har svårt att bygga affärsmodeller där kostnaden för bio-CCS kan täckas av en motsvarande betalningsvilja hos konsumenterna. Hänsyn behöver tas till dessa aspekter när styrningen utformas.

10.2 Fördjupad bakgrund till skälen för utredningens förslag och bedömningar

10.2.1 Typer av styrmedel, styrmedelsutvärdering och teknisk mognadsgrad

Med styrmedel för att skapa incitament för bio-CCS menas i detta betänkande styrmedel som specifikt gynnar avskiljning, transport och geologisk lagring av biogen koldioxid, eller någon av dessa komponenter. Styrmedel som gynnar produktion och användning av biomassa inkluderas inte i begreppet. Anledningen är att det redan finns en utstakad politik för att främja användningen av biobränslen på bekostnad av fossila bränslen och att en sådan politik förväntas bestå, och därmed förväntas även förekomsten av stora punktutsläppskällor av biogen koldioxid att bestå (se vidare om stora punktutsläppskällor i dag och i framtiden i kapitel 9).

För att bio-CCS ska ge upphov till negativa utsläpp av koldioxid krävs att biomassan som används är hållbart producerad. Det finns sedan länge både politik och styrmedel utvecklade för att se till att svensk biomassa är hållbart producerad, även om frågan är kontroversiell. Därför föreslår inte utredningen styrmedel på det området. Det skulle också vara att gå utanför utredningens uppdrag.

Det finns inte så mycket forskning om styrmedel för att skapa incitament för bio-CCS. Av den anledningen kontrakterade utredningen IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL) och Linköpings universitet/Stockholm Environment Institute (SEI) för att dessa i två av varandra oberoende studier skulle analysera hur styrmedel kan konstrueras för att skapa incitament för bio-CCS och vilka konsekvenserna av olika styrmedel skulle bli. Studien från Linköpings universitet/SEI har fokus på kvalitativ analys och kartläggning av olika styrmedelsalternativ medan studien från IVL kvantifierar olika parametrar kopplade till ett antal tänkbara styrmedel för att främja bio-CCS.

Avsnittet om styrmedel är i första hand baserat på studien från Linköpings universitet/SEI av Mathias Fridahl¹.

Kriterier för utvärdering av styrmedel

I rent analytiska syften kan styrmedel kategoriseras i tre huvudtyper: regleringar, ekonomiska styrmedel och informativa instrument. Regulatoriska styrmedel fungerar ofta som piskor, exempelvis genom utsläppstak kombinerat med böter, minimikrav på energieffektivitet eller förbud. Ekonomiska styrmedel ger incitament till ett önskat beteende genom att skapa tillgångar eller belägga vissa aktiviteter med en kostnad, exempelvis skatter, system för handel med utsläppsrätter och subventioner. Informativa instrument är designade för att skapa kunskap, visioner och kapacitet som styr agerande i önskvärd riktning, exempelvis utbildning, rådgivning, produktmärkning eller nätverksbyggande. I praktiken samverkar de olika styrmedelstyperna ofta över kategorigränserna.

¹ Fridahl (2019).

Inom miljöekonomi lyfts tre övergripande kriterier för utvärdering av styrmedel fram: effekt på måluppfyllelse, effektivitet och genomförbarhet.

Det första begreppet, effekt (eller verkningsfullhet), kan förstås som ett styrmedels förmåga att uppfylla ett särskilt mål. I det här fallet är målet att åstadkomma negativa utsläpp av koldioxid genom bio-CCS.

Effektivitet förstås ofta som i vilken grad måluppfyllelse nås till största möjliga nytta och lägsta möjliga kostnad. Begreppet effektivitet relaterar därför tydligt till måluppfyllelse; om effektiviteten är hög ökar chanserna till måluppfyllelse. Ett styrmedel med väldigt hög grad av måluppfyllelse kan dock vara kostnadsineffektivt, exempelvis ett förbud som skapar stora merkostnader för att leverera en nytta.

Större variation i marginalkostnader för olika aktörers åtgärder ger normalt sett större utrymme för kostnadseffektivisering genom ekonomiska styrmedel. Tekniskspecifika styrmedel kan därför begränsa utrymmet för kostnadseffektiv styrning jämfört med ett bredare teknikneutralt fokus. Det senare kan öka utbudet av möjliga åtgärder och därmed också variationen i marginalkostnaden. Det kan dock finnas goda skäl för tekniskspecifik styrning, se bl.a. avsnitt 10.3 nedan och avsnittet om utveckling mot teknikneutral styrning i strategin.

Utvärderingar av kostnadseffektivitet påverkas också av geografiska systemgränser. Vid produktion av en relativt homogen produkt, exempelvis papper, som är utsatt för hög internationell konkurrens är risken för koldioxidläckage betydande, dvs. att produktionskapacitet förläggs till områden med lägre produktionskostnad till följd av mindre stringent klimatpolitik. Ett styrmedel med god effekt på måluppfyllelse inom exempelvis Sverige kan alltså samtidigt ha dålig effekt på måluppfyllelse, under vissa omständigheter rent av negativ effekt, i ett globalt perspektiv.

Utvärderingar av kostnadseffektiviteten innebär också att hänsyn behöver tas till storleken på de transaktionskostnader som följer på införandet av ett nytt styrmedel. Om det exempelvis är lätt att uppfylla och administrera informationskrav och hantera ekonomi kan transaktionskostnaderna hållas nere. Därmed ökar kostnadseffektiviteten.

Även om ett styrmedel har hög teoretisk potential till måluppfyllelse och bedöms som kostnadseffektivt kan det misslyckas i praktiken, dvs. i genomförandefasen. Ett exempel är tidsdifferentierade, elektroniska väggtullar som ofta anses både kunna uppfylla mål och vara kostnadseffektiva för att minska köbildning, olyckor, utsläpp, slitage och buller. Diskussioner om trängselavgifter leder dock ofta till protester som inte sällan bidrar till att de inte införs alternativt upphävs.

Utvärdering av ett styrmedels genomförbarhet inkluderar juridiska, sociala, politiska och tekniska dimensioner. Det innebär att hänsyn tas till samhällelig acceptans för ett styrmedel, hur väl ett nytt styrmedel passar in i den redan existerande klimatpolitiska styrmedelssammansättningen och hur stort utbudet av tekniska lösningar är i relation till efterfrågan.

Den sista av de uppräknade dimensionerna av genomförbarhet, den tekniska dimensionen, kräver att hänsyn tas till olika behov av styrning i olika faser av teknisk mognadsgrad.

10.3 Styrmedelsalternativ för att främja bio-CCS

För att introducera och sprida bio-CCS i Sverige är teknikspecifika styrmedel för negativa utsläpp sannolikt bättre lämpade än teknikneutrala. En huvudanledning till detta är att bio-CCS fortfarande bär relativt höga kostnader jämfört med alternativa sätt att åstadkomma negativa utsläpp av växthusgaser, framför allt inom LULUCF-sektorn.

Att det går att generera negativa utsläpp till lägre kostnader kan naturligtvis vara ett argument för att snarare utforma en mer teknikneutral styrning i syfte att öka kostnadseffektiviteten. Dock är den realiserbara potentialen för de alternativa och billigare angreppssätten begränsad (se exempelvis konsekvensanalysen i kapitel 20). För att uppnå större volymer negativa utsläpp av växthusgaser kan bio-CCS därför vara en stor tillgång, vilket utgör ett argument för teknikspecifik styrning. Dessutom syftar bio-CCS till permanent lagring av koldioxid. Inom LULUCF-sektorn är inlagringen generellt reversibel, vilket ytterligare kan motivera teknikspecifika satsningar på bio-CCS.

Nedan listas ett antal potentiella styrmedel och åtgärder för att introducera och sprida bio-CCS i Sverige. Utredningen förordar att subventionering av forskning och utveckling (FoU) samt demonstration och omvänd auktionering genomförs. Parallellt bör Sverige verka för att ett styrmedel som främjar fullskalig bio-CCS kommer på plats på europeisk nivå. Regeringen bör dessutom se över om det går att minska risken för att turbinbyten genomförs som leder till en försämrad effektbalans.

10.3.1 Subventionering av FoU samt demonstration

Offentligt finansierad FoU är ofta av extra stor betydelse om nyttan är kollektiv, vilket är fallet för bio-CCS. Utan efterfrågan med tillräckligt hög betalningsvilja kan riskerna för privata aktörer att engagera sig i FoU och demonstration vara för höga och nyttorna för låga.

Inom ramen för existerande statsstödsregler finns stora möjligheter för statlig finansiering av FoU, demonstration samt för att erbjuda investeringsstöd för bio-CCS. Europeiska kommissionen har identifierat ett antal miljö- och energiåtgärder där statligt stöd på vissa villkor kan anses vara förenligt med den inre marknaden, inklusive statligt stöd för merkostnader av CCS i industriella processer eller kraft- och värmeproduktion som använder biomassa.² Statlig medfinansiering av merkostnader relaterade till bio-CCS är alltså förenligt med EU-rätten (se även kapitel 12).

Även om statlig finansiering av FoU och demonstration har störst betydelse i tidiga faser av teknikutveckling, när många frågeställningar fortfarande är öppna och investeringsriskerna relativt höga, är det fortfarande av betydelse när en teknik börjat få spridning. Den större skalan innebär ofta att nya problem uppdagas som behöver hanteras genom just FoU.

En viktig gren inom tillämpad forskning är demonstrationsprojekt. Demonstrationsprojekt utgör en brygga mellan grundforskning och tillämpad forskning liksom mellan industriell tillämpning och kommersialisering. Från statligt håll bör vikt läggas vid att i första

² Meddelande från Kommissionen: Riktlinjer för statligt stöd till miljöskydd och energi för 2014–2020 (2014/C 200/01); Kommissionens förordning (EU) nr 651/2014 av den 17 juni 2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget.

hand förstå demonstrationsprojekt som lärprocesser, eller annorlunda uttryckt, processer för att minska risker. En viktig komponent i statlig finansiering av demonstrationsprojekt är att maximera lärande. Lärande av demonstrationsprojekt kan stärkas genom satsningar på nätverksbyggande och kunskapscentrum (se avsnitt 10.5 nedan).

Demonstrationsprojekt kan se väldigt olika ut. I ena änden av spektrumet, närmre nischhantering och grundforskning, finns labbskaleprojekt som primärt syftar till att öka kunskapen om tekniska risker. Denna typ av demonstration finansieras ofta genom existerande kanaler för forskningsfinansiering. I andra ändan av spektrumet, närmre kommersiell produktion, finns projekt som primärt syftar till att öka kunskapen om företagsmodeller, inklusive interaktion med kringliggande infrastruktur, politik, juridik samt betalningsvilja och marknadspotential, i en produkts hela värdekedja. Däremellan finns projekt som syftar till att öka kunskapen om tekniska och ekonomiska risker vid fullskaligt genomförande. Behovet av nya stödfunktioner, som går utöver befintliga system för finansiering av grundforskning och tillämpad forskning, är som störst vid storskalig demonstration.

Det finns också möjlighet att utveckla en nationell forskningsstrategi för bio-CCS, eventuellt som en del av en bredare forskningsstrategi för CCS.

Det befintliga investeringsstödet för minusutsläpp syftar till att stödja avskiljning, transport och geologisk lagring av koldioxid av biogent ursprung eller som tagits ut ur atmosfären. Stöd medges för forskning, utveckling, test, demonstration och investeringar och uppgår till 100 miljoner kronor för 2019. Utredningen bedömer att investeringsstödet är av stor betydelse för utvecklingen av bio-CCS i Sverige.

10.3.2 Omvänd auktionering (långsiktigt garanterad efterfrågan)

Omvänd auktionering innebär att en förutbestämd fast efterfrågan skapas till ett variabelt pris. Den eller de aktörer som erbjuder att leverera en viss volym till lägst pris vinner i normalfallet upphandlingen. Omvänd auktionering har internationellt sett vunnit mark under senare tid på bekostnad av inmatningstariffer med fast pris, exempelvis vid upphandling av förnybar el.

Till skillnad från traditionella anbudsförfaranden vid upphandling baseras omvänd auktionering ibland på dynamisk prissättning, dvs. att anbudsgivarna kan justera sina bud i öppen och transparent konkurrens med varandra under en förutbestämd tidsperiod. Omvända auktioneringar med dolda anbud, liksom utan dynamisk prispress, förekommer emellertid också.

Även om omvänd auktionering i normalfallet begränsas av en specifik efterfrågan skulle en upphandling av lagrad biogen koldioxid också kunna begränsas av exempelvis tillgängligt kapital. Att begränsa upphandlingen till en förutbestämd totalkostnad minimerar risken för skenande kostnader men med fortsatt risk för att kostnaden per levererad enhet blir hög. Att begränsa upphandlingen till en förutbestämd volym, vilket är vanligt för omvända auktioneringar, riskerar i stället att leda till skenande kostnader men med större precision i måluppfyllelse.

De historiska erfarenheterna från bl.a. Storbritannien, Indien, Brasilien, Mexiko och Sydafrika visar att omvänd auktionering varit effektivt för att attrahera leverantörer av förnybar elproduktion och minska kostnader över tid. En del oseriösa aktörer har dock främjats, vilket lett till problem med nedlagda projekt eller projekt av dålig kvalitet. Även om kostnadseffektiviteten varit hög har det därför i vissa fall uppstått problem med måluppfyllelse. Denna typ av problem kan delvis hanteras genom att, förutom krav på lägsta pris, också ställa krav på grundläggande kvalifikationer, exempelvis hög soliditet och relevant erfarenhet.

Olika modeller för omvänd auktionering existerar alltså, med olika för- och nackdelar. Några av de överväganden som kan behöva göras vid utformningen av omvända auktioner beskrivs nedan.

En köpare, flera säljare och administrativ börda

Omvända auktioner förknippas ofta med en relativt hög administrativ börda. Det är därför vanligt att de främst används vid teknikintroduktion, dvs. för att få till stånd de första fullskaliga anläggningarna, för att i begränsad omfattning öka konkurrenskraften för viss teknik på en redan mogen marknad. När det gäller svensk bio-CCS är antalet aktörer som har potential att kunna engagera sig i omvända auktioner litet. Därmed är risken för en omfattande admi-

nistration relativt låg även om styrmedlet skulle användas för en senare marknadsexpansion. Omvänd auktionering skulle därför eventuellt kunna användas både vid teknikintroduktion och vid expansion.

Det begränsade antalet aktörer kan också motivera att omvänd auktionering, på sikt, ersätts av alternativ för att skapa långsiktig efterfrågan. Vanliga auktioner bygger på att en säljare bjuder ut en produkt till högstbjudande bland flera köpare. Omvända auktioner bygger på motsatsförhållandet, dvs. att flera säljare erbjuder sina produkter till lägstpris, till en köpare. Kostnadseffektiviteten i omvända auktioner främjas av att ett tillräckligt stort antal potentiella säljare engagerar sig i auktionerna. Det finns en risk att antalet säljare, i framtida auktioner, begränsas genom upplåsning i kontrakt från tidigare auktionsrundor. Medvetenhet om detta bör tas i beaktande vid planering av när olika auktionsrundor ska genomföras.

Det finns också anledning att avvakta med en första auktion till dess att tillräckligt många aktörer visat intresse för bio-CCS. Intresse kan bl.a. byggas genom stöd till FoU, investeringsstöd och kunskapsfrämjande insatser (se avsnitt 10.3.1 ovan och 10.5 nedan). Direkta legala hinder bör också vara undanröjda för att omvända auktioner ska vara meningsfulla. Risken är annars stor att ingen eller väldigt få anbudsgivare vågar engagera sig i en auktion.

För att minimera risker förknippade med få säljare, t.ex. artificiellt höga priser, kan dolda takpriser tillämpas.

Kontrakt på mellanskillnad

En viktig skillnad mellan omvänd auktionering för lagrad biogen koldioxid respektive för förnybar el är att det sistnämnda bär betydligt högre kapitalkostnader i förhållande till driftskostnader. Om upphandlingen av el, med ett kontrakterat garantipris i exempelvis 5 till 15 år, kan täcka merparten av kapitalkostnaden kan produktionen fortsätta med vinst även vid kontraktets slut. För bio-CCS är i stället driftskostnaden högre än kapitalkostnaden i normalfallet. Därför behöver kontrakten antingen löpa över längre tidsperioder eller kombineras med styrmedel som, åtminstone på lite sikt, skapar en marknad för bio-CCS.

Om upphandlingen kombineras med styrmedel som skapar en marknad för lagrad biogen koldioxid, exempelvis en reglerad kvotplikt kombinerad med certifikatshandel (se avsnitt 10.3.5 nedan), kan ersättningen konstrueras som ett kontrakt på skillnaden mellan pris på certifikat för negativa utsläpp och det upphandlade garantipriset. Detsamma gäller vid finansiering exempelvis från EU:s Innovationsfond eller andra tillgängliga investerings- och driftsstöd. För att minska de administrativa kostnaderna kan ett kontrakt på mellanskillnaden regleras så att det löper över en viss tidsperiod men med specifika avslut, exempelvis kalenderårsvis. Inför varje avslut sammanställs intäkter från marknaden (exempelvis för certifikat) för en period varefter skillnaden mellan marknadspriset eller subventionen och garantipriset regleras.

Om kontraktet konstrueras enbart som en skyldighet för köparen (staten) att betala mellanskillnaden, eller om den skyldigheten åligger både köparen och säljaren, är i praktiken en fråga om riskfördelning. Om det endast åligger staten att betala mellanskillnaden, dvs. om garantipris minus marknadspris är större än noll, ökar möjligheterna för potentiella leverantörer av lagrad biogen koldioxid att engagera sig i auktionerna. Ett kontrakt på mellanskillnaden fungerar då i praktiken som ett prisgolv för en aktör att engagera sig på en marknad för lagrad biogen koldioxid, men inte som ett pristak. Det finns alltså möjlighet att tjäna mer än garantipriset, vilket skulle kunna främja att säljare lägger lägre anbud än vad som annars skulle vara rationellt.

Om det också åligger säljaren att betala en negativ mellanskillnad, dvs. om garantipris i kontraktet minus marknadspris är mindre än noll, skulle kontraktet fungera både som ett prisgolv och pristak. Med andra ord, om en säljare erhåller ett kontrakt på att leverera en viss volym till ett pris av 1 000 kronor per ton lagrad biogen koldioxid och marknadspriset för lagrad biogen koldioxid uppgår till 1 100 kronor per ton, skulle säljaren vara skyldig att betala överskottet på 100 kronor till staten (kontrakterat garantipris – marknadspris = ersättningsnivå, dvs. för exemplet ovan gäller: 1 000 kronor–1 100 kronor = –100 kronor). Om marknadspriset i stället är 900 kronor är det staten som betalar mellanskillnaden på 100 kronor till säljaren för att denna ska erhålla ersättning i nivå med det kontrakterade garantipriset (1 000 kronor–900 kronor = +100 kronor).

Succesiva auktionsrundor och kontraktens löptider

Omvända auktioner bör hållas i succesiva omgångar som tillåter att lärdomar kan ackumuleras över tid. Det gäller både lärdomar från teknikutveckling och auktionsdesign. Båda aspekterna har visat sig viktiga för att öka kostnadseffektiviteten av omvänd auktionering. Succesiva utlysningar introducerar dock behov av att överväga för- och nackdelar med överlappande alternativt på varandra följande auktionsrundor liksom olika löptider på kontraktet.

Den tekniska livslängden på en anläggning kommer i normalfallet att överstiga ett kontrakts löptid. Det innebär att en anläggning som finansierats genom en auktionsrunda kan komma att konkurrera med nya anläggningar vid kommande auktionsrundor. Nya aktörer kan därmed få svårt att etablera sig i konkurrens med existerande anläggningar. Under andra förhållanden skulle dessa anläggningars ekonomiska livslängd eventuellt löpt ut till förmån för ny och effektivare teknik.

Undanträngningen av nya aktörer kan eventuellt mildras av att dessa kan dra nytta av tekniska lärdomar erhållna under kontrakt från tidigare auktionsrundor.

Kontraktens löptider påverkar också storleken på konkurrensfördelar och konkurrensnackdelar i successiva auktionsrundor. Vid korta löptider kommer kapitalkostnaden att dominera en säljares anbud vid den första auktionsrunda. Vid följande auktionsrundor kommer i stället driftskostnaden att dominera eftersom stora delar av kapitalkostnaden antagligen avskrivits inom ramen för det första kontraktet. Konkurrensfördelarna för aktörer med redan avskrivet kapital ökar under sådana förhållanden. Vid längre löptider på kontrakt minskar betydelsen av kapitalkostnader per enhet lagrad koldioxid. Under sådana förhållanden är det enklare för nya aktörer att konkurrera med etablerade aktörer genom att använda ny effektivare teknik.

Det går också att planera utlysningar av succesiva auktioner så att nya och gamla kontrakt löper parallellt, med en viss överlappning. Anläggningar som finansierats i en auktionsrunda skulle då inte kunna konkurrera i den efterföljande auktionsrundan på grund av volymbegränsningar i anläggningens kapacitet.

Vid schemaläggning av succesiva auktionsrundor och kontraktens löptider behöver övervägningar göras mellan olika för och nackdelar, exempelvis att väga fördelar med att schemalägga auktionsrundor för att begränsa konkurrens från tidigare finansierade anläggningar mot nackdelar med att detta begränsar antalet säljare som kan delta i auktionen.

10.3.3 Inmatningstariff (långsiktigt garantipris), subventionering och skattekrediter

Inmatningstariffer innebär att en produkt, exempelvis lagrad biogen koldioxid, köps till ett garanterat och långsiktigt pris. En inmatningstariff fixerar alltså prisnivån och låter i stället utbudet variera. Styrmedlet har ofta använts för att introducera förnybar elproduktion i existerande elsystem.

Utvärderingar av inmatningstariffer har visat på brister i kostnadseffektivitet men förtjänster för måluppfyllelse. Länder som använt sig av inmatningstariffer, exempelvis Danmark, Tyskland och Spanien, har expanderat andelen förnyelsebar energi snabbare än jämförbara länder som inte använt något instrument eller som använt sig av omvänd auktionering. Inmatningstariffer anses därför generellt som effektiva för att öka takten i teknikmognad och leverera kvalitet i projekten, men till ett högt pris.

En avgörande skillnad mellan en inmatningstariff för förnybar el och en inmatningstariff för lagrad biogen koldioxid utgörs av själva produkten. El betingar ett värde på en etablerad marknad, så är inte fallet med lagrad biogen koldioxid. En reglering av inmatningstariffer för förnybar el innebär ofta att nätägaren avkrävs att acceptera inmatning av förnybar el på nätet och att köpa den levererade elen till ett fast pris. Elen kan sedan säljas och merkostnaden övervältras på konsumenten. Eftersom lagrad biogen koldioxid bidrar till en kollektiv snarare än privat nytta är det svårt att tillämpa samma princip, därför är det troligaste scenariot är att staten skulle behöva agera köpare genom att själv betala inmatningstariffen.

En inmatningstariff för negativa utsläpp skulle alltså, i praktiken, vara en statlig subvention. En stor utmaning med subventioner, liksom med inmatningstariffer, är att sätta rätt ersättningsnivå. En logik skulle kunna vara att sätta ersättningen i paritet med koldioxidskattens normalskattenivå. Nivån på koldioxidskatten skulle då fun-

gera som ett pris på koldioxid där skatten och subventionen sammantaget internaliserar *både* negativa externa effekter associerade med utsläpp av fossil koldioxid och positiva externa effekter associerade med lagring av biogen koldioxid i kostnaden för produktion. Normalskattenivån ligger i dagsläget något över den uppskattade kostnaden för bio-CCS vid anläggningar i Sverige med gynnsamma förutsättningar (se kapitel 9).

Ett pris på koldioxid är enkelt att administrera och övervaka, med erfarenhet som förvärvats sedan början av 1990-talet. Systemet kan administreras genom att kvitta fossila utsläpp mot lagrad biogen koldioxid och basera in- respektive utbetalningar av koldioxidskatt/subventioner på aktörernas nettoutsläpp.

Utbetalningar skulle i teorin kunna ske i form av skattenedsättningar, exempelvis på bolagsskatten. Skattenedsättningar för CCS tillämpas i dagsläget i USA.

Ett pris på koldioxid skapar ett stabilt omställningstryck men det är svårt att förutspå dess effekt i termer av utsläppsbegränsning eller inverkan på mängden lagrad biogen koldioxid. Därmed blir också påverkan på de offentliga finanserna osäker. Om regleraren anser att risken för skenande kostnader är för hög går subventionen att kombinera med en reglering som sätter ett tak på efterfrågan, vilket bl.a. tillämpas av USA på skattenedsättningarna för CCS.

10.3.4 Koldioxidavgift

Ett alternativt sätt att uppmuntra till att lagra biogen koldioxid kan vara att införa ett avgiftssystem, och här finns vissa lärdomar att dra från utformningen av den svenska kväveoxidavgiften. Kväveoxidavgiften ger incitament till minskad utsläppsintensitet genom att ta ut en avgift för utsläpp av kväveoxider från förbränningsanläggningar. Avgiften återbetalas sedan i proportion till mängden producerad användbar energi. Anläggningar med låga utsläpp per producerad mängd energi betalar en låg avgift och erhåller en hög andel av återbetalningen. Kväveoxidavgiften har utvärderats som en framgång för innovation inom teknik för minskade utsläpp av kväveoxider, dock

med potential för ökad samhällsekonomiska effektivitet om avgiften görs om till en renodlad skatt.³

En koldioxidavgift skulle kunna inspireras av kväveoxidavgiften där intäkterna fördelas till de producenter som tillhandahåller bio-CCS. Denna typ av styrning kan utformas som ett för staten kostnadsneutralt styrmedel vilket därtill är enkelt att administrera. Där emot skulle avgiften som täcker kapital- och driftskostnaden för bio-CCS behöva belasta ett betalningskollektiv, exempelvis aktörer med utsläpp av fossil koldioxid över en viss nivå. De potentiella vinnarna på ett sådant system skulle vara aktörer med möjlighet att tillämpa bio-CCS till relativt låg kostnad, medan aktörer med små möjligheter att minska sina utsläpp av fossil koldioxid skulle vara förlorare. Det skulle ytterligare öka omställningstrycket bort från fossila bränslen och insatsvaror till förmån för förnybara bränslen och insatsvaror.

På sikt, i takt med att utsläppen av fossil koldioxid i Sverige närmar sig mycket låga nivåer i enlighet med klimatmålen, kan avgiftssystemet urholkas av minskade intäkter. I en sådan situation skulle minskande intäkter återbetalas till ett ökande antal bio-CCS-aktörer, vilket skulle urholka prissignalen och minska incitamenten för fler aktörer att engagera sig i bio-CCS. Blir priset så lågt att det inte täcker kostnader för drift, underhåll, transport och lagring skulle en existerande bio-CCS-aktör förmodligen välja att stänga av sin bio-CCS-anläggning. En sådan situation skulle ge dåliga förutsättningar för ökande eller bibehållen mängd bio-CCS i Sverige, vilket skulle motivera en översyn av hur intäkter genereras inom systemet.

Att identifiera ett betalningskollektiv skulle vara utmanande. En koldioxidavgift innebär också en risk för minskade produktionsvolymerna i pressade branscher till följd av internationell konkurrens. Det skulle indirekt innebära minskade offentliga intäkter och att styrmedlets klimatnytta riskeras om s.k. koldioxidläckage uppstår (se avsnitt 10.4.2 nedan).

Förutom risk för koldioxidläckage skulle en styrmedelsdesign av detta slag ha den nackdelen att den skapar en osäker planeringshorisont. Aktörer som designar affärsmodeller för bio-CCS baserat på intäkter från koldioxidavgiften står inför osäkerheten att inte veta hur stor intäkten kommer att bli. Osäkerheten minskar visserligen

³ *Brännbeta skatter! Bör avfallsförbränning och utsläpp av kväveoxider från energiproduktion beskattas?* SOU 2017:83.

av kunskap om vad den uteblivna kostnaden (avgiften) kommer att bli, men om många aktörer samtidigt engagerar sig i bio-CCS minskar kapitaliseringen av fonden och därmed återbetalningarna per aktör. Detta skulle kunna hanteras genom att införa en miniminivå på utbetalningar, men risken överförs då till staten eftersom fonden då kan komma att behöva finansieras med offentliga medel.

10.3.5 Kvotplikt och certifikatshandel

Ett annat sätt att skapa incitament för bio-CCS i en introduktionsfas kan inspireras av det svenska elcertifikatsystemet. Elcertifikatsystemet, som ska uppmuntra till utökad produktion av förnybar el, kombinerar en reglering av miniminivåer av förnybar el i elleverantörernas totala försäljningen eller användningen av el (kvotplikt) med ett ekonomiskt styrmedel som genererar tillgångar (elcertifikat) för de elproducenter som producerar förnybar el. Elleverantörerna måste överlåta elcertifikat motsvarande sin kvotplikt på årsbasis, certifikat som elleverantörerna i sin tur köper från producenter av förnybar el. Elleverantörerna övervältrar kostnaderna för certifikaten på elkunderna, vilka på så vis finansierar certifikaten. Intäkterna från försäljningen av certifikat ger en premie till förnybar energi och ger incitament till utbyggnad av exempelvis sol- och vindkraft.

I likhet med möjligheterna för införandet av en koldioxidavgift skulle risken för koldioxidläckage kunna minskas om de sektorer som beläggs med kvotplikt är relativt okänsliga för internationell konkurrens. Kvotplikten behöver inte vara kopplad till aktörer med egen potential för bio-CCS, utan den kan omfatta andra sektorer som på så vis skulle finansiera utbyggnaden av bio-CCS i Sverige. Det är således möjligt att inkludera sektorer med låg risk för koldioxidläckage inom infrastruktur eller transport.

Likt en koldioxidavgift skulle kvotplikten inledningsvis kunna vara relativt låg för att skapa förutsättningar för acceptans och inte ställa orimliga krav på hög omställningstakt. Möjligheterna till intäkter från försäljning av bio-CCS-certifikat skulle ge incitament till investeringar och drift.

En kvotpliktsavgift, dvs. en straffavgift som avkrävs om bio-CCS-certifikat saknas vid årsbokslut, skulle kunna införas. En sådan skulle i praktiken också fungera som ett pristak för certifikaten. Det

garanterar kunskap om maxkostnaden för olika aktörer, vilket förbättrar planeringshorisonten. Samtidigt behöver nivån på en sådan kvotpliktsavgift noggrant övervägas för att styrningen ska skapa reella incitament för bio-CCS. En för låg avgift och en för långsam ökningstakt i kvotplikten kan bidra till att hämma pionjärer att fatta investeringsbeslut och därmed bromsa spridningen av bio-CCS.

Kvotplikt och certifikatshandel har visat sig samhällsekonomiskt kostnadseffektivt. Genom succesivt höjd kvotplikt är styrningen effektiv på marginalkostnaden för omställning, dvs. de billigare alternativen för bio-CCS skulle förmodligen levereras i första hand. Systemet skulle dock medföra betydande kostnader för de kvotpliktiga. Det kan delvis regleras genom att hålla nere kostnaden på kvotpliktsavgiften för att förhindra att priset på certifikat skenar. Det kan bidra till ökad acceptans för ett kvot- och certifikatsystem. En avvägning måste dock göras mot styrmedlets omställningstryck. Med ett för lågt certifikatpris kommer systemet förmodligen endast leda till en kostnadsökning för produktion utan att leverera bio-CCS.

10.3.6 Frivillig klimatkompensation

Marknaden för frivillig klimatkompensation har funnits i över tio år och växer kontinuerligt. Frivillig klimatkompensation skulle innebära att de som vill klimatkompensera köper någon typ av certifikat för lagrad biogen koldioxid från producenter av bio-CCS. Statens roll på en frivilligmarknad skulle kunna vara att sätta en standard för certifiering, men den rollen kan också hanteras av privata aktörer.

Privatpersoner och andra frivilliga som köper klimatkompensation är som regel beredda att betala ett högre pris per ton koldioxid än vad t.ex. företag som deltar i EU:s utsläppshandel gör. Möjliga fördelar för klimatkompensation genom bio-CCS på en svensk frivilligmarknad är att bio-CCS leder till negativa utsläpp, att det är en åtgärd som skulle ske i Sverige och att det innebär permanent koldioxidlagring.

En positiv aspekt av frivillig klimatkompensation är att den indirekt kan komma åt utsläpp som inte ingår i Sveriges klimatåtgärden, som t.ex. import av kött och internationella flygresor, och som inte omfattas av nationella klimatpolitiska åtgärder i dag.

Den stora nackdelen med en ansats som bygger på frivillighet är att den utgör en osäker grund för att finansiera bio-CCS. Det är också osannolikt att frivilligmarknaden i nuläget skulle kunna absorbera någon betydande volym certifikat från bio-CCS. Denna ansats ska därför främst ses som ett möjligt komplement till andra styrmedel för att skapa incitament för bio-CCS.

10.3.7 Räntestyrning

Räntestyrning är ett annat exempel på ett möjligt komplement till styrmedel som skapar mer direkta incitament för bio-CCS.

Investerare har länge tenderat att undvika gröna investeringar, bl.a. på grund av att de ofta anses behäftade med högre risker och lägre avkastning. I denna kontext har staten möjlighet att minska riskerna för investerare genom att ge ut gröna obligationer. Statliga gröna obligationer har emitterats i stor skala i bl.a. Polen och Frankrike. Genom obligationer kan staten öronmärka investerarnas pengar för bio-CCS och investeraren kan känna sig relativt trygg med staten som garant för en förutbestämd avkastning. Det finns också möjlighet att ge statliga bolag i uppgift att ge ut gröna obligationer för investeringar i bio-CCS, exempelvis genom Vattenfall i syfte att installera CCS-anläggningar på egna biobränsleeldade pannor. Även i dessa fall är investeringen relativt trygg eftersom kreditvärdigheten hos statliga bolag är hög. Vattenfall har dessutom relativt lång erfarenhet av att emittera obligationer, vilket är en erfarenhet som eventuellt kan nyttiggöras också för bio-CCS.

Krav på hållbarhet i gröna obligationer innebär höga krav på övervakning vilket ökar transaktionskostnaderna för en grön obligation jämfört med en vanlig obligation. Än så länge är andelen gröna obligationer, som andel av hela obligationsmarknaden, försvinnande liten. Med låg likviditet ökar riskerna för innehavare av obligationen eftersom en försäljning av ett innehav riskerar att direkt påverka priset. Både högre transaktionskostnader och lägre likviditet kan leda till att investerare kräver högre kompensatorisk avkastning jämfört med för en traditionell obligation. Det kan eventuellt tala för att traditionella obligationer är ett bättre sätt att finansiera investeringar i bio-CCS.

Det finns också möjlighet för staten att erbjuda andra typer av krediter, exempelvis subventionerade lån.

10.3.8 Skattebefrielse för egenproducerad el som används för avskiljning av koldioxid

Skattebefrielse för egenproducerad el som används till koldioxid-avskiljning skulle inte syfta till att ge incitament för bio-CCS utan till att minska risken för en oönskad påverkan på effektbalansen i Sverige.

Flera av de tekniker för koldioxidavskiljning som är relevanta för kraftvärmeverk samt massa- och pappersbruk kräver mekaniskt arbete. Ett exempel är den s.k. HPC-tekniken som fungerar genom att rökgaser trycksätts och löses i kaliumkarbonat och när trycket sedan sänks frigörs ren koldioxid. Exemplet nedan avser kraftvärmeverk men liknande förutsättningar bör gälla även för massa- och pappersbruk som även de har egen elproduktion samt integrerade och optimerade ångflöden.

Att skapa det mekaniska arbetet som krävs för avskiljning av koldioxid kan ske genom att använda sig av antingen ångtryck eller av en elmotor. Om ånga tas från ett kraftvärmeverk för att driva en avskiljningsprocess minskar elproduktionen och ångflödet genom ångturbinen. Eftersom turbinen är optimerad för ett visst ångflöde sjunker då verkningsgraden. I vissa fall är det inte ens möjligt att tappa av ånga. Därmed behöver turbinen ofta bytas till en mindre, vilket är kostsamt och medför att den installerade eleffekten minskar.

Om en elmotor används blir nettoeffekten på elproduktionen densamma, dvs. motsvarande mängd elproduktion som förloras om ånga används tillförs i stället en elmotor. Skillnaden är att kraftvärmeverkets turbin finns kvar, med möjlighet att leverera maximalt med el till nätet de timmar den svenska eleffektsituationen är ansträngd. Detta åstadkoms genom att elmotorn stängs av och att koldioxid tillfälligt inte avskiljs.

Valet mellan el eller ånga påverkas i hög grad av reglerna för beskattning. Skatt på egenproducerad el till en avskiljningsanläggning gynnar en ångdriven process med minskad maximal elproduktion som följd.

Kapitalkostnaden att byta ångturbin ökar också väsentligt den totala kapitalkostnaden för att installera utrustning för koldioxid-avskiljning. Minskningen av installerad eleffekt uppgår vid ett turbin-byte till 20–60 procent, beroende på avskiljningsanläggningens utformning.⁴

10.3.9 Styrning för att främja bio-CCS på EU-nivå

Det finns flera tänkbara alternativa styrmedel på EU-nivå för att främja fullskalig bio-CCS. EU kan exempelvis välja att centralt handla upp negativa utsläpp inklusive från bio-CCS, erbjuda en inmatnings-tariff, inkludera negativa utsläpp i ansvarsfördelningsförordningen, fördela ett ansvar för att åstadkomma negativa växthusgasutsläpp mellan medlemsstaterna eller ändra reglerna för utsläppshandels-systemet så att bio-CCS premieras där.

Det är tekniskt svårt att ändra ansvarsfördelningsförordningen eller utsläppshandelssystemet, som hanterar utsläpp, så att de på ett tillfredsställande sätt även kan hantera negativa utsläpp. Antalet följd-ändringar som krävs i rättsakterna blir stort för att undvika oönskade konsekvenser som t.ex. minskat omställningstryck bort från fossila bränslen och insatsvaror. Att åstadkomma detta är sannolikt även politiskt besvärligt då flera medlemsstater och kommissionen uttryckt att de i nuläget är motvilliga att omförhandla nämnda rättsakter.

Ett separat styrmedel för att främja permanenta negativa växt-husgasutsläpp skulle kunna erbjuda en enklare väg framåt. Ett sådant styrmedel skulle skapa möjlighet för EU att överprestera på sitt åta-gande under Parisavtalet utan att omförhandla ansvarsfördelnings-förordningen eller handelsdirektivet.

Vilken väg EU kan komma att välja och när är svårt att sia om i dagsläget då det för närvarande inte pågår någon egentlig diskussion om frågorna i Bryssel. Vilka styrmedel EU kan komma att överväga är okänt. Ett alternativ som sannolikt kommer att diskuteras är dock att reformera utsläppshandelssystemet, eftersom detta styrmedel finns på plats och är ett långsiktigt verktyg för att styra mot EU:s klimatmål.

⁴ Inlaga till utredningen från Energiföretagen.

Kreditering av bio-CCS inom utsläppshandelssystemet

De stora punktutsläppskällorna av biogen koldioxid i Sverige omfattas av EU:s utsläppshandelssystem. En möjlighet att skapa incitament för bio-CCS på EU-nivå är att revidera EU:s utsläppshandelssystem så att det tillåter att lagrad biogen koldioxid räknas som ett negativt, i stället för klimatneutralt, utsläpp. Om avskild och lagrad biogen koldioxid räknas som negativa utsläpp kan bio-CCS generera krediter som får användas inom utsläppshandelssystemet. Detta innebär dock en stor principiell förändring av hur utsläppshandelssystemet fungerar. Dagens system hanterar utsläpp, inte upptag, av växthusgaser. Att ändå argumentera för att bio-CCS tillåts generera krediter kan motiveras av att bio-CCS bryter det biogena kolets kretslopp. Eftersom bio-CCS syftar till permanent lagring av koldioxid, dvs. irreversibla snarare än temporära negativa utsläpp, kan dess klimatnytta jämföras med den som erhålls vid reducering av fossila utsläpp.

Om bio-CCS tillåts generera överlåtbara krediter innebär det, allt annat lika, att utbudet på utsläppsrätter ökar. Om bio-CCS inte ska minska utsläppshandelssystemets omställningstryck behöver därför kreditering av bio-CCS ske tillsammans med åtgärder som upprätthåller omställningstrycket.

Ett alternativ kan vara att låta kreditering genom bio-CCS motsvaras av annullering av utsläppsrätter någon annanstans i systemet. Exempelvis kan mängden utsläppsrätter som är tillgänglig för ländernas auktionering i kommande auktionsrundor justeras, eller kvoten för fri tilldelning minskas. En annan möjlig väg att förena kreditering av bio-CCS med upprätthållet omställningstryck är att sänka taket i utsläppshandelssystemet genom att öka den s.k. linjära reduktionsfaktorn. Om den linjära reduktionsfaktorn ökas sänks taket snabbare från år till år än vad som annars skulle varit fallet.

En situation som måste hanteras om kreditering av bio-CCS ska motsvaras av minskad mängd utsläppsrätter är brytpunkten när antalet krediter som genereras genom bio-CCS överstiger mängden utsläppsrätter i systemet. Att förutspå när denna situation eventuellt uppstår är svårt, men det bör kunna bli reellt när taket är tillräckligt lågt och utsläppsrättspriset tillräckligt högt. Taket i utsläppshandelssystemet kan då behöva vara nettonegativt för att marknaden för utsläppsrätter inte ska kollapsa; alternativt kan medlemsstaterna behöva

åläggas att köpa upp och annullera utsläppsrätter genererade genom bio-CCS.

Ett nettonegativt tak innebär att produktionsanläggningarna i handelssystemet åläggs att överlåta utsläppsrätter utöver nollutsläpp, dvs. ha krav på sig att generera negativa utsläpp. Detta skulle kräva en större förändring av utsläppshandelssystemets design, en reform som dock skulle ligga väl i linje med målsättningen i kommissionens långsiktiga strategi om nettonollutsläpp 2050. Det är nämligen sannolikt att det finns betydande utsläpp utanför utsläppshandelssystemets omfattning som är mycket svåra att eliminera, framför allt inom jordbrukssektorn, och som då behöver kompenseras för.

En nackdel med styrning genom utsläppshandelssystemet är utsläppsrätternas prisvolatilitet. Varierande pris introducerar risker för industri och investerare att satsa på bio-CCS. I dagsläget är pris-signalen från utsläppshandelssystemet dessutom för låg för att ensam kunna motivera investeringar i bio-CCS. När den linjära reduktionsfaktorn successivt sänker taket för utsläpp i systemet, i kombination med att billigare åtgärder för utsläppsbegränsningar genomförts, förväntas priset på utsläppsrätter stiga. På längre sikt kan det göra bio-CCS till en kostnadseffektiv åtgärd jämfört med de då tillgängliga alternativen för utsläppsbegränsningar.

I utsläppshandelssystemets fjärde handelsperiod minskar taket årligen med 48 miljoner utsläppsrätter. Krav på nollutsläpp kommer med den takten att nås inom utsläppshandelssystemet 2059. Kommissionens långsiktiga klimatstrategi talar dock för att taket i utsläppshandelssystemet behöver sänkas snabbare än så för att netto-nollutsläpp 2050 ska kunna uppnås.

En sänkning av utsläppstaket innebär inte att det etableras ett omställningstryck på bioenergianläggningar att införa CCS för att undvika en kostnad på biogena utsläpp. Däremot skulle det ge en morot till investeringar i bio-CCS genom att öppna en möjlig marknad för negativa utsläpp genom försäljning av krediter till aktörer som har utsläpp av fossil koldioxid och höga marginalkostnader för att minska dessa. En sådan reform kan sprida kostnaden för bio-CCS i Sverige till andra europeiska aktörer. Eftersom Sveriges potential för bio-CCS är stor är det sannolikt att en betydande andel bio-CCS-anläggningar skulle komma att lokaliseras till just Sverige.

Köpare av krediter genererade genom bio-CCS skulle utgöras av branscher i utsläppshandelssystemet som har svårt att minska sina

utsläpp av fossil koldioxid. Som helhet kan ett inkluderande av bio-CCS i utsläppshandelssystemet därför också, på lång sikt, öka kostnadseffektiviteten i en europeisk klimatomställning. När tekniska lösningar för utsläppsminskningar inte är konkurrenskraftiga i förhållande till priset för bio-CCS kan bio-CCS bidra till att öka kostnadseffektiviteten.

En EU-gemensam styrning innebär att antalet anläggningar och mängden utsläpp som omfattas av ett styrmedel ökar kraftigt jämfört med vid nationell styrning. När en högre andel av världsekonomin omfattas av gemensam styrning minskar risken för koldioxidläckage.

10.4 Acceptans, koldioxidläckage och långsiktighet

Ett i teorin kostnadseffektivt styrmedel som i hög grad bidrar till att uppfylla de nationella klimatmålen kan i praktiken ändå misslyckas på grund av bristfällig hänsyn till viktiga omvärldsfaktorer. För att skapa effektiva incitament för bio-CCS måste hänsyn tas till bl.a. acceptans, risk för koldioxidläckage och behovet av långsiktighet och förutsägbarhet i styrningen från politiskt håll.

10.4.1 Acceptans

Acceptans är en viktig komponent av genomförbarhet. Flera demonstrationsprojekt av fossil CCS har avslutats i förtid, åtminstone delvis på grund av bristande acceptans. I fallet CCS inklusive bio-CCS kan bristande acceptans avse såväl teknikerna bakom avskiljning, transport och lagring av koldioxid som valet av styrmedel för att möjliggöra projekt.

När flera demonstrationsprojekt inom fossil CCS i Tyskland avslutades i förtid på grund av bristande acceptans var det konceptet fossil CCS som sådant som mötte motstånd. Ett av argumenten som framfördes var att tekniken skulle bidra till att hålla den tyska kolkraftsindustrin lönsam på bekostnad av förnybar energi. I det avseendet är bio-CCS mindre kontroversiellt än fossilt CCS, men mot bio-CCS lyfts ofta fram att tekniken hotar biologisk mångfald genom att mark behöver tas i anspråk för att producera den biomassa

som förbränns (se kapitel 9). Som tidigare redovisats är dock det argumentet mindre relevant för svenskt vidkommande än globalt.

Det är möjligt eller rent av sannolikt att bio-CCS kan åtnjuta större social acceptans än fossil CCS. Både breda enkätstudier och studier av fokusgrupper har visat att så är fallet.⁵ Detta betyder dock inte att bio-CCS prioriteras högt för investeringar bland olika aktörsgrupper eller att bio-CCS åtnjuter hög social acceptans. De få studier som finns på temat tyder på att så inte är fallet. Bio-CCS prioriteras ofta lägre än exempelvis vindkraft eller solkraft, men relativt fossil CCS är stödet för bio-CCS högre. En framgångsrik satsning på bio-CCS stärker sannolikt förutsättningarna för acceptans även för fossil CCS.

Motstånd kan även riktas mot styrmedel som syftar till att skapa incitament för bio-CCS. Motståndet kan exempelvis gälla ökade kostnader för vissa aktörsgrupper eller vad som uppfattas som krångliga regler. Med bristande acceptans finns risker för att ett styrmedels måluppfyllelse begränsas eller rent av upphör till följd av att det behöver dras tillbaka.

Om ett styrmedel som införs för att skapa incitament för bio-CCS innebär ökade kostnader för konsumenterna är det ur acceptanssynpunkt viktigt att kostnadsökningen sker successivt och från en låg initial nivå. Det är också viktigt att den positiva effekten för klimatet av styrmedlet redovisas på ett transparent sätt. Ett centrum för bio-CCS (och CCS) eller motsvarande kan vara en kanal för att sprida information om bio-CCS till en intresserad allmänhet (se avsnitt 10.5 nedan).

10.4.2 Risk att produktion flyttar utomlands (koldioxidläckage)

Det finns en risk för s.k. koldioxidläckage om ett styrmedel som införs för att skapa incitament för bio-CCS innebär ökade kostnader för en industribransch som är utsatt för stark internationell konkurrens och som verkar på en marknad som karaktäriseras av likartade produkter. Med koldioxidläckage menas här att klimatkrav i Sverige medför kostnadsökningar i produktionen vilket leder till att produktionen i stället sker med högre utsläpp i länder med lägre klimatkrav.

⁵ Fridahl (2019).

Om ett styrmedel skulle orsaka koldioxidläckage innebär det att styrmedlet visserligen kan ha god effekt på måluppfyllelse nationellt sett men i ett internationellt klimatperspektiv är styrmedlet ineffektivt.

Vissa branscher är mer utsatta för risk för koldioxidläckage än andra branscher. För branscher av särskilt intresse för bio-CCS gäller det i högre grad för exempelvis produktion av papper och pappersmassa än för el- och värmeproduktion. Begränsad överföringskapacitet hämmar risken för direkt koldioxidläckage inom elproduktion. Hänsyn behöver dock tas också till indirekta effekter. Om exempelvis priset på el ökar till följd av ett styrmedel finns risk för koldioxidläckage i elintensiv konkurrensutsatt industri. Följden kan bli ökade globala utsläpp både direkt i industrisektorn och, indirekt, i elproduktionssektorn.

10.4.3 Långsiktighet i politisk styrning

Politik som uppfattas som instabil bidrar till att företag undviker långsiktiga investeringar. I Sverige finns flera exempel på projekt inom produktion av biodrivmedel som avslutats på grund av svårigheter att förutspå den politiska utvecklingen på området. Strategier för att skapa varaktig politisk stabilitet kring bio-CCS är därför viktiga. Samtidigt är behovet av en flexibel politik särskilt stort på områden där osäkerheterna är höga, vilket är fallet med bio-CCS. Långsiktighet behöver därför vikts mot flexibilitet.

Ett sätt att skapa långsiktighet utan att göra alltför stort avkall på flexibiliteten är att kombinera tydliga och långsiktigt stabila mål om vilka det råder politisk enighet med relativt stort handlingsutrymme för enskilda regeringar att föreslå hur dessa mål bör uppfyllas. De styrmedel som används kan då justeras efter behov men de fortsätter att styra mot samma mål och styrmedelsförändringar får ingen dramatisk konsekvens för de anläggningsägare som investerat i bio-CCS.

I samma stund som det svenska klimatpolitiska ramverket och dess klimatmål antogs intensifierades debatten om hur negativa nettoutsläpp av växthusgaser ska kunna uppnås. Det skapade frågor, väckte intresse och initierade processer som i förlängningen kan leda till investeringsbeslut för bio-CCS. Långsiktiga mål som pekar på behovet av tekniker för negativa utsläpp inklusive bio-CCS kan också bidra till att attrahera investerare till området.

Målstyrning är ett informativt instrument. Omställningssignalen från målstyrningen stärks om målen backas upp med styrmedel som skapar en långsiktig stabil planeringshorisont för investeringar. Målstyrning kan bidra till långsiktighet och transparens i klimatpolitiken och förbättra förutsättningarna för acceptans och för att styrmedel får önskad effekt. Målstyrning kan vara ett effektivt komplement t.ex. vid statliga satsningar på FoU, eftersom långsiktiga mål ger signaler till industrin att satsningar på FoU kommer att vara uthålliga över tid.

Det finns ett behov av att EU förtydligar sin politik och antar mål för eller som inkluderar bio-CCS och andra tekniker för negativa utsläpp av växthusgaser (undantaget LULUCF-sektorn som redan ingår i EU:s målstruktur). Negativa utsläpp av växthusgaser behövs inom EU för att klara målet om nettonollutsläpp i kommissionens långsiktiga klimatstrategi.

För att målstyrningen ska vara effektiv behöver målen följas upp. I det klimatpolitiska ramverket slås fast att regeringen ska presentera en klimatpolitisk handlingsplan för riksdagen vart fjärde år. Det är naturligt att handlingsplanerna också följer upp om de kompletterande åtgärderna, inklusive bio-CCS, utvecklas i enlighet med förväntningarna och klimatmålen. Om den strategi och de mål för kompletterande åtgärder som utredningen föreslår omsätts till politik bör uppföljningen ske gentemot strategin. Uppföljning behöver naturligtvis ske även på europeisk nivå, förslagsvis genom energi- och klimatplanerna.

10.5 Ansvarsfördelning inom staten och samverkan mellan statliga och icke-statliga aktörer

I Sverige har ett flertal myndigheter ett implicit eller explicit ansvar för olika frågor som berör CCS inklusive bio-CCS. Vilka roller myndigheterna har i förhållande till de rättsliga prövningar som CCS-projekt skulle föranleda redovisas i kapitel 12.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har ett tydligt och lagreglerat ansvar för frågor kopplade till geologisk lagring av koldioxid i Sverige (se kapitel 12).

Energimyndigheten är primärt regeringens förvaltningsmyndighet för frågor om tillförsel och användning av energi i samhället.⁶ Flera aspekter av CCS och bio-CCS omfattas dock av Energimyndighetens verksamhetsområde, även om CCS eller bio-CCS inte omnämns explicit i instruktionen. Myndigheten ska bl.a. verka för att de energi- och klimatpolitiska målen samt målen för forskning och innovation inom energiområdet som riksdagen antagit uppnås.⁷ Energimyndigheten har också ett implicit mandat att hantera CCS- och bio-CCS-frågor genom förordningen (2017:1319) om statligt stöd till åtgärder för att minska industrins processrelaterade utsläpp av växthusgaser och för negativa utsläpp.

Regeringen gav 2016 Energimyndigheten i uppdrag att under perioden 2016 till 2019 samordna de statliga innovationsfrämjande insatserna för minskade processutsläpp inom svensk industri. Myndigheten skulle även, tillsammans med universitet och högskolor, näringsliv och andra relevanta aktörer, verka för samarbeten för utveckling och spridning av ny teknik för en minskad klimatpåverkan. Detta mandat är dock begränsat till att enbart gälla processindustrins växthusgasutsläpp.

Naturvårdsverket är regeringens förvaltningsmyndighet i klimatfrågor på miljöområdet. Naturvårdsverket ska vara pådrivande, stödjande och samlande vid genomförandet av miljöpolitiken. Naturvårdsverket är också ansvarig myndighet för miljö kvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan*. Naturvårdsverket har därför möjlighet att föreslå åtgärder på området CCS inklusive bio-CCS för att nå Sveriges klimatmål.

Naturvårdsverket ska ta fram underlag för de klimatpolitiska handlingsplanerna som regeringen ska överlämna till riksdagen vart fjärde år enligt det klimatpolitiska ramverket. Naturvårdsverket behöver också bevaka konsekvenserna av bio-CCS på övriga miljö kvalitetsmål som myndigheten är ansvarig för. I likhet med vad som är fallet för Energimyndigheten omnämns inte CCS eller bio-CCS explicit i Naturvårdsverkets instruktion och myndigheten har inget särskilt utpekade ansvar för dessa frågor.

Ingen myndighet är i dag utpekad som övergripande ansvarig för CCS-frågor eller har ett utpekade ansvar att samordna myndigheternas arbete med CCS inklusive bio-CCS. Det finnas flera fördelar att

⁶ 1 § förordningen (2014:520) med instruktion för Statens energimyndighet.

⁷ 2 § 1 p förordningen med instruktion för Statens energimyndighet.

vinna med samordning. En uppenbar fördel är att det går att identifiera frågor som annars lätt faller mellan stolarna i en stuprörsorganisation. En förtydligad ansvarsfördelning och ökad koordinering kan också leda till att dubbelarbete undviks. Detta kan i sin tur underlätta för berörda myndigheter att ägna mer tid åt att fördjupa arbetet inom respektive specialområden. God samordning förbättrar också förutsättningarna för ökad kunskapsöverföring.

Den kanske största vinsten med att peka ut en myndighet som övergripande ansvarig för CCS-frågor är att privata aktörer skulle få en naturlig ingång på myndighetsnivå för att få tillgång till vägledning och kontakter vidare vad gäller CCS inklusive bio-CCS. Flera näringslivsaktörer har påtalat för utredningen att det är en brist att ingen sådan ingång finns i dag.

Att en myndighet skulle pekas ut som övergripande ansvarig för CCS skulle inte innebära att myndigheten tog över något ansvarsområde från annan myndighet. Myndigheten skulle bli ansvarig för samordning mellan berörda myndigheter i CCS-frågor och skulle bli ansvarig i de CCS-frågor där ingen annan myndighet har eller tar på sig ett ansvar. Myndigheten skulle inte heller i något avseende överordnas någon annan myndighet eller ges mandat att överpröva annan myndighets ställningstagande.

Vid sidan av myndighetssamordning skulle ett utpekande av en övergripande ansvarig myndighet för CCS-frågor kunna gynna att CCS inklusive bio-CCS hanteras med ett helhetsperspektiv. En parallell kan dras till 2 § 12 p i Energimyndighetens instruktion om vindkraftsutbyggnad, enligt vilken myndigheten ska:

Skapa förutsättningar för en väl planerad och resurseffektiv vindkraftsutbyggnad, höja kunskapen om vindkraftens egenskaper och möjligheter samt dess roll i samhällsutvecklingen och bidra till en ökad förståelse och dialog för att skapa möjligheter till ökad samexistens mellan vindkraft och andra samhällsintressen.

Samordning mellan myndigheter och att en övergripande ansvarig myndighet för CCS-frågor pekas ut är ett viktigt steg för att skapa goda förutsättningar för CCS inklusive bio-CCS i Sverige. Lika viktigt är dock att informationsdelning fungerar väl mellan myndigheter och privata aktörer samt akademien. Kunskapen om CCS och bio-CCS är låg i samhället, inklusive om vilka aktörer som finns och vilka roller de har, vilket försvårar ett väl fungerande informationsutbyte.

Ett sätt att stärka dialog, koordinering och kunskapsutbyte mellan olika statliga och icke-statliga aktörer som är verksamma inom eller intresserade av CCS inklusive bio-CCS är att inrätta ett nationellt centrum eller tillsätta en nationell samordnare. Ett nationellt centrum eller en nationell samordnare för CCS inklusive bio-CCS kan ha som mål att bygga nätverk för ökat kunskapsutbyte, koordinera åtgärder och öka förståelsen i samhället av CCS inklusive bio-CCS. Denna typ av informativa styrmedel kan bidra till långsiktiga förutsättningar för bio-CCS genom att bygga upp kunskap, kompetens och acceptans samt fungera som katalysator för innovation, även om de i ett kortare perspektiv varken är kostnadseffektiva eller har särskilt stor direkt effekt.

Ett nationellt centrum eller en nationell samordnare för CCS inklusive bio-CCS skulle kunna få i uppgift att stimulera intresserade verksamhetsutövare att utföra platsspecifika studier av förutsättningarna för bio-CCS. Närvaron av sådana platsspecifika studier är sannolikt en förutsättning för att spridning av bio-CCS ska komma igång på allvar i Sverige. Ett centrum eller en nationell samordnare skulle också kunna hjälpa privata aktörer att koordinera införskaffande och nyttjande av koldioxidtransporter samt vara ett stöd vid eventuella kontakter med annan stat vid koldioxidlagring utomlands.

Ett nationellt centrum för CCS inklusive bio-CCS skulle organisatoriskt kunna tillhöra en myndighet (t.ex. Energimyndigheten, Naturvårdsverket eller SGU). Det finns flera exempel på nationella centrum som inrättats på mandat från regeringen, med statlig finansiering. Ett relevant exempel är Nationellt centrum för klimatanpassning som förvaltas av SMHI. Centrumet sammanställer, utvecklar och tillgängliggör kunskap inom området klimatanpassning.

En nationell samordnare för CCS inklusive bio-CCS skulle kunna tillsättas som en särskild utredare. Initiativet Fossilfritt Sverige leds av en särskild utredare som har regeringens mandat att agera som nationell samordnare för att främja samhällets arbete med utsläppsminskningar.⁸ Fossilfritt Sverige är ett exempel på en nationell plattform som utför uppgifter av en liknande typ som en nationell samordnare eller ett centrum för CCS inklusive bio-CCS skulle kunna utföra.

En fördel med att inrätta ett centrum för CCS inklusive bio-CCS som en del av en myndighet som redan jobbar med frågan är att det då finns möjlighet att minimera dubbelarbete samt koncentrera kun-

⁸ M 2016:05.

skap och erfarenhet dit. Ur detta perspektiv är lokalisering av ett centrum för CCS inklusive bio-CCS till Energimyndigheten en fördelaktig lösning.

Oavsett vilken lösning som väljs är det viktigt att inrättandet av ett centrum eller en nationell samordnare för CCS inklusive bio-CCS ses som en relativt långsiktig satsning, eftersom det kommer att ta tid att bygga upp det nätverk och den kompetens som behövs för uppgiften.

Det är viktigt att ett centrum eller en nationell samordnare för CCS inklusive bio-CCS med tillhörande sekretariat är bemannat av personal med huvudsaklig uppgift att arbeta inom ramen för initiativet samt att det tilldelas resurser för att involvera externa aktörer samt underlätta möten och kunskapsöverföring mellan olika aktörer.

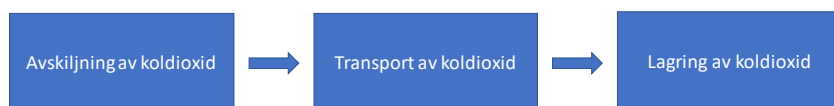
11 Bakgrund om CCS inklusive bio-CCS

11.1 Vad är CCS, bio-CCS och CCU?

11.1.1 Begrepp

Avskiljning, transport och lagring av koldioxid, ofta benämnt CCS av den engelska förkortningen av *carbon capture and storage*, är en kedja bestående av tre länkar: 1) avskiljning av koldioxid, 2) transport av den avskilda koldioxiden till en lagringsplats, och 3) långsiktig lagring av koldioxiden på lagringsplatsen.

Figur 11.1 De tre länkarna i CCS-kedjan



CCS är i första hand ett alternativ för stora utsläppskällor som släpper ut hundratusentals eller miljoner ton koldioxid varje år. Tekniken kräver relativt stora investeringar, och om utsläppen är små kan kostnaden per lagrat ton koldioxid bli hög. Flera utsläppskällor inom ett begränsat geografiskt område kan dock dela på viss infrastruktur och därigenom sänka kostnaden per lagrat ton.

Syftet med CCS är att hålla den avskilda och lagrade koldioxiden permanent isolerad från atmosfären.

Bio-CCS innebär att CCS-kedjan tillämpas på koldioxidutsläpp med biogent ursprung, dvs. utsläpp som härrör från oxidation, vanligtvis förbränning, av biomassa inklusive biogena avfallsfraktioner och restmaterial. På engelska talar man om *bio-energy with carbon capture and storage*, BECCS, och den termen används även i Sverige.

Termerna bio-CCS och BECCS är att betrakta som synonymer och i detta betänkande används genomgående benämningen bio-CCS.

Bio-CCS är en delmängd av CCS; i tekniskt avseende är det ingen skillnad om koldioxiden som avskiljs, transporteras och lagras är av fossilt eller biogent ursprung. Däremot kan sammansättningen av rökgaser skilja sig åt mellan olika typer av anläggningar och beroende på bränsleval, vilket i sin tur kan påverka de tekniska förutsättningarna.

Ur ett klimatpolitiskt perspektiv och rent bokföringsmässigt är dock skillnaden mellan fossil CCS och bio-CCS väsentlig. CCS tillämpat på fossil koldioxid är att betrakta som en utsläppsminskande åtgärd på samma sätt som ett byte från fossila bränslen till biobränslen eller en energieffektiviseringsåtgärd. Bio-CCS däremot ger upphov till ett negativt koldioxidutsläpp, dvs. ett upptag av koldioxid från atmosfären, förutsatt att den använda biomassan är hållbart producerad. Den bakomliggande mekanismen för detta är att hållbart framställda biobränslen är utsläppsneutrala vad gäller koldioxid genom att biomassan under sin livstid tagit upp den koldioxid från atmosfären som avges vid oxidationen (förbränningen) och vid återväxten tas motsvarande mängd koldioxid åter upp. Genom att bio-CCS förhindrar att koldioxiden återgår till atmosfären blir resultatet ett negativt utsläpp, dvs. ett flöde av koldioxid bort från atmosfären.

De utsläpp som uppstår vid produktion och transport av biomassa ingår i utsläppsrappporteringen. Exempelvis redovisas utsläpp från arbetsmaskiner och transporter i transportsektorn samt utsläpp och upptag kopplade till själva biomassan i sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (*land use, land use change and forestry*, LULUCF).

Avskild koldioxid kan användas i produkter i stället för att lagras permanent. På svenska kan detta kallas avskiljning och användning av koldioxid men ofta används den engelska termen CCU som är en förkortning av *carbon capture and utilisation* (eller *use*). Exempel på produkter där avskild koldioxid kan användas som insatsvara är drivmedel, material (t.ex. plaster) och växthusodlade grödor.

Till skillnad från permanent koldioxidlagring innebär CCU i normalfallet att den avskilda koldioxiden återgår till atmosfären efter en tid. Hur lång den temporära lagringen är beror på produktens livslängd eller beständighet. Exempelvis medför användning av avskild koldioxid i drivmedel endast en kortvarig lagring medan användning

i material kan ge en mer långvarig lagring. CCU beskrivs mer utförligt i kapitel 18.

I dagsläget är efterfrågan på koldioxid mycket liten i förhållande till utsläppen av koldioxid.

Ibland används termen CCUS, *carbon capture, utilisation (eller use) and storage*, för att med ett begrepp omfatta både CCS och CCU.

11.1.2 Avskiljning av koldioxid

Koldioxid kan bildas vid exempelvis fermentering av biomassa, som ett resultat av en oorganisk kemisk reaktion eller vid förbränning av fossilt eller biogent bränsle.

Fermentering, också benämnt jäsning, av biomassa kan nyttjas vid produktion av metanol eller etanol. Vid fermentering erhålls ofta koldioxid i hög koncentration. Koldioxid kan också bildas vid produktion av biogas.

Vid tillverkning av cement upphettas kalksten så att kalciumoxid bildas och koldioxid avgår. Detta är ett exempel på en oorganisk kemisk reaktion som ger upphov till koldioxid. Några procent av Sveriges fossila koldioxidutsläpp utgörs av denna typ av utsläpp från cement- och kalkframställning. Reduktion av järnmalm med kol är en annan process som ger upphov till denna typ av koldioxidutsläpp.

Förbränning av bränslen är dock den process som ligger bakom merparten av koldioxidutsläppen i Sverige och världen. Nedanstående beskrivning av koldioxidavskiljning tar sin utgångspunkt i koldioxid som bildas vid förbränning.

När rökgasen lämnar skorstenen vid en industri eller ett värmekraftverk består den i vanliga fall endast till en mindre del av koldioxid. Den huvudsakliga beståndsdelen är normalt kvävgas, som också är den dominerande beståndsdelen i luft. Andelen koldioxid i rökgasen ligger generellt i intervallet från några procent upp till cirka 30 procent, även om ett fåtal industriprocesser ger högre koncentrationer. Koldioxidkoncentrationen i luft är som jämförelse 0,04 procent.

Det skulle vara opraktiskt och kostsamt att transportera och lagra rökgasen i sin helhet. Det är inte heller tillåtet inom EU, se kapitel 12. Därför bygger CCS på att koldioxid avskiljs från rökgasen så att andelen koldioxid i gasen som ska transporteras och lagras blir hög.

Även om det är tekniskt möjligt att uppnå en nära hundra procentig koncentration av koldioxid efter avskiljning anses inte heller detta vara optimalt, eftersom det skulle vara mycket dyrt att åstadkomma och medföra ringa nytta. Små mängder av rökgasens övriga beståndsdelar och ämnen från avskiljningsprocessen finns därför normalt kvar i den gas som ska transporteras och lagras.

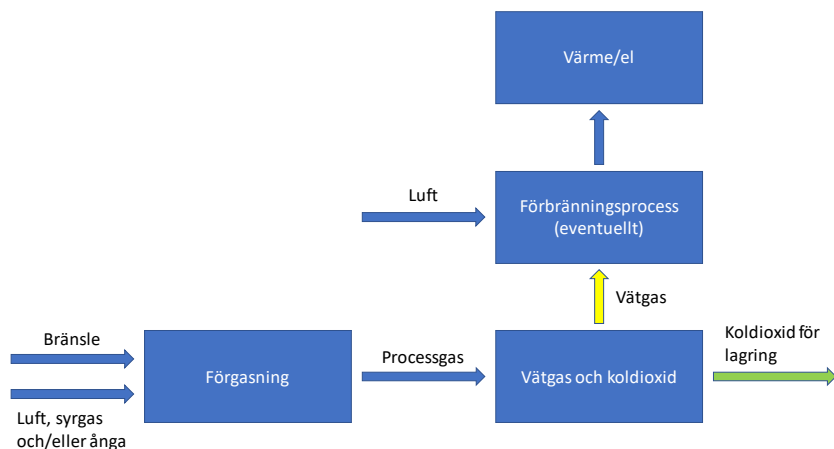
Avskiljningssteget är oftast det mest kostnadsdrivande i CCS-kedjan. Avskiljning av koldioxid från rökgaser medför fasta kostnader för utrustning men framför allt rörliga kostnader, primärt på grund av ökad energianvändning. Kostnaderna för CCS behandlas i kapitel 9.

Det finns en stor mängd tekniska lösningar för att åstadkomma koldioxidavskiljning. Ofta delas de tekniska lösningarna in i tre kategorier: avskiljning före förbränning, avskiljning efter förbränning och oxyfuel-förbränning.

Avskiljning före förbränning

Vid avskiljning före förbränning transformeras bränslet genom olika processteg till vätgas och koldioxid, vilket är energikrävande. Vätgasen kan exempelvis användas till kemikalieproduktion, som drivmedel eller för elproduktion (som då sker utan koldioxidutsläpp). Koldioxidhalten i rökgaserna blir hög vid avskiljning före förbränning men behöver höjas ytterligare före transport till lagringsplats. Eftersom koncentrationen av koldioxid är hög och gasen dessutom är under tryck kan dock detta åstadkommas med mindre medel än om rökgaser från konventionell förbränning är utgångsmaterialet.

Figur 11.2 Schematisk beskrivning av koldioxidavskiljning före förbränning



Källa: Modifierad från International Energy Agency, IEA.

Avskiljning före förbränning förutsätter trycksatt förgasning av bränslet, eller trycksättning av processgaserna vid atmosfärisk förgasning, före avskiljningsprocessen. Oavsett vilket blir konsekvensen ett mer komplext tekniskt system med höga kapitalkostnader för tekniska installationer jämfört med de två övriga teknikkategorierna. Det är också svårt att tillämpa avskiljning före förbränning på en befintlig anläggning, eftersom det skulle kräva omfattande processmodifikationer. Slutligen är avskiljning före förbränning den minst mogna av de tre teknikkategorierna för avskiljning för fasta bränslen. Avskiljning före förbränning har dock, under vissa platsspecifika förutsättningar, potential att erbjuda koldioxidavskiljning med lägre energiförluster än övriga kategorier.

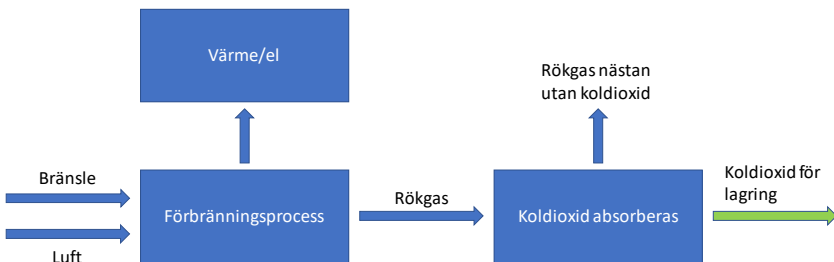
Avskiljning efter förbränning

Vid avskiljning efter förbränning renas rökgasen från koldioxid, vanligtvis genom att koldioxiden absorberas av en kemisk förening (en absorbent). Detta sker i en s.k. kolonn där rökgasen blandas med absorbenten. I ett därpå följande processteg skiljs koldioxiden från absorbenten som därefter kan återanvändas, vilket är en systemförutsättning. Exempel på möjliga absorbenter är aminer, ammoniak och kaliumkarbonat, där den förstnämnda är mest använd i dagsläget.

När en amin används som absorbent är det energikrävande att frigöra den absorberade koldioxiden från aminen. Om i stället kaliumkarbonat används som absorbent är det trycksättning av rökgaserna som är energikrävande. Generellt är den höga energiåtgången den huvudsakliga nackdelen med avskiljning efter förbränning.

Det finns alternativa tekniker för avskiljning efter förbränning som inte bygger på användandet av en kemisk absorbent. Koldioxiden i rökgasen kan t.ex. fångas upp av membran.

Figur 11.3 Schematisk beskrivning av koldioxidavskiljning efter förbränning



Källa: Modifierad från International Energy Agency, IEA.

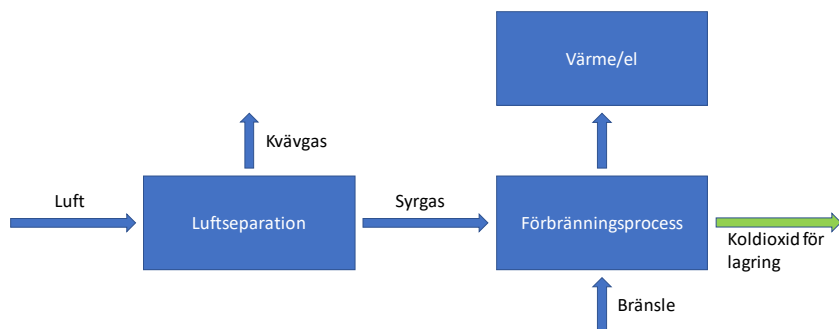
Avskiljning efter förbränning kan tillämpas på befintliga anläggningar utan omfattande modifikationer av de redan existerande processerna, även om modifikationer ibland kan ge fördelar. Avskiljning efter förbränning är den enda avskiljningsmetoden som går att tillämpa på samtliga typer av utsläppskällor, eftersom koldioxidavskiljningen sker efter sista processteget i en industri eller på ett kraftverk.

Avskiljning efter förbränning är i dag en kommersiellt tillämpad teknik som får anses vara relativt mogen. Forskning pågår om hur energiåtgången per avskild enhet koldioxid kan sänkas.

Oxyfuel-förbränning

Oxyfuel-förbränning innebär att förbränningen sker i en blandning av syrgas och återcirkulerad rökgas i stället för i luft. Rökgaserna kommer då övervägande att bestå av koldioxid och vatten. Vattnet kan enkelt avlägsnas från rökgaserna genom kondensering, varefter koldioxid erhålls i hög koncentration.

Figur 11.4 Schematisk beskrivning av oxyfuel-förbränning



Källa: Modifierad från International Energy Agency, IEA.

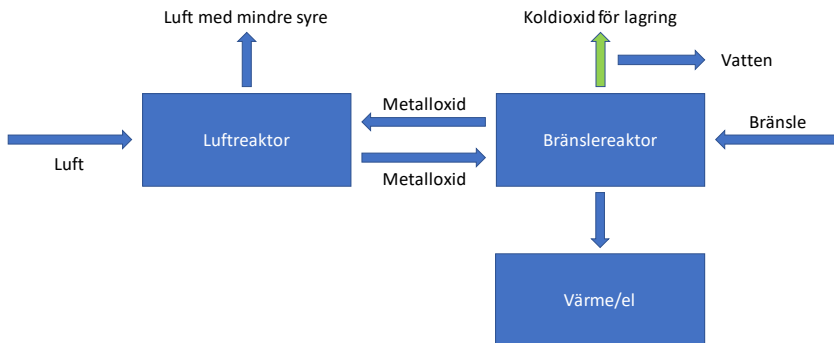
Att framställa syrgas ur luft är en väl etablerad teknik. Processen är dock energikrävande, vilket är den huvudsakliga nackdelen med oxyfuel-förbränning. Även kapitalkostnaderna är betydande för den utrustning som krävs för syrgasframställning.

Oxyfuel-förbränning kan vara svår att tillämpa på befintliga anläggningar, i synnerhet på industrier, eftersom det kräver processmodifikationer. Tekniken har verifierats i sin helhet i pilot- och demonstrationsanläggningar (bl.a. av Vattenfall vid kolkraftverket Schwarze Pumpe i Tyskland) och bygger på processteg som vart och ett är en etablerad teknik. Tekniken i sin helhet bedöms därmed vara relativt mogen, om än inte lika kommersiellt tillämpad som avskiljning efter förbränning.

En variant av oxyfuel-förbränning är s.k. kemcyklisk förbränning, vilket även kan betraktas som en separat teknikkategori. Denna teknik bygger på principen att förbränningsluft och bränsle hålls helt åtskilda. Detta kan åstadkommas med en syrebärare i form av en metalloxid som transporterar syret från luften till bränslet. På detta sätt späds förbränningsprodukterna, alltså koldioxid och vattenånga, inte ut med den stora mängd kvävgas som finns i luft. Efter kondensering av vatten erhålls idealt ren koldioxid utan ytterligare processteg.

Kemcyklisk förbränning har potential att kunna erbjuda lägre kostnader och energiförluster än de tidigare nämnda teknikerna, men kemcyklisk förbränning är ännu inte en kommersiellt tillämpad teknik. Tekniken är föremål för fortsatt forskning och utveckling, bl.a. vid Chalmers tekniska högskola.

Figur 11.5 Schematisk beskrivning av kemcyklisk förbränning



Val av teknik för avskiljning av koldioxid

Det är i nuläget inte möjligt att avgöra vilken eller vilka avskiljningstekniker som kan komma att bli dominerande i framtiden. De olika avskiljningsteknikerna har alla styrkor och svagheter och det går inte att förutse vilka eventuella tekniksprång som kommer att ske. Valet av teknik kommer också i hög grad att vara beroende av platsspecifika förutsättningar. Exempel på sådana mer specifika förutsättningar är platstillgång för avskiljningsutrustning, tillgång till överskottsvärme, möjlighet att ta till vara spillvärme genom fjärrvärme, koldioxidkoncentration i rökgaserna samt om installationen sker på en befintlig anläggning eller inte.

Det är viktigt att poängtera att det tekniskt sett är utan betydelse om koldioxiden som avskiljs kommer från biomassa eller från ett fossilt bränsle, eftersom koldioxidmolekylen är densamma. Däremot ger förbränning av olika bränslen upphov till rökgaser med olika sammansättning, vilket i sin tur kan ha stor betydelse för val av avskiljningsteknik, kostnaden för avskiljningen och eventuellt även för senare led i CCS-kedjan. Det är inte ovanligt att en anläggning har koldioxidutsläpp av både biogent och fossilt ursprung. Detta är exempelvis fallet för avfallsförbränningsanläggningar, eftersom hushållsavfall innehåller både biogena och fossila fraktioner.

Innan den avskilda koldioxiden kan transporteras vidare till en lagringsplats behöver den komprimeras oavsett om transporten sker via rörledning eller fartyg, även om transportsättet har betydelse för

vilket tryck som behöver uppnås. Att komprimera koldioxid är tekniskt okomplicerat men energikrävande.

11.1.3 Transport av koldioxid

Avskild koldioxid behöver transporteras till en lämplig lagringsplats. Detta sker i första hand via rörledning eller fartyg. Koldioxiden transporteras under tryck för att minska volymen. De stora volymerna koldioxid vid CCS är skälet till att andra transportalternativ än rörledning och fartyg sällan är aktuella, inte minst av kostnadsskäl. För korta sträckor och begränsade volymer kan dock transport av koldioxid i flytande form på lastbil eller tåg vara ett alternativ under vissa förutsättningar. Exempelvis kan lastbil eller tåg användas för transport mellan avskiljningsanläggning och djuphamn, varifrån vidare transport kan ske per fartyg om det av något skäl inte är lämpligt eller möjligt att anlägga en kort rörledning.

Transport av koldioxid via rörledning

Rörledningstransport är generellt en mycket väl etablerad teknik, och erfarenheten av storskalig och långväga rörledningstransport av gasformiga kolväten spänner över flera decennier. Det finns i dag rörledningar dragna i alla typer av terräng och klimat, inklusive i Arktis, längs havsbotten och över bergskedjor. Även rörledningstransport av koldioxid sker sedan lång tid tillbaka i stor skala, primärt i syfte att leverera koldioxid för s.k. *enhanced hydrocarbon recovery* (en metod för att öka utvinningen av naturgas och olja) i bl.a. Nordamerika. I mindre skala transporteras koldioxid i rörledningar även i Europa och i Sverige.

Mängden koldioxid som ska transporteras avgör vilken dimension som väljs för rörledningen. Att välja dimension kan vara en svår avvägning, eftersom större dimensioner ökar kostnaden, men om en situation skulle uppstå där transportbehovet överstiger rörledningens kapacitet måste en ny rörledning byggas.

Metoder för att övervaka rörledningstransporter finns tillgängliga, vilket gör att eventuella läckage av koldioxid kan identifieras och fel åtgärdas. Om ett läckage sker där människor vistas finns risk för hälsa och liv, eftersom koldioxid över en viss koncentration är död-

lig. Risken för läckage av koldioxid är dock sannolikt låg; enligt FN:s klimatpanel IPCC är risken för läckage, med utgångspunkt i rapporterade incidenter med naturgas i rörledningar, ungefär 0,0002 per kilometer rörledning och år.¹ Flertalet av dessa läckage inträffade dessutom på rörledningar av mycket små dimensioner i distributionsnät. Den vanligaste orsaken till läckage av naturgas var mekanisk åverkan utifrån, exempelvis av arbetsmaskiner.

Koldioxid kommer dock inte att transporteras i rörledningssystem som liknar distributionsnät för naturgas, eftersom avskiljning av koldioxid i första hand är aktuell vid stora punktkällor. Rörledningarna kommer därmed att vara av betydligt större dimensioner.

Fartygstransport

Koldioxid transporteras redan i dag med fartyg i Europa. Volymerna koldioxid som hanteras är dock små, och slutmålet för transporterna är inte ett permanent koldioxidlager utan användning av koldioxiden inom exempelvis livsmedelsindustrin (dvs. CCU).

Fartygstransport av koldioxid liknar dock i tekniskt avseende transport av vissa flytande kolväten, t.ex. naturgas och petroleumgas, s.k. *liquified natural gas* (LNG) och *liquified petroleum gas* (LPG). Av dessa verksamheter finns betydande erfarenhet sedan mer än 50 år tillbaka i tiden. Samma varv som bygger LNG- och LPG-fartyg kan också bygga fartyg för koldioxidtransport, och fartygen kan byggas så stora som behövs. Dagens stora LNG-fartyg skulle, om de var byggda för koldioxidtransport, kunna frakta över 200 000 ton. De fartyg som fraktar koldioxid i dag är dock betydligt mindre än så. Där transporteras dessutom koldioxiden nedkyld och under tryck, så att den är i flytande form och har hög densitet.

Koldioxid som avskiljs vid en anläggning måste mellanlagras på land i väntan på fartygstransport till lagringsplatsen. Den minsta möjliga storleken på mellanlagret avgörs huvudsakligen av hur mycket koldioxid som hinner avskiljas mellan två planerade fartygstransporter. Storleken på mellanlager och fartyg, samt hur många fartyg som används, beror bl.a. på avståndet till lagringsplatsen och anpassas så att detta passar det aktuella CCS-projektet.

¹ IPCC (2005).

Under transporten förångas en viss mängd av koldioxiden inuti tankarna, vilket skulle höja trycket om den inte ventilerades. En viss förlust av koldioxid (någon procent av transporterad last) sker därför normalt under transporten. Fartygstransporterna av koldioxid inom ramen för det norska s.k. Fullskaleprojektet (se kapitel 9) ska dock kunna ske utan förlust av last, med undantag för en bråkdelens procent vid lastning och lossning.²

Fartyg som fraktar koldioxid kan angöra en hamn för lossning av lasten eller lossa till havs i anknytning till lagringsplatsen. Lossning till havs kan dock vara svårt i områden med ibland svåra väderförhållanden, t.ex. på Nordsjön. Om inte fartyget ska tvingas stanna kvar medan koldioxiden injekteras i lagret krävs därför mellanlager även vid lossningsplatsen.

Risken för att en olycka skulle leda till läckage av koldioxid från ett fartyg bedöms vara låg, med utgångspunkt i erfarenheterna från LNG-transporter. Det har hittills inte inträffat någon olycka med LNG-fartyg som orsakat läckage av naturgas, efter mer än 80 000 hamnanlöp under mer än 50 år.³ Ett utsläpp av flytande koldioxid till havs förväntas inte heller leda till långsiktiga miljöeffekter (vid sidan av klimatpåverkan), till skillnad från exempelvis utsläpp av petroleumprodukter. De kortsiktiga riskerna för miljö och hälsa vid ett läckage är dock inte helt klarlagda, eftersom det är svårt att förutse hur en större mängd flytande och mycket kall koldioxid skulle bete sig i kontakt med havsvatten.

11.1.4 Lagring av koldioxid

I teorin kan koldioxid lagras på ett stort antal sätt. Eftersom kvantiteten koldioxid som ska lagras vid CCS är mycket stor, och eftersom syftet med CCS är att permanent isolera lagrad koldioxid från atmosfären, begränsas dock i praktiken lagringsalternativen väsentligt. Det är t.ex. möjligt att låta avskild koldioxid reagera med vissa mineraler i en industriell process som mineraliserar koldioxiden, men volymerna mineral som måste hanteras blir mycket stora, liksom energiåtgången för mineralbrytning, krossning, transporter och värmepro-

² Northern Lights, Per Sandberg, personlig kommunikation (2019).

³ Pitblado m.fl. (2004).

duktion för att snabba på reaktionsprocessen. Det är också utmanande att uppnå en tillräcklig hastighet i mineraliseringsprocessen.

Injektion av koldioxid i djuphavet har diskuterats som ett möjligt lågkostnadsalternativ, men det finns avgörande frågetecken kring bl.a. lagringens permanens och miljökonsekvenserna. Lagring i djupvatten är därför uttryckligen förbjudet inom EU och enligt internationell rätt.

Det lagringsalternativ som i nuläget är huvudspåret för CCS är i stället s.k. geologisk lagring av koldioxid. Sådan lagring kan i sin tur ske på olika sätt. Lagring i s.k. djupt liggande akviferer är ett tekniskt sett moget alternativ som bedöms ha störst potential. Andra alternativ är mineralisering av koldioxid genom injektion i basiska bergarter som basalt och inbindning av koldioxid genom injektion i djupt liggande kollager. De båda sistnämnda alternativen har i teorin en betydande potential globalt sett, dock inte i Sverige på grund av geologiska förutsättningar, men det behövs ytterligare forskning i stor utsträckning innan det går att avgöra alternativens potential i praktiken.

IPCC bedömer att det är sannolikt att 99 procent eller mer av den koldioxid som injekteras i en lämplig lagringsplats finns kvar efter 1 000 år.⁴ Den bedömningen bygger inte bara på erfarenheter från nutida lagringsprojekt av koldioxid och simuleringar utan även på observationer av hur gas och kolväten förekommer naturligt i berggrunden. Den globalt sett rikliga förekomsten av olje-, naturgas- och koldioxidfickor visar att kolväten och gaser kan hållas kvar i geologiska formationer i tiotals miljoner år.

De tekniker som krävs för geologisk lagring av koldioxid, inklusive för datorsimulering av lagringsplatsen och för övervakning av injekterad koldioxid, har utvecklats inom olje- och gasindustrin, men de kan även tillämpas för CCS med små modifikationer.

⁴ IPCC (2005).

Lagring i djupt liggande akviferer

Sveriges geologiska undersökning (SGU) överlämnade 2017 en rapport⁵ till regeringen om geologisk lagring av koldioxid i Sverige som svar på ett uppdrag i myndighetens regleringsbrev. Rapporten ligger till grund för nedanstående text om lagring av koldioxid i akviferer.

En akvifer definieras av SGU som en regionalt utbredd men ändå geometriskt och strukturellt avgränsad berggrundsstruktur som är tillräckligt permeabel och porös för att kunna hålla stora volymer vatten. Porositeten anger hur stor andel av akviferbergarten som utgörs av porer. Högre porositet innebär mer plats för injekterad koldioxid, vilket i sin tur ökar potentialen för lagring. Sandstensakviferer har ofta en porositet på mellan 10 och 30 procent, vilket är förhållandevis mycket. De är därför väl ägnade för koldioxidlagring.

Permeabiliteten är ett mått på akviferbergartens förmåga att släppa igenom vatten eller gas. Vid låg permeabilitet krävs ett högre injekteringstryck och längre tid för att injektera en given mängd koldioxid, jämfört med om permeabiliteten är hög. Hur mycket och hur snabbt koldioxid kan injekteras i en akvifer beror också på akviferens mäktighet (tjocklek), där stor mäktighet innebär en fördel. Akviferer med hög permeabilitet (över 100 mD, där D betecknar enheten darcy) och en mäktighet av minst 20 meter är därför att föredra vid koldioxidlagring.

Med en djup akvifer avses en akvifer som befinner sig på sådant djup att trycket är så högt att koldioxid kan lagras i s.k. superkritiskt tillstånd. Koldioxid uppnår superkritiskt tillstånd när temperaturen överstiger 31,1 °C och trycket 73,9 bar. Generellt gäller att en akvifer måste ligga på minst 800 meters djup för att dessa kriterier ska uppfyllas. En given mängd koldioxid i superkritiskt tillstånd har avsevärt lägre volym än motsvarande mängd koldioxid i gasform. Densiteten för koldioxid (i gasform) vid atmosfärstryck är 2 gram/dm³ medan densiteten på 800 meter djup som superkritisk vätska överstiger 600 gram/dm³.

⁵ Sveriges geologiska undersökning (2017).

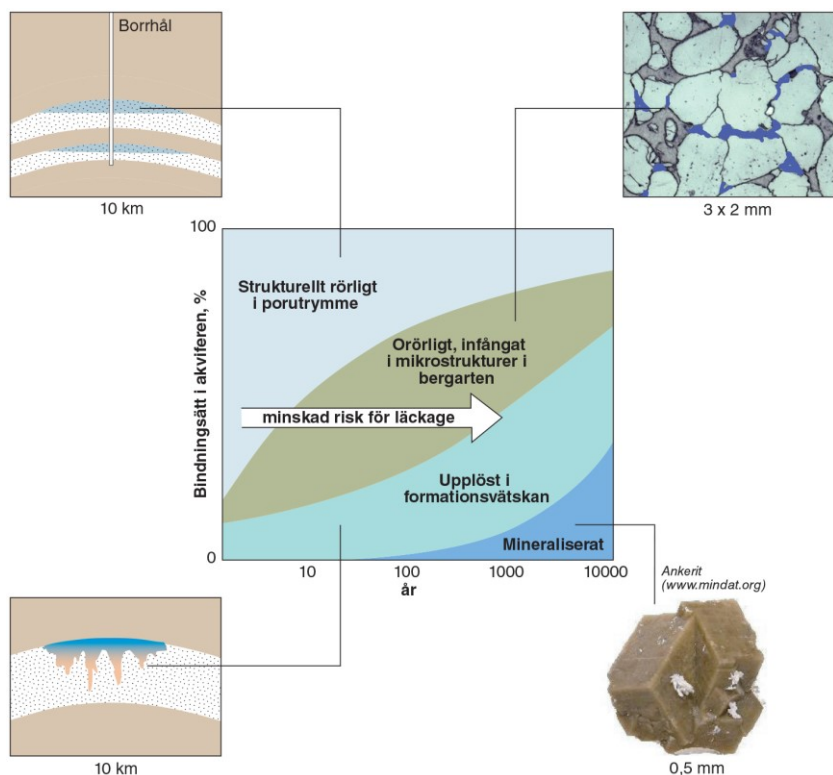
En förutsättning för att en akvifer ska kunna erbjuda möjlighet till koldioxidlagring är att det finns en tät (mycket låg permeabilitet) takbergart ovanför akviferen. Takbergarten ska även vara fri från sprickor och helst vara av större mäktighet än 100 meter. Takbergarten ska bilda en ogenomtränglig barriär för koldioxiden och förhindra att koldioxid når markytan. Exempel på möjliga takbergarter är lera, lersten och lerskiffer.

Koldioxid som injekteras i en djup akvifer binds genom fyra olika bindningssätt:

1. Den superkritiska koldioxiden är lättare än det omgivande vattnet varför koldioxiden stiger uppåt i akviferen för att ansamlas i porutrymmena under takbergarten, som förhindrar att koldioxiden stiger ytterligare. Detta sker relativt snabbt, vilket medför att detta bindningssätt dominerar inledningsvis.
2. En stor del av koldioxiden binds eller fastnar i mikrofällor i bergarten när koldioxiden stiger uppåt mot takbergarten.
3. Koldioxiden löser sig långsamt i akviferens vatten som då ökar i densitet och börjar sjunka. I storleksordningen 50 kg koldioxid kan lösa sig i en kubikmeter av akviferens vatten, men mängden beror på tryck och salthalt. På hundra år kan cirka en fjärdedel av koldioxiden ha löst sig i akviferens vatten.
4. På lång sikt sker en mineralisering av koldioxiden genom att den reagerar med mineraler i berggrunden. Mineraliseringen är dock en långsam process som blir betydelsefull först i ett tidsperspektiv på hundratals till tusentals år.

De fyra bindningssätten förekommer parallellt men andelarna som binds på de olika sätten ändras med tiden. Successivt sker en förskjutning från stor dominans av bindningssätt 1 till allt större betydelse av bindningssätten 2, 3 och slutligen 4, i denna ordning. Koldioxidens bindningsgrad ökar stegvis från bindningssätt 1, via bindningssätt 2 och 3, till bindningssätt 4. Detta innebär att med tiden binds koldioxiden allt hårdare i lagret, vilket gör att risken för koldioxidläckage minskar.

Figur 11.6 De fyra bindningssätten av koldioxid i en akvifer



Källa: Sveriges geologiska undersökning, SGU.

Valet av lagringsplats ska förhindra att injekterad koldioxid når markytan eller grundvatten, för om så skulle ske kan det medföra risker för hälsa och miljö. Det är därför viktigt att övervakning sker av hur den injekterade koldioxiden beter sig i lagret. Övervakning medger bl.a. möjlighet att vidta åtgärder om koldioxiden inte sprider sig på förväntat sätt. När den situationen uppstod i det norska Snøhvit-projektet (se kapitel 9) flyttades injekteringspunkten för att undvika risk för läckage.

Metoder för att övervaka hur koldioxiden sprider sig i ett lager bygger vanligtvis på seismiska mätningar, på mätning av tyngdkraft eller på elektrisk ledningsförmåga. Den geofysiska övervakningen kompletteras också med provtagning, t.ex. av pH i ytvattnet.

Tillgången till potentiella djupa akviferer för lagring av koldioxid bedöms globalt sett vara god. IPCC bedömde 2005 att lagringspotentialen uppgår till minst 1 000 miljarder ton koldioxid men att den kan vara så mycket som en tiopotens högre. Till detta kan adderas lagringspotential i tömda olje- och gasfält. Senare bedömningar från exempelvis Global CCS Institute indikerar en lagringspotential som överstiger 10 000 miljarder ton.⁶ Som jämförelse uppskattas världens årliga fossila koldioxidutsläpp uppgå till 35–40 miljarder ton.

Injektering av koldioxid för ökad utvinning av kolväten

Koldioxid kan också användas i producerande olje- och gasfält för att öka utvinningen av kolväten, s.k. *enhanced hydrocarbon recovery* (EHR). Koldioxid har sedan 1970-talet använts för att öka utvinningen ur oljefält. En del av koldioxiden binds då i oljereservoaren medan en del följer med oljan upp. Koldioxiden som följer med oljan upp kan avskiljas och sedan återinjiceras. Koldioxid kan också injekteras i samband med naturgasutvinning för att öka denna, men då försöker man minimera risken för att naturgasen blir förorenad av koldioxid.

Även när koldioxid injekteras i geologiska formationer för EHR kommer en betydande andel av den injekterade koldioxiden att stanna under markytan och bli permanent lagrad. EHR tillämpas för att det är kommersiellt lönsamt, vilket innebär att den koldioxid som används har ett ekonomiskt värde.

I detta betänkande inkluderas *inte* injektering av koldioxid för EHR i begreppet lagring om så inte tydligt framgår av texten (se t.ex. avsnittet Global utblick).

11.2 CCS i världen, Europa och Sverige

11.2.1 Global utblick

År 2018 var 18 storskaliga projekt för koldioxidlagring i drift i världen (inklusive EHR-projekt).⁷ Av dessa 18 avser 14 projekt med EHR. Resterande 4 projekt avser geologisk lagring av koldioxid utan

⁶ Global CCS Institute (2018).

⁷ Global CCS Institute (2018).

EHR. Av de 18 projekten återfinns 12 i Nordamerika, 3 i Asien, 2 i Europa (båda i Norge) och 1 i Sydamerika (Brasilien). Den totala mängden injekterad koldioxid 2018 uppskattas till knappt 40 miljoner ton.

Flera av de storskaliga lagringsprojekten får sin koldioxid från uppgradering av naturgas. Det första lagringsprojektet där koldioxid avskiljs från ett kraftverk togs i drift 2014 i Kanada (Boundary Dam). År 2016 togs det första storskaliga CCS-projektet inom järn- och stålindustrin i drift i Förenade Arabemiraten (Abu Dhabi CCS). Det första stora projektet inom bio-CCS med geologisk lagring utan EHR togs i drift i USA 2017 (Illinois Industrial). Det projektet avskiljer och lagrar ungefär en miljon ton koldioxid årligen vid produktion av etanol från majs.

Enligt Global CCS Institute förväntas ytterligare 4 storskaliga lagringsprojekt tas i drift i världen 2019 och 2020. Ett av dessa är det hittills största projektet för geologisk lagring utan EHR, med planerad injektering av 3–4 miljoner ton koldioxid årligen (Gorgon, Australien). Ett stort antal ytterligare projekt befinner sig i tidig eller sen utvecklingsfas. Flertalet av dessa projekt återfinns i Europa och Asien (i synnerhet Kina).

Noterbart är att mycket få nya projekt är under utveckling i Nordamerika, den kontinent som har i särklass flest lagringsprojekt i drift. Under 2018 antogs dock en lag i USA som medger en skattnedsättning på 50 US-dollar för varje geologiskt lagrat ton koldioxid utan EHR och 35 US-dollar per ton för lagring med EHR.⁸ Skattnedsättningen ökar väsentligt de ekonomiska incitamenten för CCS i USA och kan leda till att nya projekt initieras.

På delstatsnivå har Kalifornien nyligen beslutat att CCS ska kunna räknas som en certifikatberättigad åtgärd inom ramen för delstatens styrmedel Low Carbon Fuel Standard som syftar till att minska klimatpåverkan från drivmedelsanvändning.⁹

⁸ Section 45Q, Bipartisan Budget Act of 2018 (baserad på lagförslag s. 1535, the Furthering carbon capture, Utilization, Technology, Underground storage, and Reduced Emissions Act [FUTURE Act]).

⁹ Carbon Capture and Sequestration Protocol under the Low Carbon Fuel Standard, California Air Resources Board (2018).

11.2.2 CCS och EU

EU och dess medlemsstater gav tidigt uttryck för att CCS har en viktig roll att fylla för att nå målen på klimatområdet. År 2008 uppmanade Europeiska rådet kommissionen att utarbeta en mekanism för att säkerställa att upp till tolv demonstrationsanläggningar för CCS byggs och tas i drift senast 2015. EU lanserade kort därefter två stora satsningar med element för att stödja en sådan utveckling: energiprogrammet för återhämtning (återhämtningsprogrammet) och finansieringsprogrammet för innovativa demonstrationsprojekt (NER 300). Båda satsningarna misslyckades med sitt syfte vad gäller att demonstrera CCS och bidra till dess kommersialisering, vilket också Europeiska revisionsrätten nyligen konstaterat¹⁰.

Inom ramen för återhämtningsprogrammet avsattes 2009 en miljard euro för stöd till CCS-projekt. Stödet kunde användas till planering, utveckling och konstruktion av CCS-anläggningar. Sex projekt beviljades medel, totalt en miljard euro, varav 424 miljoner euro kom att betalas ut. Inget av de stödbeviljade projekten kom dock att resultera i någon demonstrationsanläggning för CCS och samtliga projekt är i dag nedlagda.

NER 300 inrättades 2009 som en del av EU:s utsläppshandels-system, bl.a. för att stödja demonstrationsprojekt inom CCS. För att finansiera stödet genom NER 300 avsattes 300 miljoner utsläppsrätter, därav namnet, vilka såldes av Europeiska investeringsbanken (EIB) för 2,1 miljarder euro. NER 300 beviljar stöd för upp till hälften av tillkommande investeringskostnader och driftskostnader för en CCS-anläggning under en tioårsperiod. I normalfallet ska utbetalning av stöd från NER 300 ske efter att den stödberättigade anläggningen tagits i drift.

Målet var att åtta CCS-projekt skulle beviljas stöd från NER 300. Inga pengar har dock utbetalats till något CCS-projekt från NER 300, eftersom inget av det totala projekt som ansökt om stöd har realiserats. Någon ytterligare ansökningsomgång kommer inte att äga rum.

Enligt Europeiska revisionsrätten är en huvudorsak till att EU:s CCS-satsningar misslyckades att priset på utsläppsrätter sjönk dramatiskt 2011 och 2012. Projekten förväntade sig ett utsläppsrättspris på 20–40 euro eller ännu högre under driftsfasen, medan utsläppsrättspriset kom att ligga på 5–7 euro. Detta försämrade inte bara

¹⁰ Europeiska revisionsrätten (2018).

lönsamheten av projekten utan det minskade också väsentligt stödet från NER 300, vilket inte fick överstiga värdet av 45 miljoner utsläppsrätter för ett enskilt projekt. Medlemsstaterna var inte beredda att öka sitt stöd för att täcka upp för detta. Europeiska revisionsrätten drar också slutsatsen att utbetalning av stöd först efter att en anläggning tagits i drift, huvudprincipen för NER 300, inte minskade affärsrisken för projekten på det sätt som var avsett, vilket bidrog till att flera projekt lades ner.

Det är sannolikt att även andra faktorer bidrog till att CCS-projekten inom NER 300 lades ner. Exempel på sådana faktorer är att det var låg ekonomisk tillväxt under aktuell tidsperiod, att resultatet från klimatkonferensen i Köpenhamn 2009 inte levde upp till förväntningarna och att det fanns problem med acceptansen för CCS.

Det finns ingen storskalig CCS-anläggning i drift i någon av EU:s medlemsstater i dag. EU fortsätter dock att satsa på CCS och CCU, inte minst genom satsningar inom ramen för den s.k. Innovationsfonden (se nedan) och den s.k. SET-planen (The European Strategic Energy Technology Plan). SET-planen syftar till att påskynda utveckling och spridning av teknik med låga växthusgasutsläpp, inklusive CCS. Genom EU:s forskningsprogram Horisont erbjuds också sedan länge finansiering för forskning och pilotverksamhet inom CCS. Demonstrationsprojekt inom CCS och CCU kan åtminstone fram till 2020 ansöka om medel från ett av EU:s finansieringsinstrument för energiområdet, InnovFin EDP.

Fonden för ett sammanlänkat Europa (Connecting Europe Facility, CEF) medger stöd till projekt för att bygga upp gränsöverskridande energiinfrastruktur inom EU. För CCS kan det handla om rörledningar, men eftersom CEF medger stöd för exempelvis LNG-terminaler bör även anläggningar som möjliggör gränsöverskridande fartygstransport av koldioxid kunna vara stödberättigade.

Innovationsfonden

Som en del av översynen av utsläppshandelssystemet inför den fjärde handelsperioden (som inleds 2021) beslutade EU våren 2018 att inrätta Innovationsfonden. Innovationsfonden syftar till att påskynda kommersialiseringen av klimatsmart teknik, och den ska bl.a. stimulera till att anläggningar för CCU och CCS byggs och hålls i drift.

Innovationsfonden ska finansieras genom försäljning av minst 450 miljoner utsläppsrätter. Dessutom förs resterande medel i NER 300 över till Innovationsfonden, vilket innebär ett tillskott på cirka 800 miljoner euro. Vid ett utsläppsrättspris på 25 euro (vilket motsvarar utsläppsrättspriset hösten 2019) och försäljning av 450 miljoner utsläppsrätter skulle Innovationsfondens totala medel komma att uppgå till drygt 12 miljarder euro.

Stöd från Innovationsfonden ska kunna täcka upp till 60 procent av investerings- och driftskostnaderna under en tioårsperiod för den innovativa tekniken. Upp till 40 procent av beviljat stöd ska kunna betalas ut innan en anläggning tagits i drift. Detaljerade regler för hur Innovationsfonden ska fungera återfinns i en delegerad akt¹¹ som Europeiska kommissionen beslutade om i februari 2019.

En första sökomgång för stöd ur Innovationsfonden kommer enligt nuvarande tidsplan att hållas andra halvan av 2020. Därefter kommer regelbundna sökomgångar att anordnas fram till 2030. Stöd från Innovationsfonden får kombineras med annan EU-finansiering, exempelvis från forskningsprogrammet Horisont.

Urvalskriterierna som ska tillämpas för att välja ut vilka projekt som ska beviljas stöd utgår från vilken utsläppsminskning som projektet uppnår, graden av innovation samt projektets mognad, skalbarhet och kostnadseffektivitet. För projekt som uppfyller de två första kriterierna på ett fullgott sätt, men som inte bedöms vara mogna, ska stöd kunna ges för att vidareutveckla projektet.

11.2.3 CCS i Sveriges närområde

Norge

Norge är ett av de ledande länderna i världen när det gäller CCS generellt och i synnerhet gällande geologisk lagring av koldioxid. Koldioxid har injekterats och lagrats i en djup akvifer under havsbotten vid naturgasfältet Sleipner i Nordsjön sedan 1996.

Den naturgas som utvinns från Sleipnerfältet har en för hög koldioxidhalt för att kunna säljas direkt och därför avskiljs koldioxiden redan ute till havs på plattformen. Sedan 2007 sker också avskiljning av koldioxid från naturgas utvunnen ur Snøhvitfältet utanför Nord-

¹¹ Kommissionens delegerade förordning (EU) C(2019) 1492 om komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG vad gäller driften av innovationsfonden.

norge. I det fallet sker koldioxidavskiljningen på land i samband med att naturgasen omvandlas till flytande naturgas (LNG), varefter koldioxiden transporteras via rörledning och injekteras i en lagringsplats i en djup akvifer under havsbotten. Totalt har dessa båda projekt lagrat över 20 miljoner ton koldioxid till dags dato och båda projekten är i fortsatt drift. Koldioxiden lagras i båda projekten i akviferer skilda från dem som innehåller den naturgas som utvinns. Det är alltså frågan om geologisk lagring utan EHR.

Ovan nämnda CCS-projekt är lönsamma eftersom alternativet till CCS-lösningen är att betala koldioxidskatt för den koldioxid som skulle släppas ut utan CCS, vilket skulle medföra en högre kostnad.

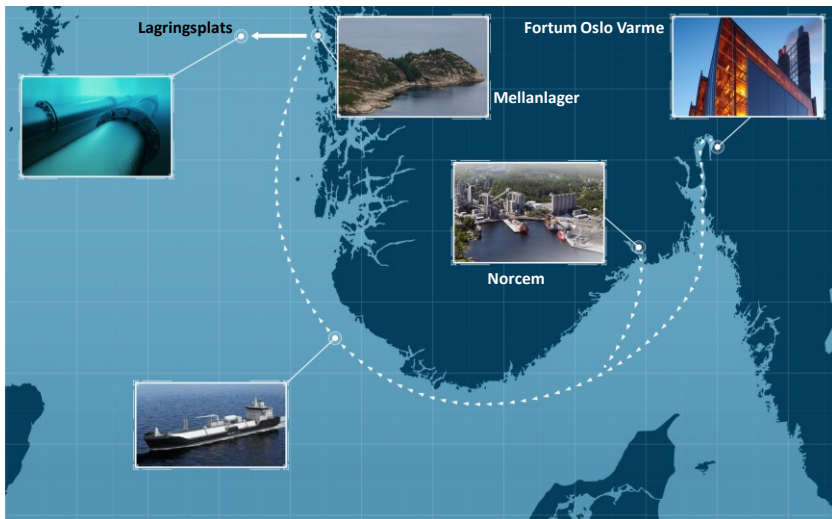
Hur den injekterade koldioxiden betar sig i lagringsplatserna övervakas kontinuerligt och för Sleipnerfältet har övervakningen pågått i över 20 år. Resultaten från övervakningen pekar på att koldioxiden kommer att förbli bunden till lagringsplatserna.

Det norska Fullskaleprojektet

Norge arbetar för att få till stånd ett storskaligt projekt för hela CCS-kedjan som syftar till att lägga grunden för en framtida infrastruktur för CCS i Östersjö- och Nordsjöområdet. Projektet, som kallas Fullskaleprojektet, inleddes 2016. Fullskaleprojektets första del innebär att koldioxid ska avskiljas från en cementfabrik (Norcem i Brevik) och/eller ett kraftvärmeverk (Fortum Oslo Varme, en avfallsförbränningsanläggning i Klemetsrud utanför Oslo) och transporteras via fartyg till ett mellanlager på land norr om Bergen. Från mellanlagret ska koldioxiden transporteras vidare i en cirka tio mil lång rörledning till lagret i en akvifer på 2 000–3 000 meters djup under Nordsjön.

Från Norcem och Fortum Oslo Varme ska enligt planerna ungefär 400 000 ton koldioxid avskiljas per anläggning och år. Två fartyg (ett fartyg per avskiljningsanläggning) med kapacitet att frakta 7 500 kubikmeter flytande koldioxid vardera, vilket motsvarar ungefär 8 000 ton per fartyg, är tänkta att gå i skytteltrafik mellan avskiljningsanläggningarna och mellanlagret cirka 70 mil bort.

Figur 11.7 Det norska Fullskaleprojektet



Källa: Modifierad från Gassnova.

Lagret är tänkt att drivas av ett konsortium bestående av Equinor (f.d. Statoil), Shell och Total. I januari 2019 beviljade den norska regeringen tillstånd för lagring av koldioxid i den tänkta lagringsplatsen. Konsortiet ansvarar också för transportdelen av Fullskaleprojektet, vilket innebär att Norcem och Fortum Oslo Varme kan fokusera på avskiljningen av koldioxid.

Fullskaleprojektet bygger på fyra principer:

1. Norska staten ger stöd till de inblandade företagen.
2. Företagen ska driva sina delprojekt enligt egna metoder.
3. Företagen äger och driver sina respektive anläggningar.
4. Företagen måste bidra aktivt till kunskapsutveckling och kunskapsspridning.

Den totala kostnaden för att genomföra fullskaleprojektet uppskattas till 17 miljarder norska kronor. Investeringarna i de två avskiljningsanläggningarna och drift av dessa i fem år beräknas uppgå till 8,4 miljarder norska kronor; resterande del av de 17 miljarderna avser kostnader för transport och lagring. Den norska staten tar en

stor del av kostnaden. För att säkra den norska statens investering och intresse i projektet har det statligt ägda företaget Gassnova bildats. Gassnova, som rapporterar till regeringen, leder Fullskaleprojektet på övergripande nivå, delar ut stöd till inblandade företag och verkar för att kunskap från projektet sprids.

Enligt tidsplanen för Fullskaleprojektet ska Stortinget fatta investeringsbeslut 2020 eller senast 2021. Vid positivt beslut kan projektet vara i drift 2023/2024.

Infrastrukturen i Fullskaleprojektet är generellt överdimensionerad jämfört med vad som krävs för att ta omhand den mängd koldioxid som kan avskiljas vid de två anläggningarna som ingår i projektet. Olika delar av infrastrukturen har dock olika stor flexibilitet vad gäller att kunna hantera större mängder koldioxid. Den rörledning som ska förbinda mellanlagret med lagringsplatsen har enligt planerna kapacitet att transportera 5 miljoner ton koldioxid per år, dvs. drygt fem gånger mer koldioxid än vad som är tänkt att avskiljas av Norcem och Fortum Oslo Varme. Den planerade injekteringsbrunnen, dvs. borrhålet för injektering av koldioxid, beräknas kunna injektera 1,5 miljoner ton koldioxid per år in i lagringsenheten. För att injektera en större mängd koldioxid per år än så krävs fler injekteringsbrunnar.

Infrastrukturens överkapacitet, i kombination med en transportlösning baserad på fartyg, skapar möjlighet för anläggningar som är intresserade av CCS, inklusive anläggningar lokaliserade utanför Norge, att avtala om tillgång till den norska lagringslösningen. Detta är ett av huvudmålen med Fullskaleprojektet: att skapa förutsättningar för Norge att bli ett regionalt centrum för koldioxidlagring genom att projektet följs av fler CCS-projekt som kan nyttja samma infrastruktur. Norge, både statliga och privata aktörer, uppväktar därför företag och regeringar i Nordsjö- och Östersjöregionen i syfte att sälja in konceptet CCS med lagring i Norge och fartygstransport av koldioxiden dit. Förhandlingar om lagring i Norge ska enligt uppgift från Fullskaleprojektet pågå med ett femtontal nord-europeiska anläggningar.

Den valda lagringsplatsen i Nordsjön förväntas ha kapacitet att ta emot minst 100 miljoner ton koldioxid. Lagringsplatsens kapacitet är dock sannolikt större än så, vilket undersökningar i samband med en planerad undersökningsborrning och den framtida koldioxidinjekteringen kan komma att visa. Fler potentiella lagringsenheter

har dessutom identifierats i närheten av den valda lagringsplatsen, inklusive inom samma geologiska formation, vilket innebär att möjlighet finns att i framtiden lagra stora volymer koldioxid inom samma område.

Om efterfrågan på lagring skulle bli större än vad nuvarande dimensionering av infrastrukturen inom Fullskaleprojektet tillåter behövs ytterligare injekteringsbrunnar och en expansion av mellanlagret i form av kajplatser, tankar och pumpkapacitet. När det tillkommer avskiljningsanläggningar krävs därtill sannolikt fler fartyg för att kunna transportera koldioxiden från anläggningarna till mellanlagret.

Övriga närområdet

Vid sidan av det norska fullskaleinitiativet bedöms det nederländska Port of Rotterdam CCUS Backbone Initiative/Porthos vara det europeiska storskaliga CCS-projekt som kommit längst. Projektets fokus är, i likhet med sin norska motsvarighet, att etablera en infrastruktur för transport och geologisk lagring av koldioxid som industriaktörer kan ansluta sig till efterhand. Rotterdams hamnområde är ett centrum för tung industri inom bl.a. petrokemi. Lagringsplatsen förväntas bli en tömd naturgasreservoar under Nordsjön. I projektets första fas planeras för en lagring av cirka 2 miljoner ton koldioxid årligen, vilket sedan ska öka till cirka 5 miljoner ton årligen.

Tidsplanen för Port of Rotterdam CCUS Backbone Initiative/Porthos är sannolikt ungefär densamma som för Fullskaleprojektet i Norge. Projektet låg före det norska men drabbades av ett bakslag 2017 när en av huvudaktörerna, ett kolkraftverk från vilket koldioxid var tänkt att avskiljas, drog sig ur. Status och tidplan för projektet är nu svårbedömda, även om projektet uppges löpa vidare, eftersom den publikt tillgängliga informationen är sparsam.

I Storbritannien finns ett flertal CCS-projekt som befinner sig i olika utvecklingsfaser; inget annat europeiskt land har samma bredd i pågående utvecklingsprojekt som kan leda till storskaliga CCS-projekt i slutet av 2020-talet. De flesta projekten är kopplade antingen till produktion av vätgas ur naturgas eller till industriella kluster där ett stort antal anläggningar kan dela på en gemensam infrastruktur för transport och lagring av koldioxid. Lagring planeras ske i djupa akviferer eller tömda naturgasreservoarer under Nordsjön.

Både Nederländerna och Storbritannien har en historia av statliga satsningar på CCS-området. Båda länderna var genom garantier om statlig medfinansiering involverade i storskaliga CCS-projekt som ansökte om stöd från NER 300. Storbritannien påbörjade också ett anbudsförfarande för att välja ut ett storskaligt CCS-projekt som skulle beviljas stöd om en miljard pund. Två projekt deltog i förfarandet som dock avbröts av regeringen i ett sent skede 2015. CCS fortsätter dock av allt att döma att vara en viktig komponent i såväl Nederländernas som Storbritanniens klimatpolitik.

Tyskland är inte, och har inte haft någon politisk ambition att bli, en ledande CCS-nation i Europa. Tyskland har genom sin lagstiftning kraftigt begränsat möjligheterna till koldioxidlagring inom landets gränser. Ingen enskild lagringsplats får ta emot mer än 1,3 miljoner ton koldioxid per år och den totala årliga mängden som får injekteras i lagringsplatser i Tyskland får inte överstiga 4 miljoner ton. Endast pilot- och demonstrationsprojekt är möjliga, och det är upp till varje enskild förbundsstat att besluta om lagring ska vara tillåten eller inte.

Det tyska ställningstagandet om begränsad koldioxidlagring är i mycket ett resultat av den kraftiga opinion som växte fram mot planerna på CCS vid tyska kolkraftverk i mitten på 2000-talet. Motståndet mot CCS bottnade i misstro till teknikens säkerhet men sannolikt i ännu högre grad i att CCS ansågs vara ett sätt att driva den tyska kolkraften vidare på bekostnad av satsningar på förnybar energi.

Svenska Vattenfall var ett av de företag som under 2000-talet satsade stort på CCS kopplat till kolkraft i Tyskland. En demonstrationsanläggning för koldioxidavskiljning byggdes vid kolkraftverket Schwarze Pumpe och långt gångna planer fanns för att uppföra ytterligare en demonstrationsanläggning vid kolkraftverket Jämschwalde. Vattenfall övergav dock planerna för Jämschwalde 2011. Forskningen kring avskiljning baserad på oxyfuel vid Schwarze Pumpe avslutades några år senare efter demonstration av avskiljning, trycksättning och lastbilstransport av koldioxiden från en 30 megawatt-anläggning. Beslutet att inte uppföra demonstrationsanläggningen i Jämschwalde berodde enligt Vattenfall på bristande politisk vilja på riksnivån att genomföra Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/31/EG av den 23 april 2009 om geologisk lagring av koldioxid (CCS-direktivet)

på ett sätt som skulle möjliggöra ett demonstrationsprojekt för CCS i Tyskland.¹²

Eventuellt kan det tyska ställningstagandet i CCS-frågan vara på väg att omprövas, och förbundskansler Angela Merkel indikerade våren 2019 att CCS är en nödvändighet för att Tyskland ska nå klimatneutralitet vid mitten av århundradet.¹³

I Danmark och Finland befinner sig CCS i ungefär samma stadium som i Sverige. CCS har inte varit någon fråga som tagit stor plats i den offentliga debatten i Danmark och Finland, till skillnad från i Tyskland. I Danmark förekom dock ett omfattande lokalt motstånd mot Vattenfalls CCS-planer för Nordjyllandsværket, vilka inkluderade geologisk lagring på land i Danmark. Den dåvarande danska regeringen avlog Vattenfalls ansökan om lagringstillstånd 2011 och Vattenfall övergav sedermera projektet. Den danske klimatministern Martin Lidegaard motiverade i ett brev till Folketinget avslaget med att regeringen vill invänta erfarenheter från CCS-projekt utomlands innan den tar ställning till om koldioxidlagring på land kan tillåtas.¹⁴ Koldioxidlagring är i nuläget förbjudet i Danmark men frågan ska åter prövas 2020.¹⁵

Danmark har med stor sannolikhet tillgång till möjliga lagringsplatser i form av djupa akviferer inom landets gränser och ekonomiska zon, vilket Finland genom sina geologiska förutsättningar med kristallin berggrund inte har.

Ett antal pilotprojekt och förstudier på CCS-området har genomförts i Danmark och Finland, men inget storskaligt projekt befinner sig för närvarande i sent utvecklingsstadium i något av länderna. Finland har i likhet med Sverige flera stora punktutsläppskällor av biogen koldioxid som skulle kunna bli föremål för koldioxidavskiljning.

I Polen är koldioxidlagring i nuläget förbjuden, med undantag för lagring i samband med demonstrationsanläggningar till havs. Koldioxidlagring är även förbjuden i Lettland. Båda dessa länder bedöms dock ha lagringspotential inom det egna territoriet. Litauen däremot tillåter koldioxidlagring och även Litauen bedöms ha en lagringspotential inom det egna territoriet.¹⁶

¹² Vattenfall (2011).

¹³ Clean Energy Wire (2019).

¹⁴ Klima- og energiministeriet, 2011-10-14, J.nr. 2011-3921.

¹⁵ Sveriges geologiska undersökning (2017).

¹⁶ Sveriges geologiska undersökning (2017).

11.2.4 CCS i den svenska klimatpolitiken hittills

CCS har aldrig varit föremål för någon stor samhällsdebatt i Sverige och har inte varit någon stor politisk fråga. Ingen detaljerad politik har utformats på området av någon regering. Mycket tyder dock på att detta är på väg att ändras och att intresset för CCS och bio-CCS ökar.

I propositionen *En sammanhållen klimat- och energipolitik – Klimat* (prop. 2008/09:162) finns en skrivning om att Sverige bör verka för att en av de planerade EU-finansierade pilotanläggningarna för CCS kopplas till svensk basindustri. CCS tas dock inte upp som ett prioriterat område för forskning, utveckling och demonstration i propositionen och inga åtgärder för att främja CCS i Sverige presenteras. Inget CCS-projekt i Sverige kom heller att ansöka om stöd från NER 300, vilket var den EU-finansiering som syftades på i propositionen.

Krav har framförts på en mer aktiv CCS-politik från regeringens sida, inte minst från den svenska processindustrin som ser CCS som en nyckelfråga för att kunna åstadkomma de utsläppsminskningar som ett uppfyllande av de svenska klimatmålen förutsätter. Ett tydligt exempel på krav på en mer aktiv CCS-politik är innovationsagendan *Processindustrin och nollvisionen*¹⁷ som presenterades 2015. Bakom innovationsagendan står bl.a. flera av den svenska basindustrins branschorganisationer. Flera svenska myndigheter bidrog till finansieringen av projektet. Enligt innovationsagendan bör en nationell CCS-strategi skyndsamt utvecklas, en utredning om ett storskaligt demonstrationsprojekt av hela CCS-kedjan tillsättas och ett sammanhållet forskningsprogram kring processindustrin och CCS skapas.

Den parlamentariskt sammansatta Miljömålsberedningen plockade upp tråden från innovationsagendan i sitt andra delbetänkande *En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige* (SOU 2016:47) men förordar en bredare ansats som tydligare fokuserar även på andra alternativ för utsläppsminskningar än CCS. Miljömålsberedningen anser att en samlad nollutsläppsstrategi för basmaterialindustrin bör utvecklas, inklusive förutsättningarna för CCS i Sverige och möjligheterna att åstadkomma negativa utsläpp genom bio-CCS. Beredningen poängterar även att det är viktigt att utveckla modeller för

¹⁷ Energiforsk (2015).

prissättning av CCS och konstaterar att det i nuläget saknas ekonomiska incitament för bio-CCS. Miljömålsberedningen menar vidare att strategiarbetet behöver inledas med en förstudie och följas av beslut om satsningar på större pilotanläggningar. Regeringen bör också, enligt beredningen, utse en ansvarig myndighet för att driva och koordinera forsknings- och innovationsinsatserna inom ramen för en nollutsläppsstrategi för basmaterialindustrin samt stärka statens samarbete med näringslivet på området.

I propositionen *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige* (prop. 206/17:146) konstaterar regeringen att det finns potential för att tillämpa bio-CCS exempelvis inom massa- och pappersindustrin men att förutsättningarna för att utveckla och tillämpa CCS och bio-CCS i Sverige ännu inte är tillräckligt klarlagda. Propositionen anger också hur CCS och bio-CCS ska räknas gentemot klimatmålen och konstaterar att bio-CCS är en kompletterande åtgärd som därför enbart får räknas av mot utsläpp inom ramen för de kvantitativa begränsningar som gäller för kompletterande åtgärder (se kapitel 3). För CCS av fossil koldioxid gäller enligt propositionen att CCS får ”räknas som en åtgärd där rimliga alternativ saknas”. Propositionen förtydligar dock inte på vilka grunder bedömningen ska ske av om detta villkor är uppfyllt; villkoret återfinns även i Miljömålsberedningens första delbetänkande *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige* (SOU 2016:21) som propositionen är baserad på. Någon kvantitativ begränsning för hur mycket CCS av fossil koldioxid som får tillgodoräknas gentemot klimatmålen anges däremot inte.

Industriklivet¹⁸, som initierades av regeringen 2017, är ett initiativ för att stödja åtgärder för att minska industrins processutsläpp i syfte att bidra till att de klimatpolitiska målen nås. Industriklivet medger bl.a. stöd till förstudier och investeringar. Utöver Industriklivet har regeringen gett Energimyndigheten i uppdrag att under perioden 2016–2019 genomföra innovationsfrämjande insatser för att minska processindustrins utsläpp av växthusgaser.

Skrivelsen *En klimatstrategi för Sverige* (skr. 2017/18:238) innehåller de hittills mest utvecklade resonemangen från en svensk regering om rollen för CCS och bio-CCS i den samlade klimatpolitiken. I skrivelsen gör regeringen bedömningen att CCS, inklusive bio-CCS, kan vara en åtgärd för att minska utsläppen inom vissa

¹⁸ Regleringsbrev för budgetåret 2019 avseende anslag 1:20 Industriklivet (rskr. 2018/19:98) M2018/02934/S (delvis) m.fl.

industrisektorer. Regeringen gör dock bedömningen att det är osannolikt att bio-CCS kommer att vara aktuellt som kompletterande åtgärd för att nå klimatmålen till 2030 men att bio-CCS kan spela en roll på längre sikt. Regeringen konstaterar också att det i dag saknas incitament inom utsläppshandelssystemet eller andra styrmedel för att främja bio-CCS och att det finns juridiska hinder för utvecklingen av CCS.

I skrivelsen aviserar regeringen att en utredning ska tillsättas med uppgift att föreslå en strategi för hur Sverige ska nå nettonollutsläpp senast 2045 och hur kompletterande åtgärder, inklusive bio-CCS, kan bidra till detta, dvs. det som kom att bli Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Även vissa frågor kring CCS generellt kopplas till utredningen.

Regeringen menar i skrivelsen att Industriklivet omhändertar Miljömålsberedningens förslag om satsningar på pilotanläggningar inom basmaterialindustrin.

Våren 2018 överlämnades s.k. färdplaner från nio branscher till regeringen inom ramen för initiativet Fossilfritt Sverige. Bakom färdplanerna står branschorganisationer, företag och offentliga aktörer inom de olika branscherna. Färdplanerna från betong-, bygg- och anläggning-, cement- samt gruv- och mineralbranschen betonar samtliga vikten av att förutsättningarna för CCS förbättras i Sverige. Cementbranschen efterfrågar bl.a. en nationell CCS-strategi och offentliga satsningar på forskning, utveckling och demonstration av CCS.

Våren 2019 överlämnades en färdplan från uppvärmningsbranschen till regeringen i vilken bio-CCS spelar en framträdande roll. Uppvärmningsbranschen sätter upp visionen att fjärrvärmesektorn 2045 levererar 5 miljoner ton i negativa koldioxidutsläpp genom bio-CCS och biokol. För att nå dit ser branschen framför sig en tidslinje där en demonstrationsanläggning inom bio-CCS tas i drift 2025 och en första storskalig anläggning tas i drift 2035 för avskiljning av en miljon ton koldioxid. För att nå detta mål krävs enligt uppvärmningsbranschen bl.a. att regeringen skyndsamt fattar beslut om ett stort statligt stödprogram för forskning och demonstration av CCS för kraftvärme och industri. Vid sidan av detta behövs styrmedel som skapar incitament för bio-CCS, vilket branschen exemplifierar med en ”omvänd koldioxidskatt”. Branschen efterfrågar också en satsning på lagring i Sverige, med sikte på att ta ett svenskt lager i drift 2035.

Fram till dess att ett svenskt lager tas i drift förutsätts samarbete med Norge om koldioxidlagring där.

I den s.k. januariöverenskommelsen från 2019 mellan Centerpartiet, Liberalerna, Miljöpartiet och Socialdemokraterna ingår en satsning för att ”binda tillbaka en del av de utsläpp som redan gjorts” och att ett investeringsstöd ska införas för ”testanläggningar av miljöteknik som medför minusutsläpp”. Förordningen (2017:1319) om statligt stöd till åtgärder för att minska industrins processrelaterade utsläpp av växthusgaser ändrades därför så att stöd kan ges även för att åstadkomma ”negativa utsläpp genom avskiljning, transport och geologisk lagring av växthusgaser av biogent ursprung eller som tagits ut ur atmosfären”. Investeringsstödet för minusutsläpp uppgår till 100 miljoner kronor för 2019 och anslaget är separat från anslaget riktat mot processrelaterade utsläpp. Medlen i satsningen får användas för utgifter kopplade till forskning, utveckling, test, demonstration och investeringar. Medlen får också användas till utgifter för berörda myndigheters arbete kopplade till stödet.

Vid sidan av initiativ av politisk natur från regeringen och näringsliv har forskning, utveckling och pilotverksamhet kopplad till CCS och bio-CCS pågått och pågår i Sverige. Forskning kopplad till CCS och bio-CCS bedrivs exempelvis vid flera svenska högskolor:

- Vid Chalmers tekniska högskola bedrivs forskning om olika avskiljningstekniker och om systemfrågor relaterade till CCS.
- Vid Uppsala universitet bedrivs forskning om koldioxidlagring.
- Vid bl.a. Linköpings universitet pågår forskning om styrmedel och policyfrågor kring bio-CCS.

Uppräkningen av pågående forskningsverksamhet kan göras betydligt längre. Något storskaligt sammanhållet program för CCS-forskning finns dock inte i Sverige och har aldrig funnits, även om svenska forskare har deltagit i flera storskaliga internationella forsknings-samarbeten, t.ex. Nordic CCS Competence Center (NordiCCS) som fokuserar på möjligheterna till CCS i Östersjö- och Nordsjöregionen (se kapitel 9).

Sammantaget kan sägas att även om forskning kring CCS bedrivits och bedrivs i Sverige har området inte varit högt prioriterat av forskningsfinansiärerna. En av förklaringarna till detta är att CCS i början av 2000-talet i mycket sågs som en åtgärd för koleldade

kraftverk. När industrin under första halvan av 2010-talet började visa intresse för CCS gav Energimyndigheten stöd till de s.k. Bastor-projekten om förutsättningar för koldioxidlagring i Östersjöregionen.

För närvarande finns tecken som tyder på att intresset för CCS som forskningsfält ökar från såväl politiskt håll som från näringslivet, vilket kan komma att leda till att CCS-forskningen ökar i Sverige. Antalet CCS-projekt som beviljats stöd från Energimyndigheten har ökat under senare tid, och myndigheten har också låtit ta fram en rapport om behovet av forskning och demonstration på CCS-området¹⁹ inom ramen för regeringsuppdraget om innovationsfrämjande åtgärder för att minska processindustrins utsläpp av växthusgaser.

Uppsvinget för CCS är inte bara en svensk företeelse, utan samma utveckling är tydlig på global nivå enligt exempelvis Global CCS Institute. En förklaring till det ökade intresset för CCS globalt kan vara Parisavtalet och IPCC:s 1,5-gradersrapport som tydliggör behovet av stora utsläppsminskningar i närtid och även av negativa utsläpp, se kapitel 5. För svenskt vidkommande är även tillkomsten av det klimatpolitiska ramverket med dess långtgående klimatmål av betydelse. Även utvecklingen i Norge med Fullskaleprojektet spelar sannolikt en stor roll, eftersom det kan innebära att ett lagringsalternativ finns tillgängligt också för svenska anläggningar i en nära framtid.

¹⁹ Johnsson & Kjærstad (2019).

12 Brister och hinder i lagstiftningen för CCS inklusive bio-CCS

Transport av koldioxid enligt EU:s utsläppshandelssystem

Utredningens förslag

Sverige bör driva att verksamheter vars syfte är andra transporter av koldioxid för lagring än genom rörledning ska ingå i EU:s utsläppshandelssystem. Sverige bör samtidigt ansöka om att föra in (s.k. opt-in) verksamheter vars syfte är andra transporter av koldioxid för lagring än genom rörledning i utsläppshandelssystemet för egen del. Därefter kan handelsdirektivets följdlagstiftning och den nationella lagstiftningen ändras. Nödvändiga följdändringar är t.ex. att det måste finnas en godkänd metod att övervaka koldioxiden under transporten samt att det ska vara möjligt att med massbalansmetod särskilja biogen och fossil koldioxid vid transport och lagring utan att allt betraktas som fossil koldioxid.

Transport av koldioxid enligt Londonprotokollet

Utredningens förslag

1. Sverige bör ratificera ändringen av artikel 6 i Londonprotokollet.
2. Sverige bör agera för att påskynda andra parter, framför allt andra EU-medlemsstater, ratificering av ändringen av artikel 6 i Londonprotokollet.
3. När Sverige har ingått ett exportavtal med ett annat land bör Sverige deponera en deklaration om provisorisk tillämpning av ändringen av artikel 6 i Londonprotokollet tillsammans med avtalet hos Internationella sjöfartsorganisationen.

4. Regeringen bör införa ett undantag från förbudet mot export av koldioxid för lagring i andra länder i förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

Lagring av koldioxid enligt Helsingforskonventionen

Utredningens förslag

Sverige bör ta initiativ till att parterna till Helsingforskonventionen ändrar konventionen eller antar en resolution om tolkning av konventionen som innebär att geologisk lagring i havsbotten tillåts, så att CCS-direktivet blir förenligt med konventionen.

Lagring av koldioxid enligt CCS-direktivet

Utredningens bedömning

Lagring i Östersjön är inte tillåten eftersom dess lagringskomplex sträcker sig utanför CCS-direktivets tillämpningsområde. CCS-direktivet behöver därför ändras, om sådan lagring ska vara möjlig. Med hänsyn till utredningens ställningstagande att avvakta med lagring i Sverige i närtid bör frågan om gränsöverskridande lagring utredas vidare först om det blir aktuellt med sådan lagring. Av samma anledning bör lagring på land utredas vidare först om havsbaserad lagring genomförs i Sverige och det senare skulle visa sig att det finns behov att komplettera sådan lagring med lagring på land.

Lagring av koldioxid enligt offshoredirektivet

Utredningens bedömning

Det begränsade genomförandet av offshoredirektivet och Sveriges förbud mot utvinning av olja och gas kan hindra koldioxidlagringsprojekt i Östersjön. Det är dock troligt att Sveriges förbud mot utvinning av olja och gas skulle komma i konflikt med möjligheten att lagra i Sverige vid ett fullt genomförande av direktivet. Med hänsyn till utredningens ställningstagande att avvakta med lagring i Sverige i närtid bör frågan om ett fullt genomförande av offshoredirektivet utredas vidare först om det blir aktuellt med havsbaserad lagring i Sverige.

CCS och bio-CCS enligt konventionen om biologisk mångfald

Utredningens bedömning

Sverige bör verka för att beslutet om det s.k. moratoriet om geo-engineering som fattades på konventionen om biologisk mångfalds tionde partsmöte i Nagoya ändras så att inte bio-CCS och annan icke-fossil CCS omfattas av moratoriet.

Möjlighet att få statsstöd

Utredningens förslag

Sverige bör föreslå att ett tillägg görs till definitionerna av transport av koldioxid för lagring i gruppundantagsförordningen och i riktlinjerna för statligt stöd till miljöskydd och energi, så att statligt stöd även kan ges för andra transporter av koldioxid för lagring än genom rörledning. Vidare bör Sverige föreslå att möjligheterna att ge statsstöd enligt gruppundantagsförordningen och riktlinjerna för statligt stöd till avskiljning och lagring av koldioxid förlängs.

Samordning av prövningar som rör CCS inklusive bio-CCS

Utredningens bedömning

Den bristande samordningen mellan olika tillståndsprövningar gällande CCS inklusive bio-CCS kan utgöra ett hinder för att avskiljning och lagring av koldioxid ska kunna tillämpas på svenska utsläppskällor. Vidare är det en brist att prövningen av växthusgasutsläpp inte är samordnad med miljöbalksprövningen. Det saknas dock förutsättningar för att införa ett förtursförfarande för prövningar av CCS inklusive bio-CCS.

Utredningens förslag

Energimyndigheten bör få i uppdrag att utreda hur samordning av olika prövnings- och tillsynsfrågor gällande CCS inklusive bio-CCS skulle kunna underlätta avskiljning, transport och lagring av koldioxid från svenska utsläppskällor. Detta inkluderar tillståndsprövningen enligt utsläppshandelssystemet. I uppdraget bör ingå att ta fram en plan för en vägledning med stöd och råd till verksamhetsutövare, tillstånds- och tillsynsmyndigheter i prövnings- och tillsynsfrågor gällande CCS inklusive bio-CCS, så att

prövningarna och tillsynen blir så effektiv som möjligt och verka för att prövningarna, där så är möjligt, löper parallellt. Vidare bör uppdraget omfatta om en särskild myndighet ska ha ett samordningsansvar för prövning och tillsyn av CCS- inklusive bio-CCS-anläggningar och vilken myndighet som i så fall ska ha ett sådant ansvar. Energimyndigheten ska i detta arbete samråda med Naturvårdsverket, Sveriges geologiska undersökning, Energimarknadsinspektionen, Kustbevakningen, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Transportstyrelsen och länsstyrelserna.

Skäl för utredningens förslag och bedömning

Inledning

I detta kapitel redovisar utredningen förslag om hur identifierade brister och hinder i lagstiftningen, inklusive EU-rätt och internationell rätt, kan undanröjas för hela kedjan som krävs för att avskiljning, transport och lagring av koldioxid (CCS och bio-CCS) ska kunna tillämpas på svenska utsläppskällor. Därefter följer en redogörelse av gällande rätt.

Utredningen menar att ytterligare åtgärder krävs för att kunna transportera koldioxid för lagring i andra länder och att det finns legala hinder mot att lagra koldioxid i Östersjön. Dessutom är det oklart hur ett s.k. moratorium enligt konventionen om biologisk mångfald ska tolkas och tillämpas i förhållande till bio-CCS och annan icke-fossil CCS. Dessa hinder bör undanröjas. Den möjlighet som finns inom EU att ge statsstöd till transport av koldioxid för lagring bör förlängas och omfatta även andra transporter av koldioxid för lagring än genom rörledning. Vidare kan den bristande samordningen mellan olika tillståndsprövningar utgöra ett hinder för att CCS och bio-CCS ska kunna tillämpas på svenska utsläppskällor.

Hinder för transport av koldioxid

Avgränsning

Enligt uppdraget ska en analys inkludera tänkbara metoder för transport av koldioxid såväl på land som till sjöss samt gränsöverskridande transporter. Utredningen har avgränsat analysen till gränsöverskridande transporter inom EU/EES¹.

Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/31/EG av den 23 april 2009 om geologisk lagring av koldioxid (CCS-direktivet) tillämpas på geologisk lagring av koldioxid inom EU/EES,² vilket har medfört att koldioxid som har avskilts, transporterats och lagrats geologiskt inte omfattas av avfallsförordningen (2011:927) eller av EU:s avfallslagstiftning, så länge hela CCS-kedjan sker inom EU/EES.³ Det är förbjudet att exportera avfall från Europeiska unionen i syfte att bortskaffa det.⁴ Detta innebär att det kan bli förbjudet att exportera koldioxid för lagring i Storbritannien vid ett brittiskt utträde ur EU. Dessutom måste utsläppsrätter överlämnas enligt EU:s utsläppshandelssystem, dvs. Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG av den 13 oktober 2003 om ett system för handel med utsläppsrätter för växthusgaser inom gemenskapen och om ändring av rådets direktiv 96/61/EG (handelsdirektivet), eftersom koldioxiden betraktas som utsläppt.

Transport av koldioxid enligt EU:s utsläppshandelssystem

CCS-direktivet tillämpas på geologisk lagring av koldioxid, vilket är det sista steget i kedjan när koldioxiden har fångats in och transporterats till lagringsplatsen. Transporten av koldioxid betraktas enbart som en process som leder fram till lagringen.

Endast fasta anläggningar och luftfart ingår i utsläppshandelssystemet, och den enda transport av koldioxid som ingår är via rörledningar. Övriga transportmetoder är inte tillståndspliktiga enligt

¹ Europeiska ekonomiska samarbetsområdet.

² Artikel 2 i CCS-direktivet.

³ 15 kap. 1 och 17 §§ miljöbalken, 11 § 9 p. avfallsförordningen och artiklarna 35 och 36 i CCS-direktivet.

⁴ 15 kap. 27 § miljöbalken och artiklarna 1.3 h och 34 i Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1013/2006 av den 14 juni 2006 om transport av avfall.

systemet.⁵ CCS-kedjan måste därtill vara obruten, dvs. den koldioxid som avskiljs måste transporteras i rörledningar för att sedan lagras geologiskt.⁶ Ett brott i kedjan, t.ex. genom en omlastning till fartyg, innebär därför att koldioxiden betraktas som utsläppt i atmosfären. För Sveriges del är fartygstransporter av koldioxid från avskiljningsplatsen till lagringsplatsen troligtvis en förutsättning för att tekniken ska bli kommersiellt intressant.

Det finns en möjlighet att föra in verksamheter och anläggningar i utsläppshandelssystemet, s.k. *opt-in*. Om ett sådant införande sker ska det även övervägas om bilaga 1 till handelsdirektivet bör ändras, så att den på ett enhetligt sätt omfattar utsläpp från dessa verksamheter i hela unionen.⁷

Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2018/2066 av den 19 december 2018 om övervakning och rapportering av växthusgasutsläpp i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG ska tillämpas på de verksamheter som anges i bilaga 1 till handelsdirektivet. Detsamma gäller kommissionens genomförandeförordning (EU) 2018/2067 av den 19 december 2018 om verifiering av uppgifter och ackreditering av kontrollörer i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG. Dessa förordningar måste följdändras när transporter av växthusgaser förs in i utsläppshandelssystemet, så att det finns en godkänd metod att övervaka koldioxiden under transporten.

En annan nödvändig följdändring är att definitionen av koldioxidtransport måste omfatta även fartygstransporter.

Ytterligare en följdändring som krävs i kommissionens genomförandeförordning (EU) 2018/2066 är att det ska vara möjligt att med massbalansmetod särskilja biogen och fossil koldioxid under transporten till lagringsplatsen samt vid lagringen utan att allt betraktas som fossil koldioxid, vilket det finns risk för med nuvarande lydelse av artikel 39.

⁵ Bilaga 1 till handelsdirektivet och bilaga 2 till förordningen (2004:1205) om handel med utsläppsrätter.

⁶ Bilaga 1 till handelsdirektivet och bilaga 2 till förordningen om handel med utsläppsrätter.

⁷ Artikel 24 i handelsdirektivet.

Transport av koldioxid enligt Londonprotokollet

En ändring av artikel 6 i 1996 års protokoll till 1972 års konvention om förhindrandet av havsföroreningar till följd av dumpning av avfall och annat material (Londonprotokollet och Londonkonventionen) beslutades 2009. Ändringen innebär att transport av koldioxid för geologisk lagring hos annan part till protokollet under vissa förutsättningar undantas från det exportförbud som finns i protokollet.⁸ Endast Norge, Storbritannien, Nederländerna, Iran, Finland och Estland har hittills accepterat ändringen. Sverige är part till protokollet men har inte ratificerat ändringen. De EU/EES-länder som endast är parter till Londonkonventionen men inte Londonprotokollet är Polen, Lettland, Litauen och Portugal. Två tredjedelar av protokollsparterna måste acceptera ändringen för att den ska träda i kraft vilket innebär att ytterligare 29 av dagens 53 protokollsparter behöver ratificera den.⁹ Undantaget från förbudet att exportera koldioxid för lagring i annat land har alltså inte trätt i kraft.

Eftersom utredningen föreslår att Sverige ska exportera koldioxid för geologisk lagring i andra länder, bör Sverige ratificera ändringen. Ytterligare skäl för att Sverige behöver ratificera ändringen är att Londonprotokollets exportförbud kan motverka genomförandet av CCS-direktivet, eftersom direktivet ändrar EU:s avfallslagstiftning och möjliggör export enligt EU-rätten. Sverige bör därför även driva att alla parter till protokollet som är EU-medlemsstater bör ratificera ändringen.

Londonprotokollets 14:e partsmöte beslutade den 7–11 oktober 2019 att anta en resolution om att tillåta en provisorisk tillämpning av ändringen av artikel 6 till dess att den träder i kraft. Den part som vill tillämpa ändringen provisoriskt måste deponera en avsiktsdeklaration om provisorisk tillämpning av ändringen samt det avtal om export som har ingåtts mellan de berörda parterna hos Internationella sjöfartsorganisationen (IMO). Exportavtalet ska innehålla bekräftelse på och fördelning av ansvaret för tillståndsgivningen mellan den exporterande staten och den mottagande staten. För export till en stat som inte är part till protokollet ska avtalet som ett minimum innehålla bestämmelser motsvarande dem som finns i Londonprotokollet, inklusive de bestämmelser i protokollets bilaga 2 som rör till-

⁸ Resolution LP.3(4) on the amendment to article 6 of the London Protocol.

⁹ Två tredjedelar av antalet parter när ändringen ska träda i kraft.

stånd och tillståndsvillkor för att säkerställa att avtalet inte avviker från de skyldigheter att skydda och bevara den marina miljön som gäller för protokollsparterna.¹⁰ Den provisoriska tillämpningen kommer endast att gälla bland de parter som har deponerat avsiktsdeklARATIONER och tillhörande avtal.

När Sverige har ingått ett bilateralt avtal om export av koldioxid bör Sverige därför deponera en deklARATION om provisorisk tillämpNING tillsammans med exportavtalet hos IMO.

Enligt 15 kap. 27 § miljöbalken får avfall inte dumpas eller förbrännas inom Sveriges sjöterritorium och ekonomiska zon eller föras ut ur landet eller ur den ekonomiska zonen om det är avsett att dumpas eller förbrännas på det fria havet. Regeringen får enligt 28 § samma kapitel meddela föreskrifter om undantag från förbudet mot dumpNING för geologisk lagring av koldioxid vilket regeringen har gjort genom förordningen (2014:21) om geologisk lagring av koldioxid. Undantaget gäller dock inte export av koldioxid för lagring i ett annat land. Utredningen föreslår därför att regeringen inför ett undantag från förbudet mot export av koldioxid för lagring i andra länder i förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

Hinder för lagring av koldioxid

Lagring av koldioxid enligt Helsingforskonventionen

Enligt 1992 års konvention om skydd av Östersjöområdets marina miljö (Helsingforskonventionen) är det förbjudet att dumpa avfall i havet eller på havsbotten. I artikel 2.4 (a) (i) i den svenska versionen av konventionen anges att dumpNING är varje avsiktlig kvittblivNING ”i havet eller på havsbotten av avfall”. Enligt de engelska, danska, tyska och franska versionerna är det fråga om dumpNING i havet eller i havsbotten. Avsikten med att injektera koldioxid under havsbotten är att genom kvittblivNING göra sig av med koldioxid som avfall.

Frågan är om den geologiska lagringen under havsbotten omfattas av konventionens förbud mot dumpNING. Helsingforskonventionen är en miljöskyddskonvention som syftar till att minska föroreNINGEN av Östersjöområdet bl.a. genom ett förbud mot dumpNING. Att förbudets tillämpningsområde även omfattar i, på och under havsbotten är en tolkning helt i enlighet med konventionens syfte och övriga

¹⁰ Resolution LP.3(4), se cirkulär LC-LP.1/Circ.36.

språkliga versioner. Konventionen bör alltså tolkas så att det är förbjudet att lagra koldioxid i, på eller under havsbotten i Östersjön.

För att göra det möjligt att geologiskt lagra koldioxid under havsbotten gjordes ett tillägg till bilaga 1 till Londonprotokollet där koldioxidströmmar läggs till i uppräknningen av avfall som kan komma i fråga för dumpning.¹¹ Någon motsvarande ändring har inte gjorts i Helsingforskonventionen.¹²

Även EU är part till konventionen. Internationella avtal som EU är bundet av är inom EU-rätten överordnade sekundärretsakter som CCS-direktivet. Sverige har förutom en folkrättslig förpliktelse även en EU-rättslig förpliktelse att inte tillåta injektering av koldioxid i havsbotten inom Helsingforskonventionens tillämpningsområde.¹³ Av David Langlets underlagsrapport till utredningen¹⁴ framgår bl.a. följande.

Till skillnad från Londonprotokollet har Helsingforskonventionen inte ändrats i syfte att möjliggöra geologisk lagring av koldioxid i havsbotten. Intressant nog är förutom Sverige och alla andra kuststater runt Östersjön också EU part till konventionen. Internationella avtal som ingås av unionen blir därigenom bindande för unionens institutioner och medlemsstaterna. Sådana avtal utgör en integrerad del av unionens rättsordning och har även företräde framför unionens sekundärretsakter, däribland direktiv och förordningar. Att följa internationella avtal ingångna av unionen är för medlemsstaterna en unionsrättslig förpliktelse. En bestämmelse i ett sådant avtal är också direkt tillämplig i medlemsstaternas rättsordningar om den, med hänsyn till ordalydelsen och avtalets syfte och art, innebär en klar och precis skyldighet vars fullgörande eller verkningar inte är beroende av utfärdandet av ytterligare rättsakter.

Eftersom såväl Sverige som EU är parter till Helsingforskonventionen har Sverige både en folkrättslig och en EU-rättslig förpliktelse att inte tillåta injektering av koldioxid i havsbotten inom det område som omfattas av konventionen. Med tanke på att förbudet i konventionen är tydligt formulerat och inte kräver någon vidare rättslig åtgärd bör det utgöra en direkt tillämplig förpliktelse och även innebära att EU-domstolen, om frågan skulle komma på dess bord, skulle tvingas åsidosätta CCS-direktivet i den utsträckning det innebär att geologisk lagring får ske i havsbotten inom Östersjöområdet.

De parter till Helsingforskonventionen som är EU-medlemsstater, dvs. alla utom Ryssland, bör ha en EU-rättslig skyldighet att verka för

¹¹ Resolution LP.1(1) on the amendment to include CO₂ sequestration in sub-seabed geological formations in Annex 1 to the London Protocol, LC-LP.1/Circ.5.

¹² Langlet (2015).

¹³ Se även Langlet (2018).

¹⁴ Langlet (2019).

en ändring av konventionen för att möjliggöra koldioxidlagring i havsbotten i enlighet med CCS-direktivet. Det följer av kravet på lojalt samarbete i vad som nu är artikel 4 i Fördraget om Europeiska unionen. Denna bestämmelse kräver att medlemsstaterna ska underlätta uppnåendet av EU:s uppgifter. Det har också av EU-domstolen tolkats som en skyldighet för medlemsstaternas behöriga myndigheter att använda alla tillgängliga medel för att uppnå unionens mål. Till EU:s uppgifter hör att arbeta för en hållbar utveckling i Europa och eftersträva en hög skyddsnivå för miljön. Utarbetandet av CCS-direktivet som en rättslig och politisk ram för att möjliggöra och främja CCS är uppenbart en del av utförandet av det arbetet.

Det kan även finnas andra, och eventuellt enklare sätt att möjliggöra lagring av koldioxid i havsbotten i Östersjön än en ändring av konventionen. Det kan t.ex. vara genom att parterna till konventionen ger uttryck för en överenskommelse avseende konventionens tolkning som möjliggör koldioxidlagring.

Motsvarande resonemang [som i Londonprotokollet] kan föras avseende förbudet mot dumpning i Helsingforskonventionen. Där bör det emellertid vara lättare att få stöd för en formell ändring eller en resolution om tolkning av konventionen som innebär att geologisk lagring i havsbotten tillåts. I detta fall är ju alla parter utom en också EU-medlemsstater och bör därför kunna förmås att stödja en sådan åtgärd med hänvisning till dess betydelse för att möjliggöra CCS-direktivets faktiska genomförande i regionen.

Även om utredningens ställningstagande är att avvakta med lagring i Sverige i närtid föreslås att Sverige tar initiativ till att parterna till Helsingforskonventionen ändrar konventionen eller antar en resolution om tolkning av konventionen som innebär att geologisk lagring i havsbotten tillåts eftersom alla medlemsstater har en EU-rättslig skyldighet att verka för att konventionen är förenlig med CCS-direktivet, vilket följer av kravet på lojalt samarbete i artikel 4 i fördraget om Europeiska unionen.

Lagring av koldioxid enligt CCS-direktivet – gränsöverskridande lagringskomplex

Enligt CCS-direktivet ska medlemsstaternas behöriga myndigheter gemensamt uppfylla kraven i direktivet och i annan relevant gemenskapslagstiftning vid lagring i gränsöverskridande lagringskomplex.¹⁵ När CCS-direktivet genomfördes genom svensk rätt konstaterades

¹⁵ Artikel 24 i CCS-direktivet och 78 § förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

att det fanns en stor sannolikhet för att de flesta tänkbara lagringskomplex i Östersjön sträcker sig under territoriet eller den ekonomiska zonen på flera länder än Sverige.¹⁶ Enligt uppgift från Sveriges geologiska undersökning (SGU) är detta framför allt ett problem i södra Östersjön där lagringskomplexet inkluderar ryskt territorium. En geologisk lagringsplats placerad i ett lagringskomplex som sträcker sig utöver medlemsstaternas territorium, ekonomiska zoner och kontinentalsocklar är inte tillåten.¹⁷

Utredningen bedömer att lagring i Östersjön inte är tillåten när dess lagringskomplex sträcker sig utanför CCS-direktivets tillämpningsområde. CCS-direktivet behöver därför ändras om sådan lagring ska vara möjlig. Med hänsyn till utredningens ställningstagande att avvakta med lagring i Sverige i närtid bör frågan om gränsöverskridande lagring utredas vidare först om det blir aktuellt med sådan lagring.

Lagring av koldioxid enligt CCS-direktivet – lagring på land

Vid genomförandet av CCS-direktivet valde Sverige att endast tillåta geologisk lagring av koldioxid under havsbotten.¹⁸ Skälet till det var att landbaserade lager förutsätter ett omfattande regelverk som inte krävs för CCS-direktivets genomförande. Det skulle i så fall behövas ett regelverk som ger verksamhetsutövare möjlighet att tilltvinga sig rätt att på annans fastighet genomföra undersökningar liknande det som finns inom mineral- och torvlagstiftningen. Regeringen konstaterade att detta ställningstagande kunde komma att omprövas när mer kunskap fanns och ytterligare utredningar gjorts om de geologiska och rättsliga förutsättningarna för landbaserad lagring av koldioxid.¹⁹ Frågan är om detta ställningstagande nu ska omprövas så att landbaserade förvar utreds vidare.

Inga ytterligare utredningar har gjorts om de rättsliga, geologiska och övriga lokaliseringsmässiga förutsättningarna för landbaserad lagring av koldioxid. Med hänsyn till utredningens ställningstagande att avvakta med lagring i Sverige i närtid bör frågan om lagring på

¹⁶ Prop. 2011/12:125 s. 97.

¹⁷ Artikel 2 i CCS-direktivet.

¹⁸ Gäller geologisk lagring av koldioxid som avser en sammanlagd planerad lagring av mer än 100 000 ton koldioxid, se 10 § förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

¹⁹ Prop. 2011/12:125 s. 51.

land utredas vidare först om havsbaserad lagring genomförs i Sverige. Om det skulle visa sig att det då finns behov att komplettera havsbaserad lagring bör frågan om att utreda lagring på land tas upp på nytt. Se vidare om lagring på land i Danmark i kapitel 11.

Lagring av koldioxid enligt offshoredirektivet

Med olje- och gasverksamhet till havs avses all verksamhet som har koppling till prospektering och produktion av olja eller gas. När Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/30/EU av den 12 juni 2013 om säkerhet för olje- och gasverksamhet till havs och om ändring av direktiv 2004/35/EG (offshoredirektivet) genomfördes i svensk rätt infördes ett förbud mot att ge tillstånd till olje- eller gasverksamhet i lagen (1966:314) om kontinentalsockeln.²⁰ Sveriges val av ett begränsat genomförande av direktivet innebär att havsbaserad prospektering och utvinning av olja och gas inte får bedrivas utan att direktivet i dess helhet genomförs i svensk rätt.²¹ Offshoredirektivet är ett minimidirektiv,²² vilket innebär att medlemsstaterna i princip har rätt att införa strängare bestämmelser.²³

SGU har påpekat att ett förbud mot utvinning av olja och gas kan leda till att koldioxidlagringsprojekt inte kan påbörjas, eftersom lagringsakviferen kan behöva tömmas på gas eller olja innan koldioxiden injekteras för att få en trycksänkning i lagringsakviferen.²⁴ För en verksamhetsutövare kan det finnas både ekonomiska och lagringsmässiga skäl att utvinna dessa olje- och gasförekomster i samband med projektering inför koldioxidlagring. En konsekvens av det begränsade genomförandet är därför att det troligen inte är tillåtet att lagra koldioxid i de akviferer som kan vara lämpliga för geologisk lagring under svensk jurisdiktion, eftersom de kan innehålla strukturella fällor med olja och gas som då kan behöva utvinnas för att möjliggöra lagring. Detta kan enligt SGU innebära en stor osäkerhet för den verksamhetsutövare som planerar undersökningsverksamhet i syfte att identifiera möjliga områden för en lagringsanläggning.

²⁰ 3 § lagen om kontinentalsockeln.

²¹ Prop. 2014/15:64, s. 39.

²² Artikel 1.1 i offshoredirektivet.

²³ Artikel 193 i EUF-fördraget.

²⁴ Prop. 2014/15:64 s. 63 och Sveriges geologiska undersökning (2017), s. 112.

Det begränsade genomförandet av offshoredirektivet kan hindra koldioxidlagringsprojekt i Östersjön. Det är inte fastställt hur fynd av olja och gas i samband med koldioxidlagringsprojekt ska hanteras. Det är dock troligt att Sveriges förbud mot utvinning av olja och gas skulle komma i konflikt med möjligheten att lagra i Sverige vid ett fullt genomförande av direktivet.

Med hänsyn till utredningens ställningstagande att avvakta med lagring i Sverige i närtid bör frågan om ett fullt genomförande av offshoredirektivet utredas vidare först om det blir aktuellt med havsbaserad lagring i Sverige.

Övriga brister och hinder i lagstiftningen

CCS och bio-CCS enligt konventionen om biologisk mångfald

Sverige bör verka för att beslutet om det s.k. moratoriet om *geo-engineering*²⁵ som fattades på konventionen för biologisk mångfalds (CBD) tionde partsmöte i Nagoya (COP10) ändras så att inte bio-CCS och annan icke-fossil CCS omfattas av moratoriet.

Utredningen bedömer att moratoriet måste anses omfatta bio-CCS eftersom fossil CCS uttryckligen är undantaget.²⁶ Enligt moratoriet ska parterna i avsaknad av en transparent global kontrollmekanism för geoengineering, i enlighet med försiktighetsprincipen, säkerställa att inga klimatrelaterade geoengineering-aktiviteter som kan påverka biologisk mångfald äger rum tills det finns tillräckligt med vetenskaplig bas som rättfärdigar sådana aktiviteter tillsammans med att lämpliga riskbedömningar görs för miljön, biologisk mångfald och kopplade sociala, ekonomiska och kulturella effekter.

Som utredningen konstaterat i kapitel 9 bedöms konsekvenserna bli små på biologisk mångfald av svensk bio-CCS. Sverige har en etablerad bioekonomi och det finns stora biogena punktutsläppskällor sedan länge. Dessutom har Sverige en lagstiftning som syftar till att säkerställa hållbar markanvändning.

²⁵ UNEP/CBD/COP/DEC/X/33.

²⁶ Professor David Langlet, Göteborgs universitet, personlig kommunikation (2019).

Partsmötets beslut är formulerat så att det

Invites Parties and other Governments, according to national circumstances and priorities, as well as relevant organizations and processes, to consider the guidance below on ways to conserve, sustainably use and restore biodiversity and ecosystem services while contributing to climate change mitigation and adaptation.²⁷

Utredningen anser att det är osäkert vilken rättslig status moratoriet egentligen har.²⁸ Utredningen bedömer dock att det finns risk för att moratoriet tolkas och tillämpas på ett sätt som innebär att det utgör ett hinder för utvecklingen av bio-CCS i Sverige och andra länder och därmed i förlängningen till att infria Parisavtalets mål. Sverige bör därför verka för att moratoriet ändras så att den risken undanröjs.

Möjligheten att få statsstöd

Huvudregeln är att statsstöd är förbjudet men i vissa fall kan det anses vara förenligt med fördraget. Stöd får t.ex. ges om åtgärderna omfattas av på förhand beslutade undantag (gruppundantag) eller godkänts av kommissionen efter anmälan. I Riktlinjer för statligt stöd till miljöskydd och energi för 2014–2020, (2014/C 200/01) anges villkoren för när stöd till energi och miljö kan anses förenliga med den inre marknaden. Riktlinjerna kan även vara till hjälp vid utformningen av stöd som är undantagna enligt gruppundantagsförordningen. Undantagen anges i kommissionens förordning (EU) nr 651/2014 av den 17 juni 2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget (gruppundantagsförordningen).

I både gruppundantagsförordningen och i riktlinjerna definieras koldioxid under energiinfrastruktur som rörledningar, inbegripet tillhörande förstärkningsstationer för transport av koldioxid till lagringsanläggningar, i syfte att injektera koldioxiden i en lämplig underjordisk geologisk formation för permanent förvaring.²⁹

²⁷ UNEP/CBD/COP/DEC/X/33.

²⁸ Professor David Langlet, Göteborgs universitet, personlig kommunikation (2019).

²⁹ Artikel 2, punkt 130 d i gruppundantagsförordningen och riktlinjernas definition i 1.3 (31) d.

Ett tillägg till förordningens och riktlinjernas definitioner behövs därför göras så att statligt stöd även kan ges för andra transporter av koldioxid för lagring än genom rörledningar.

Riktlinjerna gäller endast perioden 2014–2020.³⁰ Sverige bör därför föreslå att möjligheterna att ge statsstöd enligt gruppundantagsförordningen och riktlinjerna för statligt stöd till avskiljning och lagring av koldioxid förlängs.

Prövningar som rör CCS inklusive bio-CCS behöver samordnas

För att nå nettonollutsläpp och negativa utsläpp kan industrin vidta olika utsläppsminskande åtgärder, t.ex. CCS och bio-CCS. En verksamhetsutövare som bedriver verksamhet med koldioxidutsläpp har redan genomgått miljöprövningar av sin huvudverksamhet och eventuella ändringar av denna. I dessa processer måste det dock alltid finnas marginal för kompletteringskrav, tidsförskjutningar och eventuella avslag, vilket ger minskad flexibilitet för att utveckla och förändra verksamheten. Om verksamhetsutövaren vill ta ytterligare steg och avskilja, transportera och lagra koldioxid prövas dessa verksamheter i flera parallella eller efterföljande processer av olika prövningsmyndigheter. En samordning sker endast av prövningar av regeringen om de kommer in samtidigt, och prövningar av miljöfarliga verksamheter samt Natura 2000-tillstånd eller dispenser från områdes- och artskydd. Processerna för att få tillstånd för hela kedjan – från avskiljning fram till dess den slutliga lagringen är godkänd – är därmed tidsödande, vilket i slutändan kan avhålla företag från att investera i CCS och bio-CCS.

Det kan tyckas motsägelsefullt att en verksamhetsutövare kan få tillstånd enligt miljöbalken med villkor om stränga utsläppskrav för att begränsa föroreningar till luft, vatten eller mark, samtidigt som verksamheten har stora växthusgasutsläpp. En annan verksamhetsutövare kanske gör stora ansträngningar för att minska sina växthusgasutsläpp men uppfyller inte en hänsynsregel enligt miljöbalken

³⁰ Kommissionen har föreslagit att kommissionen ska förlänga en rad statsstödsregelverk med två år för att hinna byta ut kommissionen och genomföra den utvärdering som en eventuell ändring av reglerna kräver, se European Commission, Competition, State Aid: Fitness Check of the 2012 State aid modernisation package, railways guidelines and short-term export credit insurance.

och får därmed en tillståndsprövning med många kompletteringskrav eller avslag på sin tillståndsansökan.

Tillståndsprövningen enligt utsläppshandelssystemet är därtill helt åtskild från och samordnas inte med tillståndsprövningen enligt miljöbalken, och utredningen anser att den bristande samordningen mellan olika prövningar kan utgöra ett hinder för att CCS och bio-CCS ska kunna tillämpas på svenska utsläppskällor. Vidare är det en brist att prövningen av växthusgasutsläppen inte är samordnad med miljöbalksprövningen. Exempelvis skulle CCS och bio-CCS i en tillståndsprövning kunna bedömas vara bästa möjliga teknik enligt 2 kap. 3 och 7 §§ miljöbalken, men som bestämmelsen i 16 kap. 2 c § miljöbalken är utformad får inte villkor om begränsning av koldioxidutsläpp beslutas vid en tillståndsprövning.

Energimyndigheten bör därför få i uppdrag att utreda hur samordning av olika prövnings- och tillsynsfrågor gällande CCS inklusive bio-CCS skulle kunna underlätta avskiljning, transport och lagring av koldioxid från svenska utsläppskällor. Detta inkluderar tillståndsprövningen enligt utsläppshandelssystemet. I uppdraget bör ingå att ta fram en plan för en vägledning med stöd och råd till verksamhetsutövare samt tillstånds- och tillsynsmyndigheter i prövnings- och tillsynsfrågor gällande CCS inklusive bio-CCS, så att prövningen och tillsynen blir så effektiv som möjligt och även verka för att prövningarna löper parallellt, där så är möjligt.

Vidare bör uppdraget omfatta om en särskild myndighet ska ha ett samordningsansvar för prövning och tillsyn av CCS inklusive bio-CCS-anläggningar och vilken myndighet som i så fall ska ha ett sådant ansvar. Energimyndigheten ska i detta arbete samråda med Naturvårdsverket, SGU, Energimarknadsinspektionen, Kustbevakningen, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Transportstyrelsen och länsstyrelserna.

I syfte att öka förutsebarheten genom att få till stånd en snabbare prövning och därmed underlätta för den koldioxidutsläppande industrin att ställa om har utredningen analyserat möjligheten att införa ett förtursförfarande för anläggningar som minskar sina utsläpp eller åstadkommer negativa utsläpp. Utredningen har dock kommit fram till att ett sådant förfarande inte bör föreslås. Även om de svenska klimatmålen och utredningens uppdrag att föreslå åtgärder som leder till negativa utsläpp av växthusgaser efter 2045 skulle kunna ses som ett sådant tydligt politiskt ställningstagande som efterfrågas i

Anpassad miljöprövning för en grön omställning (Ds 2018:38) är det svårt att ta fram en klar och entydig definition av vilka åtgärder som i så fall skulle kvalificera in i ett sådant förfarande och som inte kräver en bedömning av prövningsmyndigheten. En sådan bedömning kan nämligen vara tidsödande och riskera att förlänga processen, i stället för att korta den.

Eftersom det i nuläget inte finns någon tillförlitlig statistik som visar hur lång den totala prövningstiden är går det inte heller att säga hur stora tidsbesparingar det skulle röra sig om. Med hänsyn till att det rör sig om oprövad teknik och att nya lokaliseringsbedömningar i många fall måste göras är det ännu svårare att uppskatta den totala tidsåtgången för en prövning av en avskiljningsanläggning eller ett lager. Om lokaliseringsprövningen drar ut på tiden skulle dessutom ett förtursförfarande förlora sitt syfte. Inget talar heller för att tillståndsansökningar blir liggande innan de hanteras av prövningsmyndigheten, utan den totala tidsåtgången av en prövning beror på många olika omständigheter under flera aktörers ansvar.

12.1 Bakgrund

Det finns olika regelverk på EU-nivå samt nationell och internationell nivå som antingen reglerar eller påverkar möjligheterna att avskilja, transportera och lagra koldioxid. Nedan följer en genomgång av relevanta bestämmelser på de tre nivåerna.

12.1.1 Gällande EU-rätt

Efter att Europeiska rådet och Europaparlamentet enats om ett klimat- och energipaket 2009 infördes bestämmelser om avskiljning och lagring av koldioxid inom medlemsstaterna i handelsdirektivet genom Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/29/EG av den 23 april 2009 om ändring av direktiv 2003/87/EG i avsikt att förbättra och utvidga gemenskapssystemet för handel med utsläppsrätter för växthusgaser (ändringsdirektivet) och CCS-direktivet.

Handelsdirektivet

I handelsdirektivet finns regelverket för EU:s utsläppshandelssystem. Regelverket omfattar utsläpp av växthusgaser från såväl fasta anläggningar som flygverksamhet.

För att en fast anläggning ska omfattas krävs att

- anläggningen har en installerad tillförd effekt som är högre än 20 megawatt,
- att en viss sorts industriverksamhet bedrivs eller
- att en industriverksamhet överskrider en viss produktionsmängd.

De tillståndspliktiga verksamheterna anges i direktivets bilaga 1. Ändringar av direktivet har skett vid några tillfällen.

Direktivet ger en begränsad möjlighet för medlemsstaterna att göra regelverket tillämpligt på andra verksamheter och anläggningar än dem som anges i direktivets bilaga 1, s.k. *opt-in*. Förfarandet går ut på att kommissionen bedömer om de verksamheter som omfattas av en ansökan får negativa konsekvenser för den inre marknaden, EU:s utsläppshandelssystem och miljönytta samt om de ger upphov till snedvridningar av konkurrensen eller påverkar övervaknings- och rapporteringssystemets tillförlitlighet. Om sådana verksamheter eller anläggningar införs ska det även övervägas om bilaga 1 bör ändras, så att den på ett enhetligt sätt omfattar utsläpp från dessa verksamheter eller anläggningar i hela unionen.

Det finns även en möjlighet att undanta vissa anläggningar som varje år under en period av tre år har släppt ut mindre än 25 000 ton koldioxidekvivalenter och har en installerad tillförd effekt som är lägre än 35 megawatt, s.k. *opt-out*.³¹

Ändringsdirektivet

Syftet med den ändring av handelsdirektivet som gjordes genom ändringsdirektivet var att reglera handeln med utsläppsrätter den tredje handelsperioden (2013–2020) efter att de två första handelsperioderna (2005–2007 och 2008–2012) hade avslutats. Genom ändringsdirektivet blev avskiljning av koldioxid från tillståndsplik-

³¹ Artikel 27 i handelsdirektivet.

tiga anläggningar i syfte att transporteras och lagras geologiskt i en lagringsanläggning, transport av koldioxid via rörledningar för geologisk lagring i en lagringsanläggning samt geologisk lagring av koldioxid i lagringsanläggningar tillståndspliktiga i utsläppshandelssystemet.³²

Följande ändringar av intresse för avskiljning och geologisk lagring av koldioxid infördes.

- Det viktigaste incitamentet på lång sikt för avskiljning och lagring av koldioxid och ny teknik för förnybar energi är att man inte behöver överlämna utsläppsrätter för koldioxidutsläpp som lagras permanent eller undviks (punkt 20, ingressen).
- Miljösäker avskiljning, transport och geologisk lagring av koldioxid bör omfattas av gemenskapssystemet på ett harmoniserat sätt från 2013 (punkt 39, ingressen).
- För att ge incitament till minskade växthusgasutsläpp och energieffektiv teknik ges kommissionen befogenhet att anta delegerade akter för gratis tilldelning av utsläppsrätter genom att bl.a. beakta användande av biomassa samt avskiljning och lagring av CO₂ (artikel 10 a).
- Skyldigheten att överlämna utsläppsrätter ska inte gälla i förhållande till utsläpp som verifierats som avskilda och transporterade för permanent lagring till en anläggning som har giltigt tillstånd i enlighet med CCS-direktivet (artikel 12.3 a).
- Medlemsstaterna får, efter samråd med verksamhetsutövaren, undanta anläggningar från utsläppshandelssystemet om de har rapporterat utsläpp som underskrider 25 000 ton koldioxidekvivalenter och om de bedriver förbränningsverksamhet, har haft en tillförd effekt på mindre än 35 megawatt, med undantag av utsläpp från biomassa, under förutsättning att de uppfyller vissa villkor (artikel 27).
- Anläggningar som uteslutande använder biomassa omfattas inte av direktivet (punkt 1, bilaga 1).

³² Bilaga 1 till handelsdirektivet.

Ansvarsfördelningsförordningen

Syftet med Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/842 av den 30 maj 2018 om medlemsstaternas bindande årliga minskningar av växthusgasutsläpp under perioden 2021–2030 som bidrar till klimatåtgärder för att fullgöra åtagandena enligt Parisavtalet samt om ändring av förordning 525/2013/EU (ansvarsfördelningsförordningen, *Effort Sharing Regulation*, ESR) är att fastställa medlemsstaternas skyldigheter vad gäller deras minimibidrag för perioden 2021–2030 för att uppfylla målet att minska växthusgasutsläppen med 30 procent under 2005 års nivåer 2030, inom de sektorer som anges i artikel 2 (artikel 1).

Förordningen tillämpas på de växthusgasutsläpp från energi, industriprocesser och produktanvändning, jordbruk och avfall som inte omfattas av bilaga 1 till handelsdirektivet (artikel 2.1).

Biogen och fossil koldioxid i EU:s utsläppshandelssystem

Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2018/2066 tillämpas på utsläpp och aktivitetsdata som uppstår från och med den 1 januari 2021 från de verksamheter som förtecknas i bilaga 1 till handelsdirektivet (artikel 2).

Följande definitioner finns i artikel 3 i förordningen (EU) 2018/2066.

- (21) *Biomassa*: den biologiskt nedbrytbara delen av produkter, avfall och rester av biologiskt ursprung från jordbruk (inklusive material av vegetabiliskt och animaliskt ursprung), skogsbruk och därmed förknippad industri, inklusive fiske och vattenbruk, liksom den biologiskt nedbrytbara delen av industriavfall och kommunalt avfall, vilket inkluderar flytande biobränslen och biodrivmedel.
- (34) *Blandat bränsle*: ett bränsle som innehåller både biomassa och fossilt kol.
- (35) *Blandat material*: ett material som innehåller både biomassa och fossilt kol.

- (36) *Preliminär emissionsfaktor*: den antagna sammanlagda emissionsfaktorn för ett bränsle eller material baserat på kolinnehållet (biomassafraktion plus fossil fraktion) innan den multipliceras med den fossila fraktionen för att ge emissionsfaktorn.³³
- (37) *Fossil fraktion*: kvoten mellan fossilt kol och det totala kolinnehållet i ett bränsle eller material, uttryckt som en fraktion.
- (38) *Biomassafraktion*: kvoten av kol som härrör från biomassa relaterat till den totala kolhalten i ett bränsle eller material, uttryckt som en fraktion.
- (42) *Fossilt kol*: oorganiskt och organiskt kol som inte är biomassa.
- (53) *Lagringsplats*: lagringsplats enligt definitionen i CCS-direktivet.
- (54) *Koldioxidavskiljning*: avskiljning från gasströmmar av koldioxid som annars skulle ha släppts ut, för vidare transport och geologisk lagring på en lagringsplats som är tillåten enligt CCS-direktivet.
- (55) *Koldioxidtransport*: transport av koldioxid via rörledningar för geologisk lagring på en lagringsplats som är tillåten enligt CCS-direktivet.
- (56) *Geologisk lagring av koldioxid*: geologisk lagring av koldioxid enligt definitionen i artikel 3.1 i CCS-direktivet.

I förordningen (EU) 2018/2066 regleras vidare hur andelen biomassa och fossil fraktion ska bestämmas på utsläpp och aktivitetsdata som uppstår från och med den 1 januari 2021 (artikel 39).

1. För blandade bränslen eller material får verksamhetsutövaren antingen anta avsaknad av biomassa och tillämpa ett standardvärde för fossil fraktion på 100 procent, eller fastställa en biomassafraktion i enlighet med punkt 2 och tillämpa nivåer som anges i avsnitt 2.4 i bilaga II.

³³ Fram till 31 december 2020 gäller följande lydelse: den antagna sammanlagda emissionsfaktorn för ett blandat bränsle eller material som grundar sig på det totala kolinnehållet (biomassafraktion plus fossil fraktion) innan den multipliceras med den fossila fraktionen för att ge emissionsfaktorn.

2. Om verksamhetsutövaren, i enlighet med den nivå som krävs, måste utföra analyser för att fastställa biomassafraktionen ska detta ske på grundval av en relevant standard och analysmetoderna i denna, förutsatt att användningen av standarden och analysmetoden är godkänd av den behöriga myndigheten.

Om verksamhetsutövaren, i enlighet med den nivå som krävs, måste utföra analyser för att fastställa biomassafraktionen, men tillämpningen av första stycket är tekniskt ogenomförbar eller skulle medföra orimliga kostnader, ska verksamhetsutövaren lämna in en alternativ skattningsmetod för fastställande av biomassafraktionen till den behöriga myndigheten för godkännande. För bränslen eller material från en produktionsprocess med angivna och spårbara inflöden får verksamhetsutövaren basera uppskattningen på en massbalans för fossilt kol och kol från biomassa som går in i och ut ur processen.

Kommissionen får utfärda riktlinjer om ytterligare tillämpliga skattningsmetoder.

3. Om ursprungsgarantin har upprättats i enlighet med artiklarna 2 j och 15 i direktiv 2009/28/EG ska verksamhetsutövaren, med avvikelse från artikel 30.1 och 30.2, inte använda analyser för att fastställa biomassafraktionen för biogas som injicerats i och sedan avlägsnats från ett gasnät.

Följande lydelse gäller fram till 31 december 2020.

1. Om biomassafraktionen för ett visst bränsle eller material, enligt den erforderliga nivån på och tillgången till lämpliga standardvärden enligt vad som avses i artikel 31.1, måste bestämmas med hjälp av analyser, ska verksamhetsutövaren fastställa denna biomassafraktion på grundval av en relevant standard och analysmetoderna i denna, och tillämpa denna standard endast om den godkänts av den behöriga myndigheten.

2. Om det inte är tekniskt möjligt att fastställa biomassafraktionen för ett blandat bränsle eller material genom analys i enlighet med föregående punkt, eller om detta skulle leda till orimligt höga kostnader, ska verksamhetsutövaren basera sina beräkningar på standardemissionsfaktorer och värden för biomassafraktioner för blandade bränslen och material, och på uppskattningsmetoder som offentliggjorts av kommissionen.

I avsaknad av sådana standardemissionsfaktorer och värden ska verksamhetsutövaren anta en nollprocentig andel biomassa eller lämna in en uppskattningsmetod för fastställande av biomassafraktionen för den behöriga myndighetens godkännande. För bränslen eller material från en produktionsprocess med angivna och spårbara inflöden får verksamhetsutövaren basera en sådan uppskattning på en massbalans för fossilt kol och kol från biomassa som går in eller ut ur processen.

3. Där ursprungsgarantin har upprättats i enlighet med artiklarna 2 j och 15 i direktiv 2009/28/EG får verksamhetsutövaren, genom undantag från artikel 30.1 och 30.2, inte använda analyser för att fastställa biomassafraktionen för biogas som injicerats i och sedan avlägsnats från ett gasnät.

Negativa utsläpp i EU:s utsläppshandelssystem

I Sverige genomförs handelsdirektivets bilaga 1 med 17 a § förordningen (2004:1205) om handel med utsläppsrätter och med bilaga 2 till förordningen. Enligt 17 a § förordningen om handel med utsläppsrätter krävs det tillstånd för utsläpp av växthusgaser för de verksamheter som beskrivs i förordningens bilaga 2. Även om en verksamhet passar in i en beskrivning i bilaga 2 är dock följande anläggningar undantagna från tillståndsplikten:

- en anläggning eller del av anläggning som används endast för forskning eller utveckling eller endast för provning av nya produkter eller nya processer,
- en anläggning där det uteslutande används biomassa vid förbränning, eller
- en anläggning där man förutom vid start och stängning uteslutande använder biomassa vid förbränning.

Undantag från undantaget, dvs. när det ändå krävs tillstånd för utsläpp av växthusgaser från en anläggning trots att den använder biomassa, gäller om anläggningen är kopplad till ett fjärrvärmenät på över 20 megawatt.

Undantaget för anläggningar som uteslutande använder biomassa vid förbränning har av svenska tillståndsmyndigheter endast tillämpats på verksamhetsbeskrivning 1 i förordningens bilaga 2 som avser ”utsläpp av koldioxid från en förbränningsanläggning som har en sammanlagd installerad tillförd effekt över 20 megawatt, eller har en installerad tillförd effekt under 20 megawatt och är ansluten för leverans till ett fjärrvärmenät med en sammanlagd installerad tillförd effekt över 20 megawatt, och godkänd av Europeiska kommissionen enligt artikel 24 i handelsdirektivet”. Anläggningar som omfattas av verksamhetsbeskrivningarna 2–27 har hittills bedömts vara tillståndspliktiga även om de uteslutande använder biomassa vid förbränning.³⁴

Varken i handelsdirektivet eller i de svenska bestämmelserna begränsas tillämpningsområdet för undantagen till verksamhetsbeskrivning 1. Det kan inte uteslutas att det finns anläggningar med andra verksamhetsbeskrivningar, t.ex. verksamhetsbeskrivning 16 ”anläggningar för tillverkning av pappersmassa av trä eller andra fibermate-

³⁴ www.naturvardsverket.se/Amnen/Utslappsraetter

rial”, som enbart har biogena förbränningsutsläpp och därför borde undantas från tillståndsplikten.

När handelsdirektivet antogs 2003 omfattades alla förbränningsanläggningar med en tillförd effekt på mer än 20 megawatt oavsett bränsle.³⁵ Kommissionen har vid tre olika tillfällen godkänt ansökningar från Sverige om att inkludera ytterligare anläggningar genom s.k. *opt-in*.³⁶ Med anledning av detta omfattas även förbränningsanläggningar med en tillförd effekt som är 20 megawatt eller lägre, om anläggningarna är kopplade till ett fjärrvärmesystem som har en total kapacitet som är högre än 20 megawatt. Syftet med införandet av vissa mindre förbränningsanläggningar var att Sverige ville få med hela fjärrvärmenätet i utsläppshandelssystemet.

Med anledning av det beslutade undantaget från utsläppshandelssystemets tredje handelsperiod för anläggningar som uteslutande använder biomassa, ville Sverige behålla förbränningsanläggningar som uteslutande använder biomassa om de var kopplade till ett fjärrvärmenät på över 20 megawatt och ansökte därför om att få inkludera dessa anläggningar i systemet. Anledningen var att dessa anläggningar annars skulle börja använda fossila bränslen för att få ingå i utsläppshandelssystemet med fri tilldelning av utsläppsrätter, vilket skulle leda till ökade koldioxidutsläpp. Ett annat syfte med att inkludera dessa anläggningar var att förhindra att konkurrensen snedvreds om inte samma förutsättningar gäller för anläggningar inom samma sektor.³⁷

Genomförandet av direktivet med svensk rätt överensstämmer till sitt innehåll i övrigt med direktivets krav. En förändring som gjordes med genomförandet var att de tillståndspliktiga verksamhetsbeskrivningarna flyttades från lag till förordning.

Syftet med handelsdirektivet är att *minska* växthusgasutsläppen inom EU på ett kostnadseffektivt och ekonomiskt effektivt sätt genom ett EU-gemensamt system för handel med utsläppsrätter för samtliga anläggningar som är tillståndspliktiga enligt direktivet.³⁸ De växthusgasutsläpp som inte är tillståndspliktiga enligt handelsdirek-

³⁵ Med undantag av anläggningar för hantering av farligt avfall och kommunalt avfall.

³⁶ Kommissionens beslut C(2004) 4240/1 den 29 oktober 2004, kommissionen beslut C(2005) 4498 den 24 november 2005 och kommissionens beslut C(2006) 107 den 23 januari 2007.

³⁷ Skrivelse till Europeiska kommissionen gällande opt-in av biobränsleanläggningar i EU ETS, 2011-02-25, dnr M2011/1040/Kl.

³⁸ Artikel 1 i handelsdirektivet.

tivet omfattas i stället av ansvarsfördelningsförordningen, vars tillämpningsområde³⁹ är växthusgasutsläpp från energi, industriprocesser och produktanvändning, jordbruk och avfall som inte omfattas av handelsdirektivet eller Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/841 av den 30 maj 2018 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030 (LULUCF-förordningen). Syftet med ansvarsfördelningsförordningen är, på samma sätt som med handelsdirektivet, att *minska* växthusgasutsläppen inom EU.⁴⁰

Ordalydelsen i handelsdirektivet är tydlig. Anläggningar som förbränner biomassa är under vissa förutsättningar undantagna från tillståndsplikten enligt direktivet. Frågan är då om anläggningar som förbränner biomassa i stället omfattas av ansvarsfördelningsförordningen. En bokstavstolkning ger att dessa anläggningar faller in under ansvarsfördelningsförordningens tillämpningsområde om deras utsläpp kommer från energi, industriprocesser och produktanvändning, jordbruk och avfall och inte omfattas av vare sig handelsdirektivet eller LULUCF-förordningen. Gör man däremot en ändamålstolkning av handelsdirektivet och ansvarsfördelningsförordningen är syftet att minska växthusgasutsläpp, inte att åstadkomma negativa utsläpp. De anläggningar som förbränner biomassa och som redan har nollutsläpp kan därför inte anses omfattas av vare sig handelsdirektivets eller ansvarsfördelningsförordningens syften, dvs. att minska växthusgasutsläppen för att slutligen nå nollutsläpp. Avskiljning och lagring av biogena utsläpp från t.ex. förbränning av biomassa ger negativa utsläpp, och negativa utsläpp faller därmed utanför de båda EU-rättsakternas tillämpningsområden.

CCS-direktivet

CCS-direktivet är ett juridiskt ramverk för koldioxidavskiljning och lagring som Europaparlamentet och Europeiska unionens råd antog 2009.

³⁹ Artikel 2 i ansvarsfördelningsförordningen.

⁴⁰ Artikel 1 i ansvarsfördelningsförordningen.

Direktivet har följande innehåll

- CCS-direktivet utgör en rättslig ram för miljömässigt säker geologisk lagring av koldioxid för att bidra till att bekämpa klimatförändringar (artikel 1).
- Tillämpningsområdet är medlemsstaternas territorium, deras ekonomiska zoner och kontinentalsocklar i den mening som avses i Förenta nationernas havsrättskonvention. Det är inte tillåtet att lagra koldioxid på en lagringsplats med ett lagringskomplex som sträcker sig utöver dessa områden eller i vattenpelaren. Lagring av koldioxid som understiger 100 000 ton för forskning, utveckling eller provning av nya produkter eller processer är undantagna (artikel 2).
- Medlemsstaterna får bestämma att inte tillåta lagring eller var lagring får ske men förfarandena för beviljande av lagrings tillstånd måste vara öppna för alla som förfogar över den kapacitet som krävs, och tillstånd måste beviljas på grundval av objektiva, offentliga och transparenta kriterier. En geologisk formations lämplighet som lagringsplats ska bedömas enligt de kriterier som anges i bilaga I till direktivet och en geologisk formation får endast väljas som lagringsplats om det med de planerade användningsförhållandena inte finns någon betydande risk för läckage och om det inte föreligger någon betydande risk för miljön eller människors hälsa (artikel 4 och 6.2).
- Undersökning och lagring kräver tillstånd och direktivet reglerar ramarna för undersökningstillstånd, vad en ansökan om lagringstillstånd ska innehålla, vilka villkor som måste vara uppfyllda och lagringstillståndets innehåll (artikel 5, 6, 7, 8 och 9).
- Medlemsstaterna ska se till att Europeiska kommissionen får tillgång till alla tillståndsansökningar och kommissionen kan avge ett icke bindande yttrande över utkast till lagringstillstånd. Den behöriga myndigheten ska informera kommissionen om det slutliga beslutet och motivera eventuella avvikelser från kommissionens yttrande (artikel 10).

- I direktivet regleras ändringar, översyn, uppdatering och återkallande av lagringstillstånd. Om ett tillstånd har återkallats ska den behöriga myndigheten antingen utfärda ett nytt tillstånd eller stänga lagringsplatsen. Fram till dess att ett nytt tillstånd har utfärdats ska den behöriga myndigheten tillfälligt överta ett antal uppräknade rättsliga skyldigheter mot ersättning (artikel 11).
- En koldioxidström ska huvudsakligen bestå av koldioxid. Därför får inget avfall eller andra substanser tillsättas i syfte att bortskaffa detta avfall eller denna substans. En koldioxidström får dock innehålla spår av substanser som härrör från källan, avskiljningen eller injektionsprocessen samt spårsubstanser som tillsatts för att bistå vid övervakningen och kontroll av koldioxidmigrationen. Verksamhetsutövaren ska innan injektering analysera koldioxidströmmarnas sammansättning och hålla ett register över de levererade och injekterade koldioxidströmmarnas kvantitet och egenskaper (artikel 12).
- Verksamhetsutövaren ska övervaka injektionsanläggningen, lagringskomplexet och i tillämpliga fall omgivningen i enlighet med en övervakningsplan enligt de krav som anges i bilaga 2 till direktivet (artikel 13).
- Verksamhetsutövaren ska åtminstone en gång om året rapportera om resultatet från övervakningen, kvantitet och kvalitet hos koldioxidströmmar som injekterats och bevis på att den finansiella säkerheten har ställts och bibehålls (artikel 14).
- Det ska finnas ett system med rutininspektioner och andra inspektioner av alla lagringskomplex. I direktivet finns även krav på inspektionernas frekvens och omfattning (artikel 15).
- I händelse av betydande störningar eller läckage ska verksamhetsutövaren genast göra en anmälan till den behöriga myndigheten och vidta de åtgärder som krävs. Verksamhetsutövaren ska även anmäla läckage i enlighet med handelsdirektivet. Den behöriga myndigheten får när som helst kräva att verksamhetsutövaren vidtar nödvändiga åtgärder eller vid underlåtelse själv vidta åtgärder mot ersättning (artikel 16).

- Läckage och utsläpp har olika definitioner enligt CCS-direktivet och handelsdirektivet. Läckage enligt CCS-direktivet är ”varje utsläpp av koldioxid från lagringskomplexet”.⁴¹ I enlighet med artikel 16.1 CCS-direktivet ska ett sådant läckage rapporteras enligt handelsdirektivet. Det läckage som ska rapporteras som utsläpp är om läckaget från lagringskomplexet identifieras och leder till utsläpp eller avgivning av koldioxid till öppet vatten/vattenpelaren.⁴² Utsläpp enligt handelsdirektivet rör utsläpp i atmosfären.⁴³ Läckage enligt CCS-direktivet sker alltså endast om koldioxiden lämnar lagringskomplexet och leder till utsläpp, dvs. hamnar i atmosfären eller avges till öppet vatten/vattenpelaren. Det är endast ett sådant läckage som ska täckas av utsläppsrätter. Rörelser av koldioxid under jord kan alltså vara läckage enligt CCS-direktivet men inte ett utsläpp enligt handelsdirektivet.
- CCS-direktivet gör ingen skillnad på fossil och biogen koldioxid. Efter att en lagringsplats har stängts ansvarar verksamhetsutövaren för övervakning, rapportering och att försluta lagringsplatsen och avlägsna injekteringsanläggningar fram till dess att ansvaret för lagringsplatsen överförs till den behöriga myndigheten enligt en särskild plan som ska godkännas av den behöriga myndigheten (artikel 17).
- Om vissa uppräknade villkor är uppfyllda ska ansvaret efter stängning av lagringsplatsen övergå till den behöriga myndigheten. Ansvaret får dock som huvudregel inte övergå innan en tidsperiod om minst 20 år har förflutit. Medlemsstaterna ska informera kommissionen om alla utkast till beslut. Kommissionen kan inom fyra månader på ett icke bindande sätt yttra sig om utkastet till beslut. Efter överföring av ansvar ska rutinkontroller upphöra och övervakningen får minskas till en nivå som gör det möjligt att upptäcka läckage och betydande störningar (artikel 18).
- Verksamhetsutövaren ska dels ställa en finansiell säkerhet som en del av ansökan om lagringstillstånd, dels ställa ett ekonomiskt bidrag till den behöriga myndighetens förfogande (artikel 19 och 20).

⁴¹ Artikel 3.5 i CCS-direktivet.

⁴² Artikel 20.3 och bilaga IV, punkt 23 i kommissionens genomförandeförordning (EU) nr 601/2012 och kommissionens genomförandeförordning (EU) 2018/2066.

⁴³ Artikel 3 b i handelsdirektivet.

- Potentiella användare ska få tillträde till transportnät och lagringsplatser. Verksamhetsutövare som driver transportnät och lagringsplatser får neka tillträde med hänvisning till bristande kapacitet. Ett sådant avslag ska motiveras. En verksamhetsutövare som nekar tillträde på grund av bristande kapacitet eller anslutningsmöjlighet ska göra de eventuella förbättringar som krävs i den mån detta är ekonomiskt möjligt eller när en potentiell kund är villig att betala för dem (artikel 21).
- Medlemsstaterna ska se till att det finns ett tvistelösnings- och sanktionsförfarande (artikel 22 och 28).
- Det ska finnas minst en behörig myndighet som ansvarar för att skyldigheterna i direktivet uppfylls. Myndigheten ska inrätta och upprätthålla ett register över beviljade lagringstillstånd samt lagringsplatser och omgivande lagringskomplex (artikel 23 och 25).
- I fråga om gränsöverskridande transporter av koldioxid och gränsöverskridande lagringsplatser, ska de berörda medlemsstaternas behöriga myndigheter gemensamt uppfylla kraven i CCS-direktivet och annan relevant gemenskapslagstiftning (artikel 24).
- Miljöinformation som berör den geologiska lagringen av koldioxid ska vara tillgänglig för allmänheten (artikel 26).

Avfallslagstiftningen

Enligt artikel 35 i CCS-direktivet ändrades den tidigare lydelsen av avfallsdirektivet på så sätt att koldioxid som avskilts och transporterats för geologisk lagring och som lagrats geologiskt i enlighet med CCS-direktivet undantas från EU:s avfallslagstiftnings tillämpningsområde.⁴⁴ Enligt övergångsbestämmelserna gäller detta även den nya avfallslagstiftningen.⁴⁵ Om koldioxiden lämnar unionen ingår den återigen, och all export från unionen av avfall avsett för bortskaf-

⁴⁴ Artikel 35 i CCS-direktivet och artikel 2.1 a i Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall och om upphävande av vissa direktiv.

⁴⁵ När det tidigare avfallsdirektivet upphävdes angavs i övergångsbestämmelserna att tidigare ändringar fortfarande skulle gälla även om detta inte framgår av den konsoliderade versionen av direktivet.

fande är förbjuden om den inte sker till Eftaländer som också är parter till Baselkonventionen.⁴⁶

Offshoredirektivet

Olje- och gasverksamhet till havs kallas offshoreverksamhet. EU antog offshoredirektivet 2013 i syfte att minska förekomsten av allvarliga olyckor i samband med olje- och gasverksamhet till havs och begränsa deras följder. Direktivet är genomfört i svensk rätt i de delar som krävs av en medlemsstat som inte har prospektering eller utvinning av olja eller gas till havs inom sin jurisdiktion och inte planerar att ge tillstånd till detta. Sverige har endast genomfört artiklarna 20, 32 och 34.

Följande framgår av offshoredirektivet.

Direktivet fastställer minimikrav för att förebygga allvarliga olyckor vid olje- och gasverksamhet till havs och för att begränsa konsekvenserna av sådana olyckor (artikel 1).

Följande definitioner finns i direktivet (artikel 2).

- *Till havs eller havsområde*: belägen i en medlemsstats territorialhav, exklusiva ekonomiska zon eller på dess kontinentalsockel enligt havsrättskonventionen.
- *Olje- och gasverksamhet till havs*: all verksamhet som har koppling till en anläggning eller ansluten infrastruktur, inbegripet utformning, planering, konstruktion, drift och avveckling, med koppling till prospektering och produktion av olja eller gas men inte inbegripet transport av olja och gas från en kust till en annan.
- *Produktion*: utvinning till havs av olja och gas från de underjordiska skikten i licensområdet, inbegripet bearbetning av olja och gas till havs och transport av denna genom ansluten infrastruktur.
- *Prospektering*: borrhning i ett prospekteringsområde och all relaterad olje- och gasverksamhet till havs som föregår produktionsrelaterad verksamhet.

⁴⁶ Artikel 36 i CCS-direktivet och artiklarna 1.3 h och 34 i Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1013/2006 av den 14 juni 2006 om transport av avfall.

Medlemsstaterna ska kräva att företag som är registrerade inom deras territorium och som själva eller genom dotterföretag bedriver olje- och gasverksamhet till havs utanför unionen som licensinnehavare eller verksamhetsutövare, på begäran rapporterar till dem om omständigheterna kring allvarliga olyckor som de har varit involverade i. I begäran om en rapport ska den berörda medlemsstaten i detalj ange vilka uppgifter som efterfrågas. Rapporterna ska vara föremål för utbyte. Medlemsstater som varken har en behörig myndighet eller en kontaktpunkt ska lämna in de rapporter som de tar emot till kommissionen (artikel 20).

Medlemsstater utan olje- och gasverksamhet till havs inom sin jurisdiktion ska utse en kontaktpunkt för utbyte av information med berörda angränsande medlemsstater. De ska säkerställa att det finns tillräcklig förmåga för räddningsinsatser om de skulle drabbas av en allvarlig olycka och vidta lämpliga åtgärder för att uppnå en hög nivå av kompatibilitet och samutnyttjande i fråga om räddningsutrustning och expertis. Vidare ska de se till att behöriga myndigheter eller kontaktpunkter utformar samarbetsscenarioer för nödsituationer. Dessa scenarier ska regelbundet utvärderas och uppdateras när så krävs. Medlemsstater utan olje- och gasverksamhet till havs inom sin jurisdiktion ska samordna sin nationella insatsplanering inom den marina miljön med andra berörda medlemsstater i den utsträckning som krävs för att säkerställa så effektiva åtgärder som möjligt vid en allvarlig olycka (artikel 32).

Medlemsstaterna ska införa regler om sanktioner för överträdelser av nationella bestämmelser som har utfärdats enligt direktivet (artikel 34).

Medlemsstater med havsområden som inte har någon olje- och gasverksamhet till havs inom sin jurisdiktion, och som inte planerar att ge licens för sådana verksamheter, är endast skyldiga att genomföra de åtgärder som är nödvändiga för att följa artiklarna 20, 32 och 34 i direktivet. Dessa medlemsstater får inte ge licens för sådan verksamhet förrän de har genomfört återstående bestämmelser i direktivet (artikel 41.3).

Sveriges genomförande av offshoredirektivet

Regeringen motiverade Sveriges begränsade genomförande av offshoredirektivet med att Sverige inte har någon olje- eller gasverksamhet till havs inom sin jurisdiktion och inte heller planerar att ge tillstånd till sådana verksamheter.⁴⁷

Av förarbetena framgår följande om utvinning av olja och gas i förhållande till geologisk lagring av koldioxid.⁴⁸

En etablerad metod för lagring av koldioxid innebär att koldioxiden injekteras i olje- eller gasförande berggrund. När detta görs trycks samtidigt den olja eller gas som eventuellt finns i berggrunden ut och tas om hand, vilket kan öka utvinningen från fyndigheten. Vid lämpliga geologiska förhållanden kan koldioxid också lagras i s.k. djupa akviferer som inte innehåller olja eller gas. Det är i första hand denna typ av geologisk lagring av koldioxid som det finns förutsättningar för inom svensk jurisdiktion enligt Sveriges geologiska undersökning (SGU). Förutsättningar för sådan lagring bedöms finnas i en stor del av södra Östersjön. I samband med eventuella undersökningar eller lagring av koldioxid i dessa strukturer är det möjligt att påträffa olja eller gas. Sannolikheten för detta bedöms vara störst vid borrhning på eller i direkt anslutning till ett fåtal mindre strukturella fällor i den allra sydligaste delen av Sveriges ekonomiska zon. Om det rör sig om mindre icke exploaterbara mängder kan dessa komma att återinjekteras i berggrunden. Undersökningsborrningar kan även medföra att det påträffas olja och gas som i samband med lagring av koldioxid kan vara ekonomiskt intressant för en verksamhetsutövare att utvinna. Den trycksänkning i reservoaren som uppstår vid sådan utvinning möjliggör effektivare lagring av koldioxid.

I konsekvensutredningen drogs slutsatsen att det begränsade genomförandet på sikt kunde påverka förutsättningarna till geologisk lagring av koldioxid i Östersjön.⁴⁹

SGU har inför Sveriges genomförande av offshoredirektivet, samt i ett särskilt regeringsuppdrag om utvinningsförbud på land,⁵⁰ analyserat konsekvenserna av ett förbud mot utvinning av olja och gas för koldioxidlagringsprojekt och kommit fram till att olje- och gasfynd kan leda till att koldioxidlagringsprojekt inte kan påbörjas. Anledningen till det är att lagringsakviferen kan behöva tömmas på gas eller olja innan koldioxiden injekteras för att få en trycksänkning i lagringsakviferen. Försöksanläggningar med borrhning och tester på

⁴⁷ Genomförande av offshoredirektivet, prop. 2014/15:64, s. 29.

⁴⁸ Prop. 2014/15:64, s. 21.

⁴⁹ Prop. 2014/15:64, s. 43.

⁵⁰ Åberg (2017) s. 23 f.

land är enligt SGU mycket viktiga innan kostsamma marina undersökningar genomförs. Enligt SGU krävs ett förtydligande av hur olje- och gasfynd ska hanteras i samband med borrhningar för undersökning, tester eller lagring av koldioxid.⁵¹

EU:s regler om statligt stöd

EUF-fördraget

EUF-fördraget reglerar unionens funktionssätt och fastställer områdena för, avgränsningen av och de närmare villkoren för utövandet av unionens befogenheter.⁵²

Bestämmelserna om statligt stöd finns i artiklarna 107–109 i EUF-fördraget och omfattar stöd från offentliga aktörer, t.ex. stat, kommun eller region till en verksamhet som bedrivs på en marknad. Syftet med bestämmelserna är att se till att inte snedvrیدا konkurrensen på EU:s inre marknad. Följande framgår av bestämmelserna.

Stöd som ges av en medlemsstat eller med hjälp av statliga medel, av vilket slag det än är, som snedvrیدer eller hotar att snedvrیدا konkurrensen genom att gynna vissa företag eller viss produktion, är oförenligt med den gemensamma marknaden i den utsträckning det påverkar handeln mellan medlemsstaterna. Som förenligt med den inre marknaden kan följande stöd anses:

1. stöd för att främja genomförandet av viktiga projekt av gemensamt europeiskt intresse eller för att avhjälpa en allvarlig störning i en medlemsstats ekonomi,
2. stöd för att underlätta utveckling av vissa näringsverksamheter eller vissa regioner, när det inte påverkar handeln i negativ riktning i en omfattning som strider mot det gemensamma intresset, och
3. stöd av annat slag i enlighet med vad rådet på förslag från kommissionen kan komma att bestämma genom beslut (artikel 107).

Kommissionen ska i samarbete med medlemsstaterna fortlöpande granska alla stödprogram som förekommer i dessa stater och lämna förslag till lämpliga åtgärder som krävs med hänsyn till den pågående

⁵¹ Sveriges geologiska undersökning (2017) s. 112.

⁵² Artikel 1 i EUF-fördraget.

utvecklingen eller den inre marknadens funktion. Om kommissionen finner att stöd som lämnas av en stat eller med statliga medel inte är förenligt med den inre marknaden, eller att sådant stöd missbrukas, ska den besluta om att staten i fråga ska upphäva eller ändra dessa stödåtgärder inom den tidsfrist som kommissionen fastställer. Om staten i fråga inte rättar sig efter detta beslut inom föreskriven tid får kommissionen eller andra berörda stater hänskjuta ärendet direkt till Europeiska unionens domstol. Medlemsstaterna ska anmäla planer på att vidta eller ändra stödåtgärder till kommissionen. En åtgärd får inte genomföras förrän kommissionen har godkänt den (artikel 108).

Rådet får, på förslag av kommissionen och efter att ha hört Europaparlamentet, anta de förordningar som behövs för tillämpningen av statsstödsreglerna och vilka stödåtgärder som ska vara undantagna från detta förfarande (artikel 109).

Kommissionen får anta förordningar avseende de kategorier av statligt stöd som rådet i enlighet med artikel 109 har fastställt som möjliga att undanta från förfarandet i artikel 109.3. Gruppundantagen är exempel på sådana förordningar (artikel 108.4).

Undantag kan även medges för stöd till företag som tillhandahåller tjänster av allmänt ekonomiskt intresse, om vissa kriterier är uppfyllda (artikel 106.2).

Gruppundantagsförordningen

Gruppundantagsförordningen medger att vissa kategorier av stöd kan ges utan att förhandsgodkännande krävs av kommissionen, men medlemsstaterna måste informera kommissionen om sådana stöd. Syftet är att minska den administrativa bördan för nationella och lokala myndigheter och uppmuntra EU:s regeringar att främja ekonomisk tillväxt genom stöd utan att ge stödmottagarna en orättvis konkurrensfördel. I förhållande till anmälda ärenden är dock den information som skickas till kommissionen av en mer aggregerad och förenklad form. I gruppundantagsförordningen anges under vilka förutsättningar och villkor statliga stöd undantas från anmälningsskyldigheten. Medlemsstaterna kan också ge s.k. *de minimis* stöd enligt kommissionens förordning (EU) nr 1407/2013 av den 18 december 2013 om tillämpningen av artiklarna 107 och 108 i fördraget om

Europeiska unionens funktionssätt på stöd av mindre betydelse, utan att behöva vänta på kommissionens godkännande.

Gruppundantagsförordningen fastställer även tröskelvärden för anmälan för förhandsgodkännande (dvs. takbelopp för hur stora stöd som gruppundantaget gäller för). Vidare tydliggör gruppundantaget de villkor för statligt stöd som måste vara uppfyllda för att undantaget ska kunna tillämpas.

Följande definitioner gäller för stöd till miljöskydd (artikel 2).

- (101) *Miljöskydd*: varje åtgärd som syftar till att avhjälpa eller förebygga skador på den fysiska miljön eller naturresurserna genom en stödmottagares egen verksamhet, att minska risken för sådana skador eller att främja en effektivare användning av naturresurserna, bl.a. energisparande åtgärder och användning av förnybara energikällor.
- (117) *Biomassa*: den biologiskt nedbrytbara delen av produkter, avfall och restprodukter från jordbruk (bl.a. material av vegetabiliskt och animaliskt ursprung), skogsbruk och därmed förknippad industri, inklusive fiske och vattenbruk, samt biogaser och den biologiskt nedbrytbara delen av industriavfall och kommunalt avfall.
- (130 d) *Energiinfrastruktur*: varje fysisk utrustning eller anläggning som är belägen i unionen eller kopplar samman unionen med ett eller flera tredjeländer och omfattas av följande kategorier:
Angående koldioxid: nät av rörledningar, inbegripet tillhörande förstärkningsstationer för transport av koldioxid till lagringsanläggningar, i syfte att injektera koldioxiden i en lämplig underjordisk geologisk formation för permanent förvaring.

Riktlinjer för statligt stöd till miljöskydd och energi

Det finns riktlinjer som klargör vad som gäller för bl.a. energi- och miljöstöd. Riktlinjerna gäller stöd som ska anmälas till kommissionen och alltså inte stöd enligt gruppundantagsförordningen. Riktlinjerna kan dock vara till hjälp vid utformningen även av sådana stöd. I riktlinjerna anger kommissionen under vilka förutsättningar och villkor som den typiskt sett godkänner ett stöd och vad kommissionen kommer att basera sin bedömning på. Det är dock fort-

farande möjligt att gå utöver vad riktlinjerna säger och anmäla ett stöd som inte ryms inom dem, men då ställs högre krav på underlaget och det kan ta längre tid innan stödet godkänns av kommissionen jämfört med om stödet faller inom riktlinjerna.

Kommissionen har i Riktlinjer för statligt stöd till miljöskydd och energi för 2014–2020, (2014/C 200/01) angett att statligt stöd till avskiljning och lagring av koldioxid kan ges till miljöskydd och energi för perioden 2014–2020 (kommissionen har föreslagit förlängning till 2022).

Följande definitioner finns i riktlinjerna (1.3).

- (1) *Miljöskydd*: åtgärder som syftar till att avhjälpa eller förebygga sådana skador på den fysiska miljön eller naturresurserna som orsakas av stödmottagarens egen verksamhet, minska risken för sådana skador eller medföra en effektivare användning av naturresurser, inklusive energisparåtgärder och användningen av förnybara energikällor.
- (31 d) *Energiinfrastruktur*: varje fysisk utrustning eller anläggning som är belägen i unionen eller kopplar samman unionen med ett eller flera tredjeländer och omfattas av följande kategorier: Angående *koldioxid*: nät av rörledningar, inbegripet tillhörande förstärkningsstationer för transport av koldioxid till lagringsanläggningar, i syfte att injektera koldioxiden i en lämplig underjordisk geologisk formation för permanent förvaring.
- (33) *Avskiljning och lagring av koldioxid eller CCS*: en uppsättning tekniker som går ut på att koldioxid (CO₂) som släpps ut från industrialanläggningar som baseras på fossila bränslen eller biomassa, inklusive kraftverk, avskiljs, transporteras till en lämplig lagringsplats och där injekteras i en lämplig underjordisk geologisk formation för permanent förvaring.
- *Anmälningspliktigt miljö- och energistöd* är: (20 f) Stöd till avskiljning och lagring av koldioxid: om stödbeloppet överstiger 50 miljoner euro per investeringsprojekt.

Följande motivering anförs till stödet till avskiljning och lagring av koldioxid (3.6).

Tekniken för avskiljning och lagring av koldioxid (CCS) kan bidra till att begränsa klimatförändringen. I övergången till en ekonomi som är helt koldioxidsnål kan tekniken för avskiljning och lagring av koldioxid bidra till att sammanjämka efterfrågan på fossila bränslen med behovet av minskade utsläpp av växthusgaser. Inom vissa industrisektorer kan avskiljning och lagring av koldioxid för närvarande vara det enda tillgängliga tekniska alternativet för att minska processrelaterade utsläpp i den omfattning som krävs på lång sikt. Med tanke på att kostnaden för avskiljning, transport och lagring är ett stort hinder för införandet av CCS kan statligt stöd bidra till att främja utvecklingen av denna teknik.

För att främja de långsiktiga målen för en utsläppssnål ekonomi anser kommissionen att stödet till CCS bidrar till det gemensamma miljöskydds målet.

Unionen har tagit flera initiativ för att ta itu med negativa externa effekter. Framför allt garanterar unionens system för handel med utsläppsrätter att kostnaderna för växthusgasutsläpp internaliseras, vilket emellertid kanske ännu inte säkerställer uppnåendet av unionens långsiktiga mål när det gäller minskade koldioxidutsläpp. Kommissionen förutsätter därför att man genom stödet till CCS kan hantera ett kvardröjande marknadsmisslyckande, såvida det inte föreligger bevis för att ett sådant marknadsmisslyckande inte längre kvarstår.

Utän att det påverkar unionens lagstiftning på detta område, antar kommissionen att beviljat stöd är lämpligt under förutsättning att alla andra villkor är uppfyllda. Såväl driftstöd som investeringsstöd tillåts.

Stödet kan ges till kraftverk som drivs med fossila bränslen och/eller med biomassa (inbegripet kraftverk där fossila bränslen och biomassa kombineras) eller andra industriella anläggningar som är utrustade med anläggningar för avskiljning, transport och lagring av koldioxid, eller enskilda delar av denna kedja för avskiljning och lagring av koldioxid. Emellertid innefattar stöd till CCS-projekt inte stöd till den anläggning som släpper ut koldioxid (industri anläggningar eller kraftverk) som sådan, utan endast stöd avseende kostnaderna för CCS-projektet.

Stödet begränsas till merkostnader för avskiljning, transport och lagring av den utsläppta koldioxiden. Kommissionen godtar därför generellt att det kontrafaktiska scenariot utgörs av att en situation där projektet inte genomförs som ett CCS-projekt är likvärdigt med tillkommande infrastruktur som inte behövs för att driva en anläggning. Med tanke på ett sådant kontrafaktiskt scenario definieras de stödberättigande kostnaderna som finansieringsgapet. Alla intäkter beaktas, till exempel kostnadsbesparingar till följd av minskat behov av utsläppsrätter och av finansiering från NER 300 och det europeiska energiprogrammet för återhämtning.

Kommissionen baserar sin bedömning av stödets snedvridande effekter på de kriterier som anges i avsnitt 3.2.6, och tar hänsyn till om förfaranden för kunskapsutbyte har införts, om infrastrukturen är öppen för tredje parter och om stödet till enskilda delar av CCS-kedjan har en positiv inverkan på andra anläggningar som drivs med fossila bränslen som ägs av stödmottagaren.

Förfarandet i Sverige

Regler för hur svenska myndigheter ska efterleva kraven på rapportering och återkrav m.m. finns i lagen (2013:388) om tillämpning av Europeiska unionens statsstödsregler och förordningen (2016:605) om tillämpning av Europeiska unionens statsstödsregler.

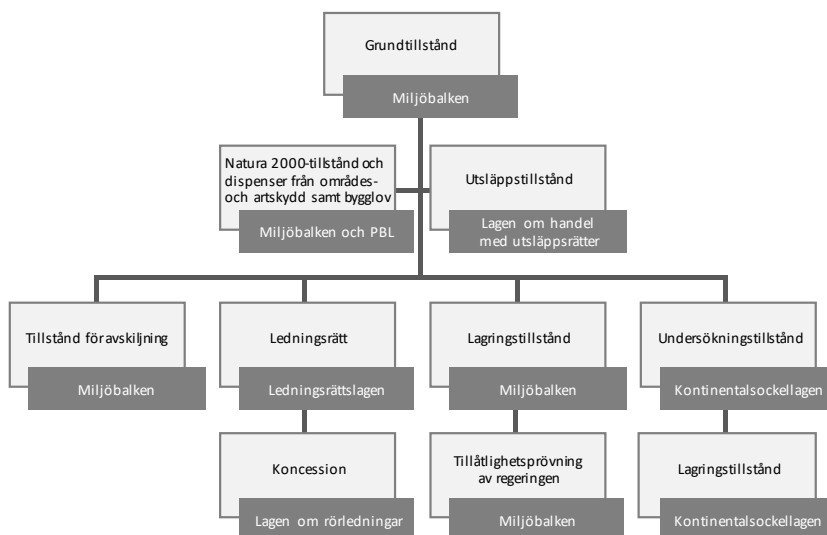
I Sverige är det endast regeringen som via Näringsdepartementets enhet för marknad och konkurrens (N MK) kan anmäla stöd till kommissionen för godkännande eller meddela att Sverige tillämpar ett gruppundantag.

12.1.2 Gällande nationell rätt

CCS-direktivet har genomförts i svensk lagstiftning med bestämmelser i miljöbalken och dess förordningar, särskilt förordningen (2014:21) om geologisk lagring av koldioxid och lagen (1966:314) om kontinentalsockeln. Genomförandet har även medfört vissa ändringar i ledningsrättslagen (1973:1144), lagen (1978:160) om vissa rörledningar och lagen (1992:1140) om Sveriges ekonomiska zon.

För hela kedjan som rör CCS inklusive bio-CCS kan det krävas upp till tio tillstånd, vilket kan illustreras med följande figur.

Figur 12.1 Tillstånd som kan krävas för koldioxidavskiljning och lagring i Sverige



Miljöbalken

Koldioxid som avskiljs för lagring är avfall

Avfall är varje ämne eller föremål som innehavaren gör sig av med eller avser eller är skyldig att göra sig av med.⁵³ Syftet med att lagra koldioxid geologiskt är att göra sig av med koldioxiden på ett säkert sätt. Koldioxid som har avskilts för geologisk lagring är därför avfall. Avfallsförordningen ska dock inte tillämpas på koldioxid som avskiljs och transporteras för att lagras geologiskt samt koldioxid som lagras geologiskt.⁵⁴

Avfall får inte dumpas eller förbrännas inom Sveriges sjöterritorium och ekonomiska zon. Avfall som är avsett att dumpas i eller förbrännas på det fria havet får inte heller föras ut ur landet eller ur den ekonomiska zonen.⁵⁵ När dumpningsförbudet togs in i miljöbalken⁵⁶ konstaterades att detta förbud motsvarade bestämmelserna i Londonkonventionen, och när Sverige ratificerade Londonprotokollet framhölls att Sverige redan uppfyllde protokollets krav genom bestämmelserna om dumpning i 15 kap. miljöbalken.⁵⁷ Regeringen har meddelat undantag från förbudet mot dumpning för geologisk lagring av koldioxid inom Sveriges sjöterritorium och ekonomiska zon men inte för export av koldioxid för lagring i ett annat land.⁵⁸

Det krävs tillstånd för avskiljning och lagring

Koldioxidavskiljning är en typ av miljöfarlig verksamhet och geologisk lagring av koldioxid en annan. För båda krävs tillstånd enligt 9 kap. miljöbalken.⁵⁹ I en tillståndsansökan till en ny förbränningsanläggning med en nominell elektrisk effekt på 300 megawatt eller mer måste det i ansökan anges om det finns lagringsplatser samt om det är tekniskt och ekonomiskt möjligt att avskilja och transportera koldioxid från anläggningen.⁶⁰ Vid en ansökan om geologisk lagring

⁵³ 15 kap. 1 § miljöbalken.

⁵⁴ 15 kap. 17 § miljöbalken och 11 § 9 p. avfallsförordningen.

⁵⁵ 15 kap. 27 § miljöbalken.

⁵⁶ Prop. 1997/98:45, del 1, s. 431.

⁵⁷ Prop. 1999/2000:74 s. 13 f.

⁵⁸ 15 kap. 28 § miljöbalken och förordningen och geologisk lagring av koldioxid.

⁵⁹ 29 kap. 60, 61, 62 och 63 §§ miljöprövningsförordningen (2013:251).

⁶⁰ 22 kap. 1 c § miljöbalken.

av koldioxid är lagringsmängden avgörande för vilka bestämmelser som blir tillämpliga.⁶¹ Miljöbalken reglerar inte transport av koldioxid, men transporten skulle kunna vara en följdverksamhet till avskiljningen eller lagringen.⁶²

En ansökan om geologisk lagring av koldioxid som avser en sammanlagd planerad lagring av mer än 100 000 ton koldioxid prövas av mark- och miljödomstol.⁶³ Dessutom ska regeringen pröva tillåtligheten av nya sådana anläggningar.⁶⁴ Domstolen ska därför, i stället för dom, avge ett yttrande till regeringen efter huvudförhandling, och regeringen ska förse Europeiska kommissionen med det yttrande som domstolen har lämnat. På så sätt kan kommissionen informeras om yttrandet och annat material som domstolen har tagit hänsyn till. När regeringen har prövat tillåtligheten lämnas ärendet tillbaka till domstolen som prövar de frågor som återstår. En anläggning för lagring av mer än 100 000 ton koldioxid får endast placeras i Sveriges ekonomiska zon och i de områden som inte ingår i fastigheter i svenskt territorialhav från en nautisk mil utanför baslinjen.⁶⁵

Om mängden koldioxid som planeras att lagras understiger 100 000 ton, eller om verksamheten endast omfattar avskiljning av koldioxidströmmar för geologisk lagring av koldioxid, prövas ansökan av länsstyrelsens miljöprövningsdelegation.⁶⁶ Det är inte reglerat var en sådan lagring som prövas av miljöprövningsdelegationen får ske. Den borring som sker i syfte att bedöma om en plats är lämplig för geologisk lagring av koldioxid ska anmälas till tillsynsmyndigheten.⁶⁷

Det finns särskilda bestämmelser om ansökans och tillståndets innehåll

En ansökan om tillstånd till geologisk lagring av koldioxid eller en ansökan om en ny förbränningsanläggning med en nominell elektrisk effekt på 300 megawatt eller mer ska innehålla samma uppgifter som övriga ansökningsmål.⁶⁸ Dessutom finns bestämmelser som

⁶¹ 22 kap. 1 b § miljöbalken.

⁶² 16 kap. 7 § miljöbalken och NJA 2004:421.

⁶³ 9 kap. 6 § miljöbalken och 29 kap. 60 § miljöprövningsförordningen.

⁶⁴ 17 kap. 1 § miljöbalken.

⁶⁵ 4 kap. 9 § miljöbalken och 10 § förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

⁶⁶ 29 kap. 61 och 62 §§ miljöprövningsförordningen.

⁶⁷ 29 kap. 64 § miljöprövningsförordningen.

⁶⁸ 22 kap. 1 § miljöbalken.

kräver ytterligare uppgifter när det gäller ansökningar om avskiljning och geologisk lagring av koldioxid.⁶⁹ Inom en månad från det att en ansökan om geologisk lagring av koldioxid kommit in ska domstolen skicka ett exemplar av ansökningshandlingarna till SGU och Europeiska kommissionen och underrätta dem om var handlingarna i målet finns. Om tillstånd sedan ges ska domstolen även underrätta dem om innehållet i domen och regeringens tillåtlighetsbeslut när domen har vunnit laga kraft.⁷⁰

Förutom de krav på tillståndet som följer av miljöbalkens allmänna bestämmelser om vad en tillståndsdom ska innehålla, måste det i ett tillstånd till geologisk lagring av koldioxid alltid finnas en beskrivning av den geologiska formationens egenskaper. Dessutom måste flera villkor tas in, bl.a. om den exakta lokaliseringen och avgränsningen av lagringsplatsen samt det område runt lagringsplatsen som med hänsyn till de geologiska förhållandena har betydelse för lagringens integritet och säkerhet, den totala mängd koldioxid som får lagras och en beskrivning av varifrån den koldioxid som ska tillföras lagringsplatsen kommer och hur den ska transporteras till lagringsplatsen. Om det finns avvikelser från de synpunkter som Europeiska kommissionen har lämnat i samband med regeringens tillåtlighetsprövning måste skälen för detta framgå både i regeringens tillåtlighetsbeslut och i domstolens dom.⁷¹

När det gäller en tillståndsdom till en ny förbränningsanläggning med en nominell elektrisk effekt på 300 megawatt eller mer ska den, förutom de allmänna krav som ställs på en tillståndsdom, även innehålla villkor om att utrymme ska avsättas vid anläggningen för den utrustning som behövs för att avskilja och komprimera koldioxid om det dels är lämpligt med hänsyn till skyddet för människors hälsa och miljön att avsätta ett sådant utrymme, dels är tekniskt och ekonomiskt möjligt att eftermontera utrustning för koldioxidavskiljning. Det ska även framgå om en lämplig lagringsplats finns tillgänglig för koldioxid från anläggningen och om transport av koldioxid från anläggningen till en sådan lagringsplats är tekniskt och ekonomiskt genomförbar.⁷²

⁶⁹ 22 kap. 1 b och 1 c §§ miljöbalken.

⁷⁰ 22 kap. 4 och 21 a §§ miljöbalken.

⁷¹ 22 kap. 25 d § miljöbalken.

⁷² 22 kap. 25 e § miljöbalken.

Villkor får föreskrivas för att hindra koldioxidutsläpp

I miljöbalken finns ett förbud mot att besluta om villkor om begränsning av utsläpp av koldioxid, dikväveoxid eller perfluorkolväten eller att reglera använd mängd fossilt bränsle i syfte att begränsa koldioxidutsläpp om dessa utsläpp omfattas av tillståndsplikt enligt lagen (2004:1199) om handel med utsläppsrätter. Trots detta förbud får villkor föreskrivas för att hindra utsläpp från geologisk lagring av koldioxid eller från avskiljning, komprimering eller transport av koldioxid.⁷³

Ekonomisk säkerhet måste ställas innan tillstånd ges

Tillstånd till geologisk lagring av koldioxid ska för sin giltighet göras beroende av att verksamhetsutövaren ställer säkerhet eller vidtar någon annan lämplig åtgärd för att säkerställa fullgörandet av de skyldigheter som gäller för verksamheten enligt miljöbalken, lagen om handel med utsläppsrätter samt de föreskrifter och tillståndsvillkor som har meddelats med stöd av dessa lagar. En säkerhet får ställas efter hand enligt en plan som vid varje tid tillgodoser det aktuella behovet av säkerhet. När en säkerhet ställs ska den prövas av tillståndsmyndigheten. Säkerheten ska godtas om den visas vara betryggande för sitt ändamål.⁷⁴

Villkor om säkerhet ska kunna ändras eller upphävas om det kan antas att den säkerhet som ställts inte längre är tillräcklig eller är större än vad som behövs.⁷⁵

Områdes- och artskydd samt bygglov

Det krävs ett särskilt tillstånd om en verksamhet eller åtgärd på ett betydande sätt kan påverka ett Natura 2000-område.⁷⁶ Det kan även bli aktuellt med olika dispenser från strandskydd, biotopskydd,

⁷³ 16 kap. 2 c § miljöbalken.

⁷⁴ 15 kap. 37 § miljöbalken.

⁷⁵ 24 kap. 5 § 12 p miljöbalken.

⁷⁶ 7 kap. 28 a § miljöbalken.

naturreservat med flera områdesskydd⁷⁷ samt artskyddsdispens⁷⁸. Dessutom kan det behövas bygglov, rivningslov eller marklov.⁷⁹

Sveriges geologiska undersökning och länsstyrelsen är tillsynsmyndigheter

SGU har ansvar för tillsynen av om geologisk lagring av koldioxid sker i Sverige⁸⁰ och länsstyrelsen ansvarar för tillsynen i fråga om koldioxidavskiljning om tillsynen inte överlåtits till en kommunal nämnd.⁸¹ Tillsynsmyndigheter över områdes- och artskydd samt bygglov är länsstyrelsen, kommunal nämnd respektive Skogsstyrelsen.⁸²

Förordningen om geologisk lagring av koldioxid

När CCS-direktivet genomfördes i svensk lagstiftning konstaterade regeringen att även om det kommer att krävas många specialregler för koldioxidlagring är huvuddelen av miljöbalkssystemet ändå möjligt att tillämpa på koldioxidlagring utan några ändringar.⁸³ En stor del av dessa specialregler infördes genom en ny förordning om geologisk lagring av koldioxid.

Syftet med förordningen är att geologisk lagring av koldioxid ska ske på ett miljömässigt säkert sätt, vilket innebär permanent inneslutning av koldioxid på ett sätt som förhindrar eller i möjligaste mån eliminerar negativa effekter och eventuella risker för miljön och människors hälsa.⁸⁴ Förordningen är endast tillämplig på geologisk lagring av koldioxid som avser en sammanlagd planerad lagring av mer än 100 000 ton koldioxid. Den är alltså inte tillämplig på lagring av en mindre mängd eller lagring för forskningsändamål – verksamheter som dock är tillståndspliktiga enligt miljöprövningsförordningen. Förutom tillämpningsområde och relevanta definitioner innehåller förordningen detaljerade bestämmelser som reglerar hur verksamhets-

⁷⁷ 7 kap. miljöbalken.

⁷⁸ 8 kap. miljöbalken och artskyddsförordningen (2007:845)

⁷⁹ 9 kap. plan- och bygglagen (2010:900).

⁸⁰ 2 kap. 26 a § miljötillsynsförordningen (2011:13).

⁸¹ 2 kap. 29 § 1 p. miljötillsynsförordningen.

⁸² 2 kap. 7–10 §§ miljötillsynsförordningen.

⁸³ Prop. 2011/12:125 s. 49.

⁸⁴ 1 § förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

utövaren ska göra för att bedöma lämpligheten av en möjlig lagringsplats.⁸⁵

I förordningen finns även bestämmelser om att det krävs tillstånd och olika planer samt ekonomisk säkerhet. Vidare ställs det krav på den avskilda koldioxidens sammansättning.⁸⁶

Den innehåller också handlingsregler för verksamhetsutövare och prövningsmyndighet när det gäller tillstånd, övervakning, kontroll och miljörapportering samt vilket ansvar och vilka skyldigheter verksamhetsutövaren har vid läckage av koldioxid och efter stängning.⁸⁷ Flera bestämmelser riktar sig till tillsynsmyndigheten och rör bl.a. förutsättningar för stängning av lagringsplatsen, överföring av ansvar från verksamhetsutövare till tillsynsmyndighet och återkallelse av tillstånd.⁸⁸

Efter att Europeiska kommissionen haft synpunkter på brister i genomförandet av CCS-direktivet i en s.k. EU-pilotförfrågan som kom in till Sverige i maj 2016⁸⁹ och ytterligare en i oktober 2016⁹⁰ gjordes vissa ändringar i förordningen den 1 september 2018⁹¹. Ändringarna avsåg bl.a. definitionerna, övervakningsplanerna och omgivande lagringskomplex.⁹²

Sveriges geologiska undersökning är tillsynsmyndighet

SGU har ansvar för tillsynen om geologisk lagring av koldioxid sker i Sverige.⁹³ I förordningen anges vad som åvilar tillsynsmyndigheten. Där finns också bemyndiganden för tillsynsmyndigheten att meddela föreskrifter som rör frågor om rapportering och avgifter vid ansvarsöverföring samt skyldighet för verksamhetsutövaren att lämna uppgifter om den stängda anläggningen. Tillsynsmyndigheten kan även ta ut en tillsynsavgift för lagring av koldioxid.⁹⁴

⁸⁵ 2–25 §§ förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

⁸⁶ 26–41 §§ förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

⁸⁷ 42–43, 45–47 och 51 §§ förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

⁸⁸ 44, 48–50, 52–67 och 69–81 §§ förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

⁸⁹ Dnr M2016/01272/R.

⁹⁰ Dnr M2016/03037/R.

⁹¹ Dnr M2017/03292/R.

⁹² SFS 2018:1326.

⁹³ 2 kap. 26 a § miljötillsynsförordningen (2011:13).

⁹⁴ Bilagan till förordningen (1998:940) om avgifter för provning och tillsyn enligt miljöbalken.

Lagen om kontinentalsockeln

Lagen om kontinentalsockeln tillämpas på havsbotten och dess underlag inom allmänt vattenområde samt inom de områden utanför sjöterritoriet som framgår av en koordinatlista för kontinentalsockelns yttre avgränsningslinje som finns i bilaga 3 till lagen (2017:1272) om Sveriges sjöterritorium och maritima zoner.⁹⁵ Rätten att utforska kontinentalsockeln och utvinna dess naturtillgångar tillkommer staten. Det som sägs i lagen om att utforska kontinentalsockeln och utvinna dess naturtillgångar gäller även för geologisk lagring av koldioxid.⁹⁶

Regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer får meddela tillstånd för annan än staten att genom geofysiska mätningar, borrning eller på annat sätt utforska kontinentalsockeln och utvinna naturtillgångar från denna. Tillstånd får dock inte meddelas till olje- eller gasverksamhet.⁹⁷ Ett tillstånd ska avse ett bestämt område och en viss tid. Ett tillstånd till geologisk lagring av koldioxid behöver dock inte bestämmas till en viss tid och ska förenas med de villkor som behövs för att skydda allmänna intressen och enskild rätt.

Giltighetstiden för ett tillstånd att utforska kontinentalsockeln för geologisk lagring av koldioxid ska inte vara längre än vad som bedöms nödvändigt för att genomföra den avsedda undersökningen, men giltighetstiden kan förlängas under vissa förutsättningar.⁹⁸ Om någon har fått ett tillstånd att utforska kontinentalsockeln för geologisk lagring av koldioxid får inte någon ges tillstånd att utforska eller använda området i samma syfte.⁹⁹

Vid prövning av tillstånd enligt kontinentalsockellagen tillämpas även vissa bestämmelser i miljöbalken, bl.a. miljöbalkens allmänna hänsynsregler och bestämmelser om hushållning med mark- och vattenområden.¹⁰⁰

⁹⁵ 1 § lagen om kontinentalsockeln.

⁹⁶ 2 och 2 b §§ lagen om kontinentalsockeln.

⁹⁷ 3 § lagen om kontinentalsockeln.

⁹⁸ 3 c § lagen om kontinentalsockeln.

⁹⁹ 3 och 3 d §§ lagen om kontinentalsockeln.

¹⁰⁰ 2 a, 3 a, 4 a och 10 a §§ lagen om kontinentalsockeln.

*Sveriges geologiska undersökning och Kustbevakningen
är tillsynsmyndigheter*

SGU är tillsynsmyndighet över efterlevnaden av föreskrifter och villkor för tillstånd enligt lagen, förutom över undervattenskablar och rörledningar där Kustbevakningen utövar tillsyn.¹⁰¹

Ledningsrättslagen

Koldioxid som ska lagras geologiskt måste transporteras från avskiljningen till lagringsplatsen. Transporten kan ske genom rörledningar från den anläggning där koldioxiden avskiljs till en lagringsplats under havsbotten eller till en hamn för vidare transport med fartyg. Dessa rörledningar kan behöva dras på fastigheter som ägs av andra än verksamhetsutövaren.

Enligt ledningsrättslagen kan den som har behov av en ledning få ledningsrätt. Det är en sakrättsligt skyddad rätt att dra fram och använda olika slags ledningar på en annans fastighet och ledningar som transporterar koldioxid omfattas av lagen.¹⁰² Det är också möjligt att transportera koldioxid åt någon annan, enligt ledningsrättslagen.¹⁰³

Det finns dock vissa begränsningar om var ledningsrätter får upplåtas. Upplåtelse får t.ex. inte ske i strid mot en detaljplan eller motverka naturvårdsföreskrifter.¹⁰⁴ Lantmäterimyndigheten prövar frågor om ledningsrätt vid en förrättning.

Ledningsrättslagen är endast tillämplig ut till gränsen mellan enskilt och allmänt vatten och alltså inte inom allmänt vattenområde, inom Sveriges ekonomiska zon eller på kontinentalsockeln. Lagen om kontinentalsockeln gäller från gränsen mellan enskilt och allmänt vatten fram till lagringsplatsen.¹⁰⁵

¹⁰¹ 2 och 2 a §§ kontinentalsockelförordningen (1966:315) och 15 a § lagen om kontinentalsockeln.

¹⁰² 2 § 4 p. ledningsrättslagen.

¹⁰³ 11 a § ledningsrättslagen.

¹⁰⁴ 8–10 §§ ledningsrättslagen.

¹⁰⁵ Prop. 2011/12:125 s. 81.

Tillsyn

Ledningsrätt är en särskild rätt att få dra fram en ledning. Tillsynen över rörledningar för transport av koldioxidströmmar utövas av Energimarknadsinspektionen på land och fram till territorialgränsen enligt lagen om vissa rörledningar¹⁰⁶ och av Kustbevakningen från territorialgränsen enligt lagen om kontinentalsockeln.¹⁰⁷

Lagen om vissa rörledningar

Enligt lagen om vissa rörledningar krävs det i de flesta fall ett särskilt tillstånd, en s.k. koncession, för att dra fram och använda en rörledning för transport av koldioxid som ska lagras geologiskt.¹⁰⁸ Regeringen meddelar koncession efter att Energimarknadsinspektionen har berett ansökan.¹⁰⁹ En koncession får inte strida mot en detaljplan eller områdesbestämmelser, och vid prövning av koncessioner ska vissa bestämmelser i miljöbalken tillämpas, bl.a. annat de allmänna hänsynsreglerna, bestämmelserna om hushållning med mark- och vattenområden och om miljöbedömningar.¹¹⁰

Koncessionen ska gälla ledning med en i huvudsak bestämd sträckning och gälla för en viss tid. Giltighetstiden får bestämmas till längst 40 år med möjlighet till förlängning med 40 år i taget.¹¹¹ Den som har koncession för en rörledning för transport av koldioxid är skyldig att på skäligena villkor transportera koldioxid åt andra om ledningen har kapacitet för det. Vid bedömningen av om villkoren är skäligena ska hänsyn tas till rörledningens kapacitet, behovet av att samordna olika tekniker, koncessionshavarens och andras behov av rörledningens kapacitet samt påverkan på andra som använder rörledningen eller driver en verksamhet som har samband med rörledningen.

Om koncessionshavaren nekar att transportera koldioxid åt annan på grund av bristande kapacitet eller för att anslutning inte är möjlig ska koncessionshavaren ange skälen för sitt nekande och mot

¹⁰⁶ 19 § förordningen om vissa rörledningar.

¹⁰⁷ 15 a § lagen om kontinentalsockeln och 2 a § kontinentalsockelförordningen.

¹⁰⁸ 1 § lagen om vissa rörledningar.

¹⁰⁹ 1–7 a §§ förordningen (1978:164) om vissa rörledningar.

¹¹⁰ 4 § lagen om vissa rörledningar.

¹¹¹ 5 och 5 a §§ lagen om vissa rörledningar.

skälig ersättning göra de förbättringar som behövs för att möjliggöra transport åt andra med vissa undantag. Energimarknadsinspektionen prövar frågor om skyldighet att ombesörja transport åt annan.¹¹² Bestämmelserna om transporter åt annan ska även tillämpas på rörledningar som fortsätter utanför svenskt territorium eller går till en lagringsplats på kontinentalsockeln.¹¹³

Energimarknadsinspektionen är tillsynsmyndighet

Tillsynen över rörledningar för transport av koldioxidströmmar utövas av Energimarknadsinspektionen som utövar tillsyn på land och fram till territorialgränsen enligt lagen om vissa rörledningar,¹¹⁴ och tillsynen från territorialgränsen utövas av Kustbevakningen enligt lagen om kontinentalsockeln.¹¹⁵

Lagen om Sveriges ekonomiska zon

Lagen om Sveriges ekonomiska zon är tillämplig på de områden utanför sjöterritoriet som framgår av bilaga 4 till lagen om Sveriges sjöterritorium och maritima zoner.

Det krävs tillstånd av regeringen för att utforska, utvinna eller på annat sätt nyttja naturtillgångar, uppföra eller använda konstgjorda öar samt i kommersiellt syfte uppföra eller använda anläggningar eller andra inrättningar i den ekonomiska zonen.¹¹⁶

Eftersom geologisk lagring av koldioxid kräver tillstånd enligt miljöbalken och lagen om kontinentalsockeln finns ett undantag i lagen om Sveriges ekonomiska zon om att tillstånd enligt den lagen inte krävs för geologisk lagring av koldioxid.¹¹⁷ Till skydd för den marina miljön finns det dock en upplysning i lagen om att vissa av miljöbalkens regler ska tillämpas på geologisk lagring av koldioxid.¹¹⁸

¹¹² 8 b, 8 c och 8 d §§ lagen om vissa rörledningar.

¹¹³ 10 b § lagen om kontinentalsockeln.

¹¹⁴ 19 § förordningen om vissa rörledningar.

¹¹⁵ 15 a § lagen om kontinentalsockeln och 2 a § kontinentalsockelförordningen.

¹¹⁶ 5 § lagen om Sveriges ekonomiska zon.

¹¹⁷ 5 c § lagen om Sveriges ekonomiska zon.

¹¹⁸ 3 § lagen om Sveriges ekonomiska zon.

Kustbevakningen är tillsynsmyndighet

Kustbevakningen är tillsynsmyndighet enligt lagen om Sveriges ekonomiska zon.¹¹⁹

Lagen om handel med utsläppsrätter

EU:s system för handel med utsläppsrätter är ett styrmedel för att minska utsläppen av växthusgaser. Regelverket för handelssystemet finns i EU:s handelsdirektiv. Direktivet har genomförts i svensk rätt genom lagen om handel med utsläppsrätter och förordningen om handel med utsläppsrätter samt svenska föreskrifter och EU-förordningar som gäller som svensk lag.

Lagen om handel med utsläppsrätter reglerar förutsättningarna för handel med rätt att släppa ut växthusgaser, s.k. utsläppsrätter. I lagen finns bestämmelser om tillstånd och andra krav för att få släppa ut växthusgaser, om tilldelning, registrering och redovisning av utsläppsrätter samt om handel med andra tillgodohavanden för utsläpp av växthusgaser.¹²⁰ Utsläpp av växthusgaser definieras som frigörande i atmosfären av koldioxid, dikväveoxid eller perfluorkolväten från en eller flera källor belägna inom en anläggning eller från ett luftfartyg. Koldioxidekvivalent definieras som den mängd dikväveoxid eller perfluorkolväten som medför en lika stor klimatpåverkan som utsläpp av ett ton koldioxid.¹²¹ Med en handelsperiod avses någon av perioderna 2005–2007, 2008–2012 eller 2013–2020.¹²²

Det krävs tillstånd för utsläpp av växthusgaser för vissa angivna verksamheter, och utgångspunkten är att utsläpp av växthusgaser inte får ske från anläggningar som omfattas av systemet, om inte ett särskilt tillstånd finns.

Naturvårdsverket prövar frågor om tillstånd till utsläpp av växthusgaser och ska ge ett sådant tillstånd om den anläggning som verksamheten bedrivs på har tillstånd enligt miljöbalken och verksamhetsutövaren bedöms kunna övervaka och rapportera verksamhetens utsläpp av växthusgaserna på ett tillförlitligt sätt.¹²³ Den som

¹¹⁹ 8 § förordningen (1992:1226) om Sveriges ekonomiska zon.

¹²⁰ 1 kap. 1 § lagen om handel med utsläppsrätter.

¹²¹ 1 kap. 2 b § lagen om handel med utsläppsrätter.

¹²² 1 kap. 2 f § lagen om handel med utsläppsrätter.

¹²³ 2 kap. 3 och 5 §§ lagen om handel med utsläppsrätter och 2 § förordningen om handel med utsläppsrätter.

har tillstånd till utsläpp av växthusgaser får ansöka om tilldelning av utsläppsrätter under en handelsperiod. Under innevarande handelsperiod (2013–2020) ska cirka 50 procent av det totala antalet utsläppsrätter auktioneras ut. I Sverige är det Riksgälden som ansvarar för att ta emot intäkter från auktionerna av utsläppsrätter. Utsläppsrätten gäller endast den period för vilken den är utfärdad.¹²⁴

Regeringen upprättar en nationell fördelningsplan som anger hur utsläppsrätterna ska fördelas. Den nationella fördelningsplanen ska godkännas av Europeiska kommissionen.¹²⁵ En verksamhetsutövare är skyldig att genom beräkning eller mätning övervaka sina utsläpp och varje år ge in en verifierad rapport om utsläppen. Verksamhetsutövaren är också skyldig att varje år överlämna det antal utsläppsrätter som motsvarar de sammanlagda utsläppen från anläggningen. Överlämnandet ska ske senast den 30 april och avse utsläppen det närmast föregående kalenderåret.¹²⁶ Skyldigheten att överlämna utsläppsrätter gäller dock inte om en kontrollör har verifierat att utsläpp är avskilda och transporterade till en anläggning för sådan geologisk lagring av koldioxid som kräver tillstånd enligt miljöbalken.¹²⁷

Förordningen om handel med utsläppsrätter

Av förordningen om handel med utsläppsrätter framgår att med avfallsenergianläggning avses en stationär eller mobil anläggning vars huvudsakliga ändamål är att alstra energi eller tillverka material och där avfall nyttjas som normalt bränsle eller tillskottsbränsle, eller där avfall värmebehandlas i syfte att bortskaffa det (6 §).

Det krävs tillstånd för utsläpp av växthusgaser för de verksamheter som beskrivs i förordningens bilaga 2. Detta gäller dock inte utsläpp från en anläggning där det uteslutande används biomassa vid förbränning eller en anläggning där man förutom vid start och stängning uteslutande använder biomassa vid förbränning. Trots detta krävs tillstånd för utsläpp av växthusgaser från en anläggning som använder biomassa om anläggningen är kopplad till ett fjärrvärmenät på över 20 megawatt (17 a §).

¹²⁴ 3 kap. 1 § och 4 kap. 2 § lagen om handel med utsläppsrätter.

¹²⁵ 3 kap. 2 och 3 §§ lagen om handel med utsläppsrätter.

¹²⁶ 5 kap. 1 § och 6 kap. 1 § lagen om handel med utsläppsrätter.

¹²⁷ 6 kap. 1 b § lagen om handel med utsläppsrätter.

Bilaga 2 innehåller bl.a. följande beskrivningar av verksamheter med utsläpp av växthusgaser.

Utsläpp av koldioxid från en förbränningsanläggning som har en sammanlagd installerad tillförd effekt över 20 megawatt, eller har en installerad tillförd effekt under 20 megawatt och är ansluten för leverans till ett fjärrvärmenät med en sammanlagd installerad tillförd effekt över 20 megawatt, och som är godkänd av Europeiska kommissionen enligt artikel 24 i handelsdirektivet. En förbränningsanläggning för förbränning av farligt avfall eller hushållsavfall omfattas endast om anläggningen är en avfallsenergianläggning (beskrivning 1).¹²⁸

Utsläpp av koldioxid från en anläggning för tillverkning av pappersmassa av trä eller andra fibermaterial (beskrivning 16).

Utsläpp av koldioxid från en anläggning för tillverkning av papper eller kartong, om produktionskapaciteten överstiger 20 ton per dag (beskrivning 17).

Utsläpp av koldioxid från anläggningar som avskiljer koldioxid, från rörledningar¹²⁹ som transporterar koldioxid till en lagringsplats och från lagringsplatser av koldioxid ingår i systemet för handel med utsläppsrätter i nuvarande handelsperiod (beskrivning 25, 26 och 27).

Naturvårdsverket och Finansinspektionen är tillsynsmyndigheter

Naturvårdsverket utövar tillsyn om inte Finansinspektionen är tillsynsmyndighet.¹³⁰

Förhållandet mellan miljöbalken och utsläppshandelssystemet

Miljöbalkens mål är att främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö där människans rätt att förändra och bruka naturen är knuten till ett förvaltaransvar. I balken finns därför regler till skydd för människors hälsa och miljön, värdefulla natur- och kulturmiljöer och den biologiska mångfalden. Vidare finns regler som ska trygga

¹²⁸ Med hushållsavfall och farligt avfall avses detsamma som i 15 kap. 2 § miljöbalken och i avfallsförordningen.

¹²⁹ Övriga transportmetoder ingår inte.

¹³⁰ 7 kap. lagen om handel med utsläppsrätter och 2 a § förordningen om handel med utsläppsrätter.

en god hushållning med mark- och vattenresurser och där återanvändning och återvinning och annan hushållning med råvaror, material och energi ska främjas så att ett kretsloppsanpassat samhälle uppnås.¹³¹ Miljöbalkens regler ska tillämpas vid all verksamhet och alla åtgärder som har betydelse för balkens mål, och alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd är skyldiga att visa att de iakttar de förpliktelser som följer av de rättsligt bindande principer och allmänna hänsynsregler i 2 kap. miljöbalken. Skälet till att vissa miljöfarliga verksamheter ska tillståndsprövas är att det bidrar till att miljöbalkens mål uppnås.

Miljöbalken har genomgått stora förändringar sedan den trädde i kraft, bl.a. för att leva upp till Sveriges åtaganden inom EU och internationellt. Flera EU-rättsakter och internationella miljöavtal har genomförts genom balken. Till exempel kommer bestämmelserna om tillståndsprövning av miljöfarliga verksamheter bl.a. från Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/75/EU av den 24 november 2010 om industriutsläpp (industriutsläppsdirektivet) som ersatte Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/1/EG av den 15 januari 2008 om samordnade åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar (IPPC-direktivet).

Tillståndsprövningen enligt industriutsläppsdirektivet utgår ifrån ett integrerat synsätt där alla miljöaspekter prövas i ett sammanhang. Huvudregeln i direktivet är att en anläggning ska ha tillstånd för att säkerställa att anläggningen drivs enligt allmänna principer för verksamhetsutövarens grundläggande skyldigheter, t.ex. krav på användande av bästa tillgängliga teknik samt krav på avfallshantering och energieffektivitet.

Handelsdirektivet har skapat ett utsläppshandelssystem för växthusgaser inom EU för att på ett kostnadseffektivt och ekonomiskt effektivt sätt minska utsläppen av växthusgaser.¹³² Det krävs tillstånd för växthusgasutsläpp för särskilt angivna anläggningar med sådana utsläpp.¹³³ Genom utsläppshandelssystemet ska växthusgasutsläppen successivt minska, för att slutligen upphöra.

I syfte att undvika dubbelprövning anges i industriutsläppsdirektivets ingress (9) att tillståndet för en anläggning som omfattas av handelsdirektivet inte bör ange något gränsvärde för direktutsläpp

¹³¹ 1 kap. 1 § miljöbalken.

¹³² Artikel 1 i handelsdirektivet.

¹³³ Artikel 4 i handelsdirektivet.

av de växthusgaser som anges i bilaga I till direktivet, utom när det är nödvändigt för att se till att en betydande lokal förorening undviks eller när en anläggning är undantagen från det systemet. Dock anges vidare i ingressen (10) att direktivet inte hindrar medlemsstaterna från att ha kvar eller införa strängare skyddsåtgärder, exempelvis utsläppskrav för växthusgaser, under förutsättning att dessa åtgärder är förenliga med fördragen och att kommissionen underrättats i enlighet med artikel 193 i EUF-fördraget.

I handelsdirektivets ingress (21) anges att industriutsläppsdirektivet bör ändras så att det säkerställs att inga gränsvärden sätts för direkta utsläpp av växthusgaser från anläggningar som omfattas av handelsdirektivet och så att medlemsstaterna kan välja att inte införa krav avseende energieffektivitet hos förbränningsenheter eller andra enheter som släpper ut koldioxid på platsen, utan att det påverkar andra krav i industriutsläppsdirektivet. I artikel 9.1 i industriutsläppsdirektivet och artikel 26 i handelsdirektivet anges vidare att ett tillstånd enligt industriutsläppsdirektivet för en verksamhet som omfattas av handelsdirektivet inte ska omfatta gränsvärden för växthusgasutsläpp om det inte är nödvändigt för att förhindra betydande lokala föroreningar.

Enligt miljöbalken får inte villkor om begränsning av koldioxidutsläpp beslutas för verksamheter som ingår i utsläppshandelssystemet.¹³⁴ Villkor om att begränsa använd mängd fossilt bränsle i syfte att begränsa koldioxidutsläppen får inte heller meddelas i miljötillstånden för anläggningarna.¹³⁵ Villkor får dock beslutas som i fråga om koldioxid behövs för att hindra utsläpp från en verksamhet med geologisk lagring av koldioxid eller verksamhet med avskiljning, komprimering eller transport av koldioxid för sådan lagring.¹³⁶

Inrikes transporter

Transport av farligt gods

Enligt 2 § lagen (2006:263) om transport av farligt gods ska den som transporterar farligt gods eller lämnar farligt gods till någon annan för transport vidta de skyddsåtgärder och de försiktighetsmåt i övrigt som behövs för att förebygga, hindra och begränsa att godset,

¹³⁴ 16 kap. 2 c § miljöbalken.

¹³⁵ Prop. 2003/04:132.

¹³⁶ 16 kap. 2 c § andra stycket 1 miljöbalken.

genom transporten eller genom obehörigt förfarande med godset vid transport på land, orsakar sådana skador på liv, hälsa, miljö eller egendom som beror på godsets farliga egenskaper. Det är särskilt viktigt att de transportmedel, förpackningar och andra transportanordningar som används är lämpliga för transport av farligt gods. Med transportmedel avses i lagen varje slag av fordon som används för transport på väg eller i terräng, järnvägsvagnar och andra spårbundna fordon, luftfartyg, och fartyg. Lagen gäller även transporter med svenska fartyg eller svenska luftfartyg utanför Sverige, om inte detta strider mot något annat lands lag som är tillämplig.¹³⁷ Med farligt gods avses bl.a. explosiva ämnen och föremål, gaser och brandfarliga vätskor.¹³⁸

Vid transporter på land är Myndigheten för samhällsskydd och beredskap transportmyndighet och vid sjötransporter och lufttransporter är Transportstyrelsen transportmyndighet.¹³⁹ Regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer får meddela föreskrifter om att vissa transporter får ske endast efter tillstånd eller anmälan.¹⁴⁰

Koldioxid och kyld, flytande koldioxid anses som farligt gods.¹⁴¹ Det krävs dock inget transporttillstånd för dessa ämnen.¹⁴²

Tillsyn

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Transportstyrelsen, Strålsäkerhetsmyndigheten, Polismyndigheten och Kustbevakningen är tillsynsmyndigheter.¹⁴³

Handläggningstider

Miljöprövningarnas handläggningstider har varit föremål för kritik alltsedan miljöbalken trädde i kraft, och flera utredningar och undersökningar av handläggningstider har genomförts av statliga utred-

¹³⁷ 4 och 10 §§ lagen om transport av farligt gods.

¹³⁸ 5 § lagen om transport av farligt gods.

¹³⁹ 2 § förordningen (2006:311) om transport av farligt gods.

¹⁴⁰ 20 § 12 p lagen om transport av farligt gods.

¹⁴¹ 3 § förordningen (2006:311) om transport av farligt gods. UN 1013 koldioxid och UN 2187 koldioxid, kyld, flytande är klassificerade som farligt gods tillhörande klass 2 gaser i MSBFS 2018:5 föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng och MSBFS 2018:6 föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg.

¹⁴² Bestämmelserna i ADR-S (MSBFS 2018:5) och RID-S (MSBFS 2018:6) ska dock uppfyllas.

¹⁴³ 10 § förordningen om transport av farligt gods.

ningar, myndigheter och näringslivet.¹⁴⁴ Handläggningstiden för en tillståndsprövning beror på många olika faktorer, t.ex. ansökans och miljökonsekvensbeskrivningens kvalitet, graden av kompletteringsbehov, kunskap, kompetens, erfarenhet och resurser hos verksamhetsutövare, prövnings- och remissmyndigheter och andra aktörer, den ansökta verksamhetens komplexitet samt antal och art av motstående intressen.

För att få information om hur lång prövningstiden är från ansökan till beslut, samt vilka faktorer som påverkar prövningstiden, fick Naturvårdsverket i september 2017 i uppdrag att ta fram en modell för att årligen upprätta och redovisa statistik för miljötillståndsprövningen. I redovisningen av uppdraget kom verket bl.a. fram till att statistik behöver tas fram som kan leda till bättre förutsägbarhet om hur lång tid ett ärende eller mål kan ta.¹⁴⁵ Som en följd av det lades uppdrag på länsstyrelserna och Domstolsverket att redovisa hur länsstyrelserna och mark- och miljödomstolarna kunde bidra till en sammanhållen statistikredovisning avseende miljöprövningen.¹⁴⁶

I Ds 2018:38 drogs följande slutsatser om handläggningstider.

Vad som tar tid och varför varierar från fall till fall, och fördröjningar kan ske i varje steg i prövningsprocessen. Verksamhetsutövaren, prövningsmyndigheten, remissmyndigheter och övriga intressenter ansvarar för sin del av handläggningstiden och tillsammans för den totala tidsåtgången. För att syftet med miljöprövningen att nå miljöbalkens mål ska nås, måste tillräcklig utredning finnas i varje moment av miljöprövningen och parternas synpunkter måste tillgodoses på ett rimligt sätt. Prövningsmyndighetens avgöranden måste sedan vara motiverade och korrekta. Allt detta tar tid.¹⁴⁷

En grön gräddfil

I Ds 2018:38 utreddes även om det var möjligt och ändamålsenligt med en skyndsammare handläggning av mål och ärenden som gäller miljöförbättrande åtgärder eller verksamheter, en s.k. grön gräddfil och, om så var fallet, vad sådana förtursregler skulle innebära för handläggningstiderna av övriga mål och ärenden vid miljöprövningsdele-

¹⁴⁴ Se Ds 2018:38 s. 98 f.

¹⁴⁵ M2017/02351/Me.

¹⁴⁶ Dnr M2018/00639/Me och M2018/00679/Me.

¹⁴⁷ Ds 2018:38 s. 138.

gationerna och mark- och miljödomstolarna samt om det fanns andra för- och nackdelar med en sådan ordning. I redovisningen av uppdraget drogs i huvudsak följande slutsatser.¹⁴⁸

Det är inte möjligt att utan ytterligare direktiv ange vad en miljöförbättrande verksamhet eller åtgärd är. Ett politiskt ställningstagande om vilka verksamheter eller åtgärder som bör omfattas är därför nödvändigt. Det finns dock risker med ett sådant utpekande. Miljöförbättrande verksamheter och åtgärder kan visa sig ha negativa miljöeffekter i framtiden. Om en verksamhet eller åtgärd inte leder till entydiga miljöförbättringar kan bedömningen av vad som är miljöförbättrande ändras och därmed vara oförutsebar.

Det skulle vara önskvärt om tillståndsprövningen enligt miljöbalken kunde samordnas med erhållandet av bidrag från Industriklivet så att det av regeringen beslutade investeringsstödet får förväntad effekt.

Eftersom Energimyndighetens bedömning av om bidrag kan erhållas inte kan ligga till grund för, eller föregripa prövningsmyndighetens tillståndsprövning eller tillsynsmyndighetens bedömning av en anmälan enligt miljöbalken, bör ett förtursförfarande inte kopplas till att bidrag har erhållits från Industriklivet. En sådan koppling skulle inte heller vara rättvis eller konkurrensneutral eftersom inte alla miljöfarliga verksamheter som vill vidta miljöförbättrande åtgärder kommer att kunna få bidrag från Industriklivet.

Det går att i författning, arbetsordning och regleringsbrev ange att vissa mål- eller ärendetyper ska handläggas med förtur. Utan extra resurser och rekrytering av rätt kompetens kommer dock ett förtursförfarande inte att leda till en snabbare handläggning av miljöförbättrande verksamheter och åtgärder. Dessutom kommer handläggningstiderna för övriga mål och ärenden att bli ännu längre än vad de är i dag.

Syftet med ett förtursförfarande kan förfelas av flera skäl. Lokaliseringsprövningen kan ta tid och det får inte ställas lägre krav på prövningen bara för att det rör sig om ett förtursförfarande. Alla obligatoriska moment måste göras och den totala handläggningstiden beror som vanligt på samrådet, ansökans och miljökonsekvensbeskrivningens kvalitet, graden av kompletteringsbehov, prövningsmyndighetens processledning, remissmyndigheternas inställning, behovet av anstånd, verksamhetsutövarens lyhördhet att efterkomma och medge krav, vilka motstående intressen som finns, prövningens komplexitet samt prövningsmyndighetens, remissmyndigheternas och övrigas resurser, kunskap, kompetens och erfarenhet.

¹⁴⁸ Ds 2018:38 s. 88 f.

En särskild gräddfil för vissa verksamheter och åtgärder kan dessutom bli orättvis i det enskilda fallet, leda till snedvriden konkurrens och sub-optimering när en typ av prövning ska prioriteras framför andra prövningar. Förs det in nya regler och förfaranden för vissa verksamheter och åtgärder, ökar även risken för otydlig tillämpning om det blir skillnad i prövningen av olika mål och ärenden.

Ingen av de besökta aktörerna har förordat ett förtursförfarande. Det går inte heller att hitta stöd för en sådan ordning i tidigare utredningar. Med nuvarande prövningsorganisation och med miljölagstiftningens systematiska uppbyggnad, kommer inte ett förtursförfarande för miljöförbättrande verksamheter och åtgärder att leda till en effektivare och mer ändamålsenlig miljöprövningsprocess.

Inom ramen för initiativet Fossilfritt Sverige (M 2016:05) har svenska industribranscher tagit fram färdplaner för att göra branschen fossilfri med ökad konkurrenskraft, vilket på sikt kan göra Sverige fossilfritt. I en debattartikel har nio företrädare för olika industribranscher tillsammans med Fossilfritt Sverige anfört bl.a. att tillståndprocesserna måste vara mer förutsägbara, effektiva och rättssäkra om industrin ska ställa om och att möjligheten att få ändringstillstånd för en befintlig verksamhet bör underlättas.¹⁴⁹ I den sammanställning och utveckling av politikförslag baserade på färdplanerna för fossilfri konkurrenskraft som Fossilfritt Sverige lämnade över till regeringen den 28 oktober 2019 uppmanas regeringen i en av punkterna att säkerställa effektiva och rättssäkra tillståndprocesser genom att bl.a. öka utrymmet att pröva förändringar i redan tillståndsgivna verksamheter så att fler åtgärder kan anmälas eller få ändringstillstånd.

Handläggningstider hos prövningsmyndigheterna

Det är inte reglerat i författning hur lång tid en miljöprövning får ta. Det saknas även tillförlitlig statistik som visar hur lång den faktiska prövningstiden är. Mark- och miljödomstolarna har satt egna verksamhetsmål som innebär att 75 procent av ansökningsmålen i första instans ska vara avgjorda i tillståndsfrågan inom ett år.¹⁵⁰ När det gäller miljöprövningsdelegationerna har regeringen beslutat att målsättningen är att ett ärende ska beslutas inom sex månader från det att en fullständig ansökan har lämnats in.¹⁵¹ Regeringen har inga

¹⁴⁹ Här är nio klimatpolitiska krav på nästa regering, DN Debatt 4 januari 2019.

¹⁵⁰ Ds 2018:38 s. 115 f.

¹⁵¹ Regeringsbeslut den 1 december 2011, dnr S2011/10148/SFÖ m.fl.

officiella handläggningsmål för sina egna prövningar, men eftersom regeringens ärendehandläggning är likartad domstolarnas är det rimligt att uppskatta att majoriteten av regeringens prövning av ärenden kan handläggas inom ett år. Detsamma gäller prövningar av lantmäterimyndigheten.

Handläggningstiden för hela CCS inklusive bio-CCS-kedjan i Sverige

En lämplig lagringsplats måste finnas tillgänglig innan tillstånd till avskiljning genom en ny förbränningsanläggning med en nominell elektrisk effekt på 300 megawatt eller mer kan ges.¹⁵² Allra först måste därför en ansökan om undersökningstillstånd enligt kontinentalsockellagen prövas. Därefter kan en prövning enligt miljöbalken ske av ansökan om lagring. Den prövningen kan göras parallellt med prövningen av ansökan om lagring enligt kontinentalsockellagen. De processer som kan inledas samtidigt, och därmed prövas parallellt efter att en lagringsplats är tillgänglig, är ansökan om koldioxidavskiljning,¹⁵³ ansökan om ledningsrätt för rörledning och ansökan om koncession för transport av koldioxid i rörledning. Eventuella prövningar av Natura 2000-tillstånd och dispenser från olika områdes- och artskydd prövas ofta integrerat i de olika tillståndsprövningarna.

Under förutsättning att ansökningshandlingarna och miljökonsekvensbeskrivningarna är tillräckliga för att kunna prövas samt att alla motstående intressen är utredda, kan en tidsuppskattning av snabbast möjliga handläggningstider hos prövningsmyndigheterna för hela CCS inklusive bio-CCS-kedjan, dvs. tillstånd till lagring, transport och avskiljning, i bästa fall bli som snabbast cirka fem år om man utgår från miljöprövningsdelegationernas och mark- och miljödomstolarnas handläggningsmål om cirka ett år för respektive prövning. I den beräkningen tar prövningen av undersökningstillstånd cirka ett år och prövningen av lagringstillstånd totalt cirka tre år, varav ett år för den första prövningen hos mark- och miljödomstolen, ett år för tillåtlighetsprövningen med parallell prövning enligt kontinentalsockellagen hos regeringen samt ett år för domstolens prövning av villkor och tillstånd om regeringen har tillåtit verksam-

¹⁵² 22 kap. 25 e § 3 miljöbalken.

¹⁵³ Under förutsättning att transport av koldioxid från anläggningen till lagringsplatsen är tekniskt och ekonomiskt genomförbar, se 22 kap. 25 e § 4 miljöbalken.

heten. Därefter kan parallella prövningar ske av ansökan om avskiljningen hos miljöprövningsdelegationen, vilken tar sex månader från att en fullständig ansökan lämnats in och troligen minst sex månader att få ansökan komplett samt ansökan om ledningsrätt hos lantmäterimyndigheten för rörledningar och ansökan om koncession av regeringen för att transportera koldioxid i rörledningar, vilka vardera tar cirka ett år.

I ordningen undersökningstillstånd ett år, lagringstillstånd tre år och tillstånd till avskiljning och transporter i rörledningar ett år, blir den totala prövningstiden cirka fem år. Det är dock inte möjligt att inleda prövningarna i direkt följd efter varandra eftersom bl.a. undersökningar och utvärderingar måste ske av en planerad lagringsplats innan ansökan om ett lagringstillstånd kan göras, se kapitel 9.

Handläggningstiden om lagring sker i annat land inom EU eller EES

Enligt artikel 24 i CCS-direktivet och 78 § förordningen om geologisk lagring av koldioxid ska tillsynsmyndigheten och de myndigheter som prövar frågor om tillstånd till geologisk lagring av koldioxid vidta de åtgärder för samarbete med andra berörda EU-länder som behövs för att frågor om gränsöverskridande transporter, lagringsplatser och lagringskomplex uppfyller kraven i relevanta EU-rättsakter. Det krävs dock endast samarbete om frågor kring den gränsöverskridande transporten om lagringsplatsen finns i det andra landet.

Om det finns en tillståndsgiven lagringsplats eller lagringskomplex i ett annat land inom EU/EES kan snabbast möjliga handläggningstid i Sverige bli cirka ett och ett halvt år. I den beräkningen tar prövningen av avskiljningen cirka ett år och samarbetet mellan tillsynsmyndigheterna i de berörda länderna om transporten cirka sex månader.¹⁵⁴

¹⁵⁴ En förutsättning för tidsberäkningen är förstås att transporten är tillåten enligt Londonprotokollet.

Tillståndsprocessen i andra länder

Internationella energirådet (IEA)

Av en sammanställning gjord av Internationella energirådet (IEA) 2016 av tillståndsprocessen för geologisk lagring i olika länder¹⁵⁵ framgår bl.a. att i Nederländerna, Storbritannien, Belgien Tyskland och Polen, som omfattas av CCS-direktivet och utsläppshandels-systemet, ges förutom tillstånd till utsläpp av koldioxid enligt utsläppshandelsystemet, tillstånd till avskiljning och lagring av koldioxid av regeringen eller myndigheter.

Övriga refererade länder i sammanställningen, t.ex. USA, Kanada, Australien och Förenade Arabemiraten, har likartade prövningsordningar för avskiljning och lagring av koldioxid med tillståndsgivning av regering eller myndigheter, i vissa fall möjligheter för allmänheten att lämna synpunkter samt miljöbedömningsförfaranden och markreservationer av lagringsområden.

Norge

Enligt uppgift från Olje- och energidepartementet i Norge¹⁵⁶ är CCS-direktivet genomfört i norsk rätt genom lagringsföreskriften samt tillägg till förorensningsloven och petroleumslagen. Enligt lagringsföreskriften ges tillstånd till undersökning, utforskning eller lagring. För tilldelning av utforskningstillstånd eller lagringstillstånd görs en utlysning av det aktuella geografiska områden som går att söka tillstånd i. I denna utlysning anges kriterier för tilldelningen samt inom vilken frist som tillstånd kan sökas. Tillståndet ges av Olje- och energidepartementet. Själva tillståndsprocessen kan klaras på sex månader från utlysningen.

Tillstånd till injektion i ett lämpligt lager enligt förorensningsloven ges av Miljødirektoratet. Ett sådant tillstånd måste ges innan injektionen påbörjas. Övriga tillstånd enligt förorensningsloven ges av Miljødirektoratet. Innan ett lager för injektion av koldioxid får byggas måste Olje- och energidepartementet godkänna en planbeskrivning för byggandet och driften. Tillståndsprövningen av planen samordnas med säkerhetsmyndigheterna (Arbets- og sosialdeparte-

¹⁵⁵ Sammanställningen kommer från ©OECD/IEA (2016).

¹⁵⁶ Kommunikation vid besök och via e-post.

mentet) och miljömyndigheterna (Klima- og miljødepartementet). Som en del av planen ingår en konsekvensutredning. Planen blir sedan föremål för ett offentligt kungörelseförfarande.

12.1.3 Gällande internationell rätt

Flera internationella regelverk blir tillämpliga vid gränsöverskridande transporter och lagring under havsbotten. Sverige är part till havsrättskonventionen, Londonkonventionen och Londonprotokollet, Helsingforskonventionen samt konventionen för skydd av den marina miljön i Nordostatlanten, (Osparkonventionen), vars syften är att på olika sätt skydda den marina miljön. Sverige är även part till konventionen om biologisk mångfald och konventionen om miljökonsekvensbeskrivningar i ett gränsöverskridande sammanhang (Esbo-konventionen).

Havsrättskonventionen

Havsrättskonventionen är en global rättsordning för havet. Konventionen trädde i kraft 1994 och den reglerar bl.a. territorialhavsgränser, beräkning av kuststaters ekonomiska zoner och uppdelning av kontinentalsockeln. Andra frågor som behandlas är sjöfart, fiske och hur havsmiljön ska skyddas. Totalt 167 stater, varav Sverige är en, och EU har ratificerat konventionen. Sverige har också ratificerat havsrättskonventionens två genomförandeavtal om dels djuphavsgruvdrift, som trädde i kraft 1996, dels skydd av gränsöverskridande och långvandrande fiskbestånd, som trädde i kraft 2001.

Införandet av lagen om kontinentalsockeln är en del av Sveriges anslutning till en av havsrättskonventionens föregångare – konventionen om kontinentalsockeln, som trädde i kraft 1964.¹⁵⁷

Av havsrättskonventionen framgår bl.a. följande.

¹⁵⁷ Genèvekonventionerna om havsrätten som antogs 1958 var konventionen om territorialvattnet och tilläggszonen, konventionen om det fria öppna havet, konventionen om fisket på öppna havet och bevarandet av havets levande resurser samt konventionen om kontinentalsockeln.

- En kuststats suveränitet omfattar utöver dess landterritorium, inre vatten och arkipelagvatten, även ett angränsande havsområde som benämns territorialhavet. Denna suveränitet omfattar även luftrummet över territorialhavet samt dess botten och underlag (artikel 2).
- Varje stat har rätt att fastställa bredden av sitt territorialhav ut till en gräns av högst tolv nautiska mil från baslinjer som fastställts i enlighet med havsrättskonventionen (artikel 3).
- Alla staters fartyg har, med vissa begränsningar, rätt till oskadlig genomfart av territorialhavet (artikel 17).
- I den ekonomiska zonen har kuststaten jurisdiktion över och exklusiv rätt att uppföra samt att bemyndiga och reglera uppförandet, driften och användningen av konstgjorda öar, anläggningar och konstruktioner (artiklarna 56 och 60).
- Kuststaten utövar suveräna rättigheter över kontinentalsockeln i syfte att utforska den och utvinna dess naturtillgångar. Rättigheterna är exklusiva i den meningen att om inte kuststaten själv utforskar kontinentalsockeln eller utvinner dess naturtillgångar så får ingen annan bedriva sådan verksamhet utan kuststatens uttryckliga medgivande (artikel 77).
- Alla stater har rätt att lägga undervattenskablar och rörledningar på kontinentalsockeln utanför kuststaters territorialhav. Huvudregeln är att även om en kuststat får ställa vissa angivna villkor för utläggandet kan kuststaten inte vägra andra stater att lägga ut undervattenskablar och rörledningar på kontinentalsockeln (artikel 79).¹⁵⁸
- Stater ska anta lagar och andra författningar för att förhindra, begränsa och kontrollera förorening av den marina miljön genom dumpning. Vidare ska staterna söka fastställa globala och regionala regler, normer och rekommenderade tillämpningar och förfaranden för att förhindra, begränsa och kontrollera sådan förorening. Dumpning i territorialhavet och den ekonomiska zonen eller på kontinentalsockeln får inte ske utan kuststatens uttryck-

¹⁵⁸ Kuststaten kan hindra utläggning av rörledningar längst en given sträckning om det behövs för att skydda ett av havsrätten erkänt intresse, däribland skydd av den marina miljön mot förorening, se Langlet (2014).

liga förhandsgodkännande. Kuststaten har rätt att tillåta, reglera och kontrollera sådan dumpning efter vederbörligt samråd i frågan med andra stater som på grund av sitt geografiska läge kan komma att beröras på ett negativt sätt. Nationella lagar, andra författningar och åtgärder ska inte vara mindre effektiva än globala regler och normer när det gäller att förhindra, begränsa och kontrollera sådan förorening (artikel 210).

Londonprotokollet

Både Londonkonventionen och Londonprotokollet innehåller regler för att förhindra, begränsa och kontrollera förorening av den marina miljön genom dumpning i enlighet med vad som krävs i artikel 210 i havsrättskonventionen. Londonkonventionen är en global dumpningskonvention som trädde i kraft 1975. Syftet med konventionen är att begränsa havsföroreningar till följd av dumpning av avfall och annat material. För att ytterligare skydda och bevara den marina miljön omarbetades konventionen 1996 till Londonprotokollet. Protokollet ersätter konventionen för de avtalsparter som ansluter sig till protokollet och trädde i kraft 2006. För närvarande har protokollet 53 parter varav Sverige är en. EU är inte part till Londonprotokollet.

Utgångspunkten för protokollet är att all dumpning av varje form av avfall eller ämne är förbjuden på internationellt vatten och i parternas territorialhav. Protokollet förbjuder även all förbränning av avfall och andra ämnen på internationellt vatten och i parternas territorialhav.

Av Londonprotokollet framgår bl.a. följande.

- Med *dumpning* avses bl.a. förvaring av avfall i havsbotten och dess underlag från fartyg, luftfartyg, plattformar eller andra artificiella konstruktioner till havs (artikel 1.4.1.3).
- Med *hav* avses alla marina vatten utom staternas inre vatten, samt havsbotten och dess underlag; under havsbotten liggande förvaringsutrymmen som endast är åtkomliga från land omfattas inte (artikel 1.7).
- Med *avfall eller annat material* avses material och substanser av alla slag, former eller beskrivningar (artikel 1.8).

- Med *förorening* avses direkt eller indirekt införande av avfall eller annat material i havet genom mänsklig verksamhet som leder till eller sannolikt leder till skadliga effekter, t.ex. skada på levande resurser och marina ekosystem, fara för människors hälsa, hinder för verksamhet till havs, däribland fiske och annat välgrundat nyttjande av havet, försämring av havsvattnets nyttjandekvalitet och minskning av användningsmöjligheterna (artikel 1.10).
- Avtalsparterna ska förbjuda dumpning av avfall eller annat material med undantag av de som är angivna i bilaga 1. Dumpning av avfall eller annat material som uppräknats i bilagan kräver särskilt tillstånd (artikel 4.1.1 och 4.1.2).
- Avtalsparterna ska inte tillåta export av avfall eller annat material till andra länder för dumpning eller förbränning till havs (artikel 6).

I protokollsbilaga 1 räknas det avfall och annat material upp som kan komma i fråga för dumpning.

I protokollsbilaga 2 finns ett förfarande som ska tillämpas i de fall det blir aktuellt med dumpning.

Tillägg till Londonprotokollet 2006

För att göra det möjligt att geologiskt lagra koldioxid under havsbotten gjordes ett tillägg till bilaga 1 till Londonprotokollet 2006. Bland annat lades koldioxidströmmar från koldioxidavskiljning för lagring till i uppräknningen av avfall som kan komma i fråga för dumpning i bilaga 1 (en ny paragraf 1.8).

Förutsättningar för att dumpning av koldioxidströmmar ska tillåtas är dock att dumpningen sker i en geologisk formation under havsbotten och att koldioxidströmmen till övervägande del består av koldioxid, men koldioxidströmmen får innehålla spår av andra ämnen som kommer från källan och från avskiljningen och lagringsprocessen. Inget avfall eller annat material får blandas med koldioxiden i syfte att göra sig av med det avfallet eller materialet (paragraferna 4.1, 4.2 och 4.3).

Tillägget har trätt i kraft.

Tillägg till Londonprotokollet 2009

Londonprotokollet ändrades 2009 så att transport av koldioxid för lagring i annan stat undantas från exportförbudet i artikel 6.

För att undantag ska kunna göras krävs dock att ett särskilt avtal om export har ingåtts mellan de berörda parterna. Ett sådant avtal ska innehålla bekräftelse på och fördelning av ansvaret för tillståndsgivningen mellan den exporterande staten och den mottagande staten. För export till en stat som inte är part till protokollet ska avtalet som ett minimum innehålla bestämmelser motsvarande dem som finns i Londonprotokollet, inklusive de bestämmelser i protokollsbilaga 2 som rör tillstånd och tillståndsvillkor för att säkerställa att avtalet inte avviker från de skyldigheter att skydda och bevara den marina miljön som gäller för protokollsparterna. En part som ingår ett avtal om export av avfall ska anmäla detta till IMO.

Tillägget har ännu inte trätt i kraft.

Ändringar i Londonprotokollet

För de avtalsparter som har accepterat en ändring i protokollet träder den i kraft den sextionde dagen efter den dag när två tredjedelar av avtalsparterna har deponerat ett antagandeinstrument för ändringen hos IMO. Därefter träder ändringen i kraft för övriga avtalsparter den sextionde dagen efter den dag när ifrågavarande avtalspart har deponerat ett antagandeinstrument för ändringen (artikel 21).

När det gäller ändringar i bilagorna till protokollet träder de i kraft omedelbart efter att parten har informerat IMO om sitt godkännande av ändringen eller 100 dagar efter dagen för ändringarnas antagande vid ett partsmöte om detta är den tidpunkt som inträffar senare (artikel 22).

Resolution om en provisorisk tillämpning av 2009 års ändring av artikel 6

Londonprotokollets 14:e partsmöte beslutade på mötet den 7–11 oktober 2019 att anta en resolution om att tillåta en provisorisk tillämpning av det undantag från exportförbudet i artikel 6 för lagring av

koldioxid i annan stat som beslutades 2009. Den provisoriska tillämpningen ska endast gälla fram till dess ändringen av artikel 6 träder i kraft. Den part som vill tillämpa ändringen provisoriskt måste deponera en avsiktsdeklaration om provisorisk tillämpning av ändringen samt det exportavtal som krävs enligt tillägget från 2009 hos IMO. Den provisoriska tillämpningen kommer endast att gälla bland de parter som har deponerat avsiktsdeklarationer och tillhörande exportavtal.

Helsingforskonventionen

Helsingforskonventionen är en regional miljökonvention för Östersjöområdet, inklusive Kattegatt. Konventionen gäller för hela avrinningsområdet, och parter är Sverige, Danmark, Estland, Finland, Lettland, Litauen, Polen, Tyskland, Ryska Federationen och EU. Den ursprungliga konventionen trädde i kraft 1980 och ändrades 1992. Ändringen trädde i kraft 2000 för alla parter. Syftet med konventionen är att minska den förorening av Östersjöområdet som orsakas av utsläpp via floder, flodmynningar, utlopp och rörledningar, dumpning och sjöfartsverksamhet samt via luftburna föroreningar.

Av konventionen framgår bl.a. följande.

- Med *förorening från landbaserade källor* avses förorening av havet från alla utsläpp på land genom punktkällor eller diffusa källor som når havet genom vattendrag, från luften eller direkt från kusten. Här ingår förorening till följd av avsiktlig kvittblivning under havsbotten med tillträde från land via tunnel, rörledning eller på annat sätt (artikel 2.2).
- Med *dumpning* avses varje avsiktlig kvittblivning i havet eller på havsbotten av avfall eller andra ämnen från fartyg, andra konstruktioner till havs eller luftfartyg (artikel 2.4. (a)(i)).
- De fördragsslutande parterna ska med all kraft sträva efter att säkerställa att genomförandet av konventionen inte orsakar gränsöverskridande förorening i områden utanför Östersjöområdet. Dessutom får inte åtgärderna leda till vare sig en oacceptabel belastning på luftkvaliteten och atmosfären eller på vatten, mark och grundvatten, till oacceptabel skadlig eller ökande kvittblivning av avfall eller till ökade risker för människors hälsa (artikel 3.6).

- Konventionen avser skyddet av Östersjöområdets marina miljö, vilken omfattar vattenpelaren och havsbotten, inklusive de levande tillgångarna och den marina faunan och florin i övrigt (artikel 4.1).
- Parterna ska, med några få undantag, förbjuda dumpning i Östersjöområdet (artikel 11.1).
- Parterna ska vidta alla åtgärder för att förhindra sådan förorening av Östersjöområdets marina miljö som orsakas av undersökning av eller utvinning från sin del av havsbotten och dess underlag eller av annan därmed sammanhängande verksamhet och ska säkerställa att tillräcklig beredskap upprätthålls för omedelbara insatser för att motverka effekterna av föroreningsolyckor orsakade av sådan verksamhet (artikel 12.1).
- Bestämmelserna i konventionen ska inte påverka de fördragslutande parternas rättigheter och skyldigheter enligt befintliga och framtida fördrag som främjar och utvecklar havsrättens allmänna principer på vilka konventionen vilar och i synnerhet bestämmelser angående förhindrande av förorening av den marina miljön (artikel 29).

Ett av Helsingforskonventionens syften är att minska föroreningen av Östersjön genom dumpning. Enligt den svenska versionen får dumpning inte ske ”i havet eller på havsbotten”. En jämförelse kan göras med den engelska versionen ”*at sea or into the seabed*”, den tyska ”*auf See oder in den Meeresgrund*”, den franska ”*dans la mer ou dans le fond de la mer*”, och den danska ”*i havet eller i havbunden*”.

Syftet med att lagra koldioxid geologiskt är att avsiktligt göra sig av med koldioxiden genom att lägga den i djupa formationer i berggrunden under havsbotten. Den svenska versionen av konventionen skiljer sig dock från övriga språk då det på svenska är förbjudet att dumpa avfall i havet eller *på* havsbotten och enligt övriga angivna språk förbjudet med dumpning i havet eller *i* havsbotten.

Konventionen innehåller inget sådant undantag för geologisk lagring av koldioxid som har införts i Londonprotokollet¹⁵⁹.

¹⁵⁹ Paragraf 1.8 i protokollsbilaga 1.

Osparkonventionen

Osparkonventionen är en regional konvention för Nordostatlanten, vilken täcker Nordsjön, Skagerrak och delar av Kattegatt. Målet med konventionen är att begränsa havsföroreningar från såväl landbase-erade källor som fartyg och luftfartyg samt vidta andra nödvändiga åtgärder för att skydda den marina miljön i Nordostatlanten. Konventionen trädde i kraft 1998. Belgien, Danmark, Finland, Frankrike, Irland, Island, Luxemburg, Norge, Portugal, Schweiz, Spanien, Sverige, Tyskland, Storbritannien, Nederländerna och EU är parter till konventionen. Konventionens verkställande organ, Osparkkommissionen, får anta ändringar av konventionen och dess bilagor och tillägg.

Osparkkommissionen antog 2007 ändringar av bilaga II till konventionen om förhindrande och eliminering av förorening genom dumpning eller förbränning samt av bilaga III till konventionen om förhindrande och eliminering av förorening från havsbaserade källor. Bestämmelserna överensstämmer med dem som gjorts i bilaga 1 till Londonprotokollet och har trätt i kraft för Sverige och EU.

De förutsättningar för dumpning av koldioxidströmmar som anges i bilaga 1 till Londonprotokollet samt bilagorna II och III till Osparkonventionen överensstämmer med CCS-direktivet.

Ytterligare två beslut om geologisk lagring av koldioxid har antagits under Osparkonventionen. Beslut 2007/1 innehåller ett förbud mot lagring av koldioxid i vattenpelaren eller på havsbotten, och beslut 2007/2 innehåller bestämmelser om vad ett tillstånd till geologisk lagring av koldioxid ska innehålla samt bestämmelser om rapportering till Osparkkommissionen. Relevanta bestämmelser är införda i svensk rätt.¹⁶⁰

Konventionen om biologisk mångfald

Konventionen om biologisk mångfald (CBD) är en global konvention om bevarande och hållbart nyttjande av biologisk mångfald.

På det tionde partsmötet i Nagoya (COP10) 2010 fattades ett beslut om ett moratorium om *geoengineering* med följande innebörd.¹⁶¹ I avsaknad av en transparent global kontrollmekanism för geoengineering ska man, i enlighet med försiktighetsprincipen, säker-

¹⁶⁰ 22 kap. 1 b och 25 d §§ miljöbalken och 81 § förordningen om geologisk lagring av koldioxid.

¹⁶¹ UNEP/CBD/COP/DEC/X/33.

ställa att inga klimatrelaterade geoengineering-aktiviteter som kan påverka biologisk mångfald äger rum tills det finns tillräckligt med vetenskaplig bas som rättfärdigar sådana aktiviteter tillsammans med att lämpliga riskbedömningar görs för miljön, biologisk mångfald och kopplade sociala, ekonomiska och kulturella effekter. Undantaget är småskaliga forskningsstudier som kan genomföras under kontrollerade förhållanden. Moratoriet gäller dock inte koldioxidinfångning och lagring från fossila bränslen om koldioxiden fångas in innan den når atmosfären.

CBD har inte beslutat om någon definition av geoengineering. Den operationella definitionen som används är att all teknologi som avsiktligt reducerar solinstrålning eller ökar kolsekvensering från atmosfären i stor skala (med undantag från CCS från fossila bränslen om koldioxiden fångas in innan den når atmosfären) som kan påverka biologisk mångfald borde beaktas som geoengineering tills en mer precis definition kan utvecklas.

CBD beslutade på sitt elfte partsmöte (COP11) 2012 att fortsätta diskussioner skulle föras om definitionen av geoengineering. Partsmötet noterade även att klimatrelaterad geoengineering kan vara avsiktlig inblandning i miljön i syfte att bekämpa antropogena klimatförändringar och dess effekter, med undantag av koldioxidinfångning och lagring från källor för fossila bränslen innan koldioxiden släpps ut till atmosfären samt skogsrelaterade aktiviteter.¹⁶²

Partsmötet 2016 (COP13) bekräftade moratoriet från COP10.

Esbokonventionen

Esbokonventionen är en miljöskyddskonvention för Europa, Kanada och USA om samarbete för att förebygga gränsöverskridande miljöeffekter. Konventionen trädde i kraft 1997 och har ratificerats av Sverige.

Om en verksamhet eller åtgärd som anges i bilaga 1 till konventionen kan antas medföra en betydande miljöpåverkan i ett annat land, eller om ett land som kan komma att påverkas betydligt av verksamheten eller åtgärden begär det, ska den myndighet som regeringen bestämmer informera det andra landet om verksamheten eller åtgärden, dess möjliga gränsöverskridande konsekvenser och vilken

¹⁶² UNEP/CBD/COP/DEC/XI/20, 5 December 2012.

typ av beslut som kan komma att fattas samt ge det andra landet skälig tid att yttra sig över om det vill delta i miljöbedömningen. Om det andra landet vill delta i miljöbedömningen ska myndigheten ge det andra landet möjlighet att delta i ett samrådsförfarande om miljökonsekvensbeskrivningen och den slutliga tillståndsansökan (artikel 2 och 3).¹⁶³

Anläggningar för avskiljning, transport och geologisk lagring av koldioxid finns inte angivna i bilaga 1, men väl rörledningar för olja och gas med stor diameter, anläggningar för omhändertagande av giftigt och farligt avfall genom förbränning, kemisk behandling eller deponering samt stora lager för olja samt petrokemiska och kemiska produkter.¹⁶⁴

¹⁶³ Jfr 6 kap. 33 § miljöbalken.

¹⁶⁴ Bilaga 1 till Esbokonventionen, punkterna 8, 10 och 16.

DEL IV

Verifierade utsläppsminskningar
genom investeringar i andra länder

13 Förslag till fortsatta insatser för att förvärva enheter från verifierade utsläppsminskningar i andra länder

Utredningens förslag

Inriktning på de internationella insatserna mot 2030

- Regeringen bör inrätta ett program för att genomföra insatser för internationella utsläppsbegränsningar under Parisavtalets artikel 6 under 2020-talet, med Energimyndigheten som ansvarig myndighet.
- Programmet bör ges en omfattning som gör att det minst kan resultera i 20 miljoner enheter från utsläppsbegränsningsåtgärder som genomförts i andra länder. För att åstadkomma ett sådant resultat kan en budget motsvarande i genomsnitt 400 miljoner kronor per år behöva avsättas under 2020-talet.

Programmet föreslås bidra till att:

- andelen klimatfinansiering av åtgärder för utsläppsminskningar ökar, blir resultatbaserad samt i högre grad även omfattar medelinkomstländer
- målen för de kompletterande åtgärderna uppnås (se förslaget till strategi).
- De insatser som Sverige genomför i det föreslagna programmet behöver ge incitament till ambitionsnivåhöjningar i linje med Parisavtalets temperaturmål, ha hög miljöintegritet och bidra till hållbar utveckling i världsländerna så som föreskrivs i artikel 6.1 i Parisavtalet.

- Insatserna kan bidra till höjningar av ambitionsnivån i värdländerna om de ges följande inriktningar:
 - *Insatserna bidrar till att värdlandets klimatplan blir ambitiösare.* Sådana effekter kan uppnås genom att finansieringen knyts till en strikt utsläppsprognos, ytterligare styrmedel införs, subventioner av aktiviteter som leder till växthusgasutsläpp tas bort och genom att värdlandets klimatplan blir mer heltäckande vid nästa revidering.
 - *Insatserna riktas mot områden som är särskilt viktiga för en omställning mot ambitiösa temperaturmål.* Det kan exempelvis handla om systemstödjande insatser inom eltillförselsektorn och insatser inom användarsektorerna transporter, byggnader och industrin i medelinkomstländer med relativt stora och växande utsläpp. Insatser i låginkomstländer är också angelägna vid en snabb omställning i linje med temperaturmålen, främst i form av åtgärder för ökat kolupptag med hög permanens och med flera samtidiga mervärden.

Ambitionen bör vara att åstadkomma effekt inom så många som möjligt av ovan nämnda områden på samma gång. Inriktningen bör samtidigt vara att eftersträva största möjliga kostnadseffektivitet i de avtal som sluts, med den ovan beskrivna ambitionshöjande inriktningen.

- Värdländerna för insatserna förutsätts justera sin utsläppsredovisning så att ingen dubbelräkning av utsläppsminskningar sker. Justeringen behöver göras oavsett om Sverige senare använder de förvärvade enheterna som en del av landets klimatfinansiering eller som en del av de kompletterande åtgärderna i klimatramverket.
- Inriktningen på de fortsatta insatserna för att genomföra utsläppsbegränsningar i andra länder behöver bli mer synlig. Inriktningen kan även i fortsättningen förmedlas till Energimyndigheten, som ansvarig myndighet på området, via instruktion och regleringsbrev, men den behöver också ges en tydlig plats i skrivelser och propositioner som lämnas till riksdagen, exempelvis i den nationella klimathandlingsplanen.

- Energimyndigheten, Naturvårdsverket och Sida bör tillsammans få i uppdrag att ge förslag på hur insatserna inom klimatfinansiering genom utsläppsminskningar och internationella insatser för kompletterande åtgärder bäst samordnas, bl.a. mot bakgrund av utredningens förslag till nytt program för internationella insatser. Energimyndigheten bör ges i uppdrag att hålla samman uppdraget.

Inriktning på de internationella insatserna mot nettonollutsläpp 2045 och nettonegativa utsläpp därefter

- De internationella insatserna för att bidra till ytterligare utsläppsbegränsningar behöver fortsätta även efter 2030. Insatserna för ytterligare utsläppsminskningar är centrala, samtidigt som insatserna för att åstadkomma negativa utsläpp successivt behöver öka i omfattning.
- Vid en global ambitionsnivåhöjning i linje med vad Parisavtalets temperaturmål kräver, dvs. den utveckling som det svenska klimatramverket förutsätter, behöver de långsiktiga insatserna för utsläppsbegränsningar i andra länder för att klimatmålet om nettonollutsläpp 2045 ska uppnås, huvudsakligen riktas mot åtgärder för negativa utsläpp med hög permanens.
- Fortsatta insatser för utsläppsminskningar i andra länder, vid sidan av åtgärder för negativa utsläpp, bör främst föras till området resultatbaserad klimatfinansiering och inte räknas som kompletterande åtgärder i det svenska klimatramverket när Sverige ska uppnå nettonollutsläpp och nettonegativa utsläpp.

Utredningens bedömning

- Genom att rikta de internationella insatserna under artikel 6 i Parisavtalet på det sätt som föreslås ovan kan de bidra till utvecklingen av ett robust regelverk med hög miljöintegritet som även bidrar till en kollektiv ambitionshöjning. Med en sådan inriktning kan Sverige på ett trovärdigt sätt driva på i förhandlingarna.

- Om insatserna i stället inriktas mot lågkostnadsåtgärder med begränsadpotential för minskning och systemomställning globalt, utan att ta hänsyn till samspelet med värdländernas egna mål och möjliga ambitionshöjningar, riskerar resultaten att bli betydligt mer begränsade. Inriktningen fungerar inte heller som ett föredöme för andra länder att ta efter.
- Genom att inrikta förvärven på längre sikt mot åtgärder för ökat upptag och negativa utsläpp med hög permanens bidrar Sverige till nettonollutsläpp och nettonegativa utsläpp även sett från ett globalt utsläppsperspektiv, och det nationella nettonollmålet nås på ett sätt som även andra länder kan tillämpa för att nå de globala klimatmålen.
- Kostnaderna för enheter från utsläppsminskningar i andra länder som förvärfas på sätt som här föreslås antas i inledningen hamna på nivåer som är något högre jämfört med vad enheter från framför allt CDM-projekt kostade som mest under den första Kyotoperioden. Vid en global ambitionsnivåhöjning antas priserna stiga till betydligt högre nivåer.

Skäl för utredningens förslag och bedömning

Förutsättningar

Klimatavtalet från Paris (Parisavtalets) regler för handel med resultat från utsläppsbegränsningar mellan länder är ännu inte färdigförhandlade och det kommer dröja innan formerna för sådan handel utvecklas i sina detaljer. Parisavtalet innebär en stor förändring jämfört med situationen under Kyotoprotokollet till Förenta nationernas ramkonvention om klimatförändringar, i och med att alla parter nu har antagit egna klimatplaner som ska spegla landets eller regionens bidrag till uppfyllelsen av Parisavtalets mål. De nationella bidragen är i nuläget otillräckliga och avtalet förutsätter att de successivt ska skärpas. Avståndet till de utsläppsnivåer som globala 2- och framför allt 1,5-gradersscenarier kräver är mycket stora.

Under 2020-talets början bedöms efterfrågan på enheter från utsläppsbegränsningar i andra länder under Parisavtalet sammantaget bli relativt begränsad, med få uttalade köparländer och värdländer. Det internationella flyget bedöms komma att stå för den största

efterfrågan på enheter och kan därmed också komma att bli prissättande på marknaden, åtminstone i inledningen. Priserna bedöms bli relativt låga inledningsvis men ändå högre än när de var som högst under Kyotoavtalets första åtagandeperiod. Situationen kan förändras om exempelvis EU-länderna gemensamt skulle välja att även inkludera internationella utsläppsbegränsningar som en delmängd av en skärpning av EU:s gemensamma klimatplan till 2030.

Vid sidan av Parisavtalet är det även i princip möjligt att genomföra verifierade utsläppsminskningar i andra EU-länder (se kapitel 16), men sådana insatser kan inte bidra till samma utveckling av resultatbaserad klimatfinansiering, ambitionsnivåhöjning och kapacitetsökning under Parisavtalet som den inriktning som utredningen föreslår.

De fortsatta insatserna och inriktningen på området kommer förloppande behöva stämmas av mot den fortsatta utvecklingen inom EU kopplat till dessa frågor.

Förslag till inriktning på insatserna mot 2030

Ett nytt program för internationella insatser

År 2002 initierade den dåvarande svenska regeringen ett program för internationella insatser inom ramen för Kyotoprotokollets flexibla mekanismer, och Energimyndigheten tilldelades ansvaret för genomförandet.

Programmet har över tid syftat till att bidra till att mekanismerna för utsläppshandel och klimatfinansiering utvecklas internationellt, samtidigt som uppdraget också haft som mål att genomföra internationella klimatinvesteringar. Genom propositionen *En sammanhållen klimat- och energipolitik – Klimat* (prop. 2008/09:162) om ett nationellt klimatområde till 2020 fick programmet i uppgift att förvärva en relativt stor mängd enheter från flexibla mekanismer – ett förvärv som genomförts under den senaste tioårsperioden. Enheterna har successivt annullerats, och i efterhand delvis redovisats som s.k. resultatbaserad klimatfinansiering av utsläppsminskningar, som en del av Sveriges åtagande om klimatfinansiering under klimatkonventionen.

Energimyndigheten har efter klimatmötet i Paris även haft i uppdrag att bidra till det inledande arbetet i utvecklingen av samarbetsformerna under artikel 6 i Parisavtalet – insatser som framgent ska

kunna bidra till resultatbaserad klimatfinansiering eller bidra till att nå klimatmålen i det svenska klimatpolitiska ramverket, jämte andra kompletterande åtgärder.

Utredningens förslag om att ge Energimyndigheten i uppdrag att ansvara för genomförandet av ett nytt program för genomförande under 2020-talet följer den tidigare utvecklingen på området.

En skillnad jämfört med tidigare programperioder är att syftet att även bidra till resultatbaserad klimatfinansiering lyfts upp och prioriteras redan inför programmets genomförande.

Som redogörs för i kapitel 14 är Sverige redan en internationellt sett omfattande finansiär av klimatåtgärder i låginkomstländer, främst via svenska biståndssamarbeten. Inriktningen är främst riktad mot anpassningsåtgärder. Insatserna genomförs av Sida och Utrikesdepartementet.

Sveriges nuvarande åtagande om klimatfinansiering uppgår sammanlagt till cirka 6 miljarder kronor per år från och med 2020. Detta åtagande kan komma att öka i omfattning mot 2020-talets mitt, om inte tidigare. En mindre del av dessa insatser beräknas gå till åtgärder som sänker utsläppen, främst som en sidoeffekt. En större del går till åtgärder för klimatanpassning – även det som en sidoeffekt av biståndsprojekt med flera samtidiga nyttor. Andelen resultatbaserad klimatfinansiering där utsläppseffekten per insatt krona beräknas är låg. De flesta av projekten genomförs i gruppen minst utvecklade länder.

Om Sverige framgent, som en del av landets klimatfinansiering, även väljer att bidra till program för utsläppsbegränsningar i medelinkomstländer med relativt höga och växande utsläpp har Sverige möjlighet att bidra till större spridningseffekter av åtgärder i regioner där det globalt sett är särskilt angeläget att den nuvarande utsläppstrenden snabbt viker nedåt. Genom att insatserna, som utredningen föreslår, dessutom knyts till Parisavtalets artikel 6 om samverkan om åtgärder mellan länder, kommer även klimateffekterna av åtgärderna kunna beräknas baserat på internationellt överenskomna principer. Förutsättningarna för att uppnå en större effekt per insatt krona ökar därmed jämfört med om åtgärderna skulle finansieras på annat sätt.

Omfattning och genomförande till 2030

Enligt utredningens förslag till strategi för de kompletterande åtgärderna behöver de internationella insatserna bidra med enheter från genomförda utsläpps begränsningar 2021–2030 på ett sätt som gör att de kompletterande åtgärderna sammantaget bidrar till ett successivt ökande bidrag till globala utsläppsminskningar (se utredningens förslag till strategi i inledningen av detta betänkande). Den sammanlagda volymen på 20 miljoner enheter från utsläpps begränsningar internationellt, som utredningen föreslår, skulle i princip kunna täcka upp för en situation där övriga kompletterande åtgärder inte ger några bidrag alls till och med 2030.

Om övriga kompletterande åtgärder i form av avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung (bio-CCS) och åtgärder inom sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (*land use, land use change and forestry*, LULUCF) däremot genomförs på det sätt som utredningen föreslår och stegvis leder fram till de effekter som bedömts till 2030, behöver inte de internationella insatserna bidra lika mycket till den totala volymen kompletterande åtgärder. Dessa insatser kan då i stället räknas som resultatbaserad klimatfinansiering.

Utredningen konstaterar i sitt förslag till strategi att genomförandet och omfattningen av de kompletterande åtgärderna inte enbart bör knytas till enskilda punktmål 2030, 2040 och 2045. Riksdagens beslut om klimatramverket sätter enbart en nedre gräns genom villkoren för hur stor mängd kompletterande åtgärder som får användas för måluppfyllelse de enskilda målåren, men inte någon övre gräns.

Utredningen bedömer att de kompletterande åtgärderna behöver byggas upp i volym successivt över tid och även kunna ge bidrag under perioderna mellan målåren, för att de ska leda till en likvärdig utsläppseffekt för det globala klimatet som successiva utsläppsminskningar i landet gör.

Det sistnämnda är av särskild betydelse om förvärv av verifierade utsläppsminskningar i andra länder ska fungera som en kompletterande åtgärd.

I kapitel 15 redovisar utredningen några exempel på redan utvecklade förvärvsstrategier för internationella åtgärder som har en sådan utformning. Schweiz har exempelvis satt upp mål för hur stora volymer enheter från utsläppsminskningar i andra länder som i genom-

snitt behöver förvärvas per år under den tidsperiod som andra utsläpp ska kompenseras, dvs. 2021–2030. Även Japan har en liknande inriktning.

För Sveriges del har utredningen antagit att det handlar om att de kompletterande åtgärderna 2021–2030 sammanlagt behöver uppgå till minst 20 miljoner koldioxidekvivalenter, om den successiva ökningen antas ske linjärt till nivån 3,7 miljoner ton 2030 och nivån 2020 sätts till noll.

Genom att programmet för internationella insatser redan från början föreslås att även tilldelas syftet att det ska bidra till att andelen klimatfinansiering genom åtgärder för utsläppsminskningar ökar och blir mer resultatbaserad, förstärks motiven för att programmet ges en något större omfattning, oberoende av utfallet när det gäller övriga kompletterande åtgärder. Ytterligare ett motiv för att programmet ges lite större omfattning och kontinuitet över tid är att det skapar bättre förutsättningar för att den ambitionshöjande inriktning som utredningen föreslår ska bli lyckosam.

Praktiska skäl talar samtidigt för att en viss flexibilitet behövs i genomförandet mellan enskilda år. För detta talar också att det ändå är den sammanlagda (ackumulerade) minskningen över hela tidsperioden som är den centrala.

Eftersom regelboken under Parisavtalet inte är på plats ännu, och det nu råder osäkerheter bland både värdländer och köparländer om genomförandet, kommer Sverige behöva avvakta något och genomföra kommande förvärv i lite större volymer några år in på 2020-talet.

För att Sverige ska kunna använda de förvärvade enheterna som kompletterande åtgärder förutsätts värdländerna för insatserna behöva genomföra en s.k. *corresponding adjustment*, dvs. en justering som medför att ingen dubbelräkning av utsläppsminskningar sker i förhållande till ländernas klimatplaner, oavsett om Sverige senare använder de förvärvade enheterna som en del av landets klimatfinansiering eller som en del av de kompletterande åtgärderna i klimatramverket.

Tillämpningen av regelboken för hur justeringar ska göras vid överföring av utsläppsbegränsningsresultat behöver även bli tydlig för en köpare som inte har en egen nationell klimatplan under Parisavtalet, eftersom Sverige inte har en egen nationell klimatplan utan ingår i EU:s gemensamma klimatplan under Parisavtalet.

Genom att avvakta något, av ovanstående skäl, kan även den inriktning som utredningen föreslår för att insatserna ska kunna bidra till en ambitionsnivåhöjning också hinna konkretiseras ytterligare i samarbeten med aktuella värdländer och andra köpare.

Den föreslagna budgeten för programmet har beräknats utifrån antagandet att enheterna från utsläpps begränsningar i genomsnitt kostar 200 kronor per ton koldioxidekvivalenter under 2020-talet. Denna prisuppskattning är dock mycket osäker (se kapitel 20); om priserna skulle bli högre kommer budgeten inte räckta lika långt. Utfallet förutsätts fortlöpande följas upp och särskilt analyseras i samband med de kontrollstationer som utredningen föreslår ska genomföras vart fjärde år.

En högre ambitionsnivå

Enligt artikel 6.1 i Parisavtalet kan parterna under avtalet samarbeta på frivillig väg för att genomföra sina nationella klimatplaner. Samarbetet kan på så vis möjliggöra en högre ambitionsnivå både i utsläpps begränsningar¹ och i anpassningsåtgärder². Samarbetet ska också främja en hållbar utveckling och miljöintegritet.

Energimyndighetens internationella insatser kopplade till artikel 6 ska enligt den nu gällande nationella inriktningen (se kapitel 14) bidra till en ökad ambition för att nå Parisavtalets långsiktiga temperaturmål om att hålla den globala temperaturökningen till väl under 2 °C och att göra ansträngningar för att begränsa ökningen till 1,5 °C. Insatserna ska kunna bidra till en resultatbaserad klimatfinansiering eller bidra till att nå klimatmålen i det klimatpolitiska ramverket, jämte andra kompletterande åtgärder.

Enligt Energimyndighetens regleringsbrev ska insatserna framför allt ske på sektorsnivå samt i första hand riktas mot medelinkomstländer och mot energirelaterade utsläpp, dvs. utsläpp kopplade både till energitillförsel och till energiefterfrågan i samhällets alla sektorer.

Utredningen finner inte någon anledning att frångå andemeningen i denna ambition och den inriktning som redan gäller i utredningens förslag till fortsatta insatser.

¹ Artikel 6.2, 6.4 och 6.8.

² Artikel 6.8.

Utredningen finner däremot anledning att genom några utvalda exempel konkretisera vad inriktningen skulle kunna innebära i sak. Det kan även finnas skäl att vidga de möjliga insatsområdena framöver till några ytterligare områden, utöver de sektorsinsatser kopplade till energisektorn i medelinkomstländer som nu pekats ut.

Övergripande kan konstateras att samarbetena under artikel 6 behöver öka betydligt i omfattning globalt sett och även behöver samspela väl med klimatfinansiering och med andra investeringar, främst de som görs inom den privata sektorn, för att kunna utvecklas så att de får någon betydelse i förhållande till de stora behoven av ökade utsläppsminskningar som Parisavtalets temperaturmål kräver. För att samarbetena ska ge mereffekter, och därmed kunna bidra till ambitionsnivåhöjningar utöver de konkreta utsläppsminskningar de resulterar i, behöver de dessutom:

- utformas med hänsyn till ländernas egna mål och styrmedel i de nationella klimatplanerna³ och ge incitament till ytterligare ambitionsnivåhöjningar,
- inriktas mot åtgärdsområden och lågutsläppstekniker som kan skalas upp och ha relativt stor betydelse för den globala omställningen,
- inriktas mot länder och regioner i vilka dessa uppskalningspotentialer bedöms finnas.

Klimatbidragen av insatserna riskerar att bli betydligt mer begränsade om samarbetena i stället enbart inriktas mot särskilt billiga åtgärder med låga barriärer för genomförande, med låg sammanlagd potential för minskning och systemomställning och med liten hänsyn till samspillet med värdländernas egna mål och möjliga ambitionshöjningar. Med en sådan inriktning är risken dessutom större att de åtgärder som genomförs inte visar sig vara additionella i förhållande till värdlandets egen klimatplan eller att de bidrar till att minska värdlandets egna möjligheter till att ytterligare höja sin ambitionsnivå.

³ Kallas *nationally determined contributions* (NDC:s) under Parisavtalet.

Världlandets nationella klimatplan behöver vara tillräckligt ambitiös och krediteringen ske i förhållande till en strikt utsläppsprognos

En viktig generell utgångspunkt för genomförande av svenska artikel 6-insatser bör vara att världlandets nationella bidrag i den egna klimatplanen kan bedömas vara tillräckligt ambitiöst i relation till en utveckling med dagens beslutade styrmedel. Världlandets klimatplan bör alltså inte innehålla s.k. hetluft.

Nivåerna för en framtida kreditering av utsläppsbegränsningsresultatet bör sättas konservativt. I stället för att världlandet ombeds att ändra det egna referensscenariot i sin klimatplan tas ett separat mer strikt referensscenario fram så att en kreditering ställer krav på ytterligare utsläppsbegränsning av den egna ansträngningen från världlandet, jämfört med bidraget till utsläppsbegränsningar enligt landets egen klimatplan. Graden av ytterligare ansträngning behöver avgöras från fall till fall med hänsyn till ambitionsnivån i respektive nationella klimatplan.

Insatserna bör kunna bidra till att världlänternas klimatplaner utvidgas och blir ambitiösare

Ett flertal länder har lagt fram nationella klimatplaner som inte är heltäckande, dvs. det finns sektorer som inte täcks av målformuleringar om utsläppsbegränsningar under Parisavtalet. Genomförande av artikel 6-insatser i sektorer som inte täcks av nationella mål skulle kunna bidra till en ambitionshöjning om de utformas så att de bidrar med incitament till ytterligare bidrag även från världlandet. Det har t.ex. föreslagits att en sådan insats kan förenas med en överenskomelse om att de aktuella utsläppskällorna ska inkluderas i världlandets mål när den nationella klimatplanen ska skärpas. På så vis kan den nationella klimatplanen snabbare få större omfattning.

Insatserna kan knytas till att världlandet inför egna styrmedel

Artikel 6-insatser kan också kopplas till att världlandet inför eller förändrar olika styrmedel. Det kan exempelvis handla om att ta bort subventioner på användningen av fossila bränslen, införa koldioxid-

prissättning eller begränsa utsläppen från de aktuella utsläppskällorna via lagstiftning.

Insatserna bör inriktas mot områden som är särskilt viktiga för en omställning mot ambitiösa temperaturmål

När artikel 6-insatser utvecklas är det viktigt att beakta att det handlar om ett samarbete mellan flera parter och att utformningen inte får riskera att minska värdländers egen kapacitet och vilja till egna ambitionshöjningar. Åtgärdsalternativ som karaktäriseras av låga åtgärdskostnader, låga barriärer för genomförande och därmed en hög grad av kommersiell mognad bör därför inte i första hand ges stöd genom svenska artikel 6-insatser, eftersom sådana åtgärder behöver finnas tillgängliga för värdländers bidrag till utsläpps begränsningar genom egna ansträngningar i nuvarande och kommande klimatplaner. Svenska artikel 6-stöd bör i stället inriktas mot åtgärdsalternativ som genom successiva ambitionshöjningar senare kan ingå i värdländers egna bidrag när de nationella klimatplanerna skärps. Artikel 6-insatser kan på så sätt bidra med kapacitetsuppbyggnad i värdländer och skapa förutsättningar för en accelererad ambitionshöjning. Med den här typen av inriktning ökar också tillförlitligheten när det gäller åtgärdernas miljöintegritet.

De additionella insatserna skulle konkret kunna inriktas mot följande.

- Att påskynda omställningen i eltillförselsektorn, inte minst genom åtgärder kopplade till nätinfrastuktur, energilager och genom att styra efterfrågan mer flexibelt sätt. Sådana åtgärder kan bidra till att det går att integrera en högre andel förnybar elproduktion av variabel natur än vad som annars hade varit möjligt.
- Insatser som bidrar till en tidigare och snabbare omställning till lågutsläppstekniker som både effektiviserar energianvändningen och fasar ut användningen av fossil energi, exempelvis genom en ökad elektrifiering, inom industri, transporter och byggnader har en stor betydelse för möjligheterna klara temperaturmål som är ambitiösare än ett 2-gradersmål.

- Energirelaterade utsläpp i medelinkomstländer med stora och ökande utsläpp av växthusgaser har särskilt stor betydelse och bör prioriteras för ovan nämnda områden.
- Insatser i låginkomstländer är också angelägna och bör stödja dessa länders strävan att utvecklas till lågutsläppsekonomier (*low-carbon economies*), inom ramen för en utveckling som är förenlig med FN:s hållbarhetsmål. Utvecklingen har dock inte så stor betydelse för de globala utsläppens utveckling, framför allt inte på kortare sikt (se avsnitt 15.3.2).
- I de minst utvecklade länderna kan åtgärder som bidrar till ett ökat upptag av koldioxid vara mer betydelsefulla även för en snabb omställning mot ambitiösa globala temperaturmål, förutsatt att åtgärderna kan bedömas ha en hög permanens och kan bidra till flera samtidigt mervärden, och det redan i tidsperspektivet mot 2030 (se avsnitt 15.3.2).
- Insatser för utveckling och kommersialisering av viktiga lågutsläppstekniker och tekniker för negativa utsläpp, t.ex. bio-CCS, skulle kunna påskyndas genom strategiskt planerade artikel 6-insatser i länder där det råder särskilt gynnsamma förutsättningar.

Inriktningen överensstämmer väl med rekommendationer som ges från förhandlingsnära forskning

I avsnitt 14.3.6 och 14.3.7 redovisas några inspel från forskare och tankesmedjor under senare tid om hur insatserna under artikel 6 skulle kunna bidra till en övergripande ambitionsnivåhöjning under Parisavtalet. En nyligen genomförd studie rekommenderar att länder som deltar i artikel 6-aktiviteter samtidigt behöver kombinera tre olika angreppssätt för att säkerställa att agerandet sammantaget bidrar till en höjd ambitionsnivå.

- *För det första* bör det deltagande köparlandet inför ett engagemang i artikel 6 höja ambitionsnivån i den nationella klimatplanen eller välja att delvis annullera eller dra bort de enheter man förvärvat så att de inte används mot något annat lands klimatplan, samtidigt som värdlandet justerar för hela transaktionen.

- *För det andra* bör köparlandet bidra till ambitionshöjningar genom en rad insatser i samband med förvärvet. Det kan handla om att ställa krav på rapporteringen och transparensen från värdlandet om den nationella klimatplanen och dess fortsatta utveckling samt på de åtgärder som genomförs när det gäller både klimatplanens utformning (referensscenario och målnivå, steg mot ekonomi-övergripande omfattning m.m.) och vilka åtgärder (tekniker) och sektorer som omfattas, för att ett förvärv ska kunna bli aktuellt.
- *För det tredje* behöver de länder som avser delta i artikel 6-samarbeten alltid säkerställa att de genomförda aktiviteterna har en säkerställd miljöintegritet, dvs. bidrar till additionella utsläppsminskningar.

Insatserna inom klimatfinansiering av utsläppsminskningar behöver samordnas med de internationella insatserna för kompletterande åtgärder under artikel 6 i Parisavtalet

Utredningen förslag innebär att kommande insatser under artikel 6 även ska kunna bidra till resultatbaserad klimatfinansiering av utsläppsminskningståtgärder. Även under 2010-talet har förvärven av insatser för utsläppsreduktioner i andra länder genom Kyotoprotokollets flexibla mekanismer delvis bidragit till Sveriges klimatfinansiering, men då i efterhand (se avsnitt 14.2.4). Insatser för klimatfinansiering av utsläppsminskningar inom framför allt biståndsområdet och inom programmet för internationella insatser mot det nationella klimatmålet genomfördes utan någon större samordning under denna period.

Förslaget till samordningsuppdrag

Utredningens förslag till nytt program för internationella insatser som redan från starten både syftar till en större andel resultatbaserad klimatfinansiering i främst medelinkomstländer och till de kompletterande åtgärderna under klimatramverket gör att behovet av en samordning med övriga insatser på området klimatfinansiering ökar, främst på biståndsområdet.

Det kan även finnas särskilda skäl att samordna insatserna inför att förhandlingarna om utvecklade länders förstärkta åtaganden inom klimatfinansiering efter 2025 ska börja förhandlas i detalj 2020.

Om en samordning sker mellan dessa två områden inför att det av utredningen föreslagna programmet inrättas, kan det bidra till en större sammanlagd effektivitet på området.

Utöver samordning på kortare sikt bör uppdraget även omfatta att det formuleras en långsiktig målbild för olika typer av insatser på området, gemensamma prioriteringar och fördelning av insatsområden mellan myndigheterna.

Utredningen föreslår att Energimyndigheten, Sida och Naturvårdsverket genomför det föreslagna samordningsuppdraget tillsammans. Energimyndigheten och Sida är de myndigheter som har utpekade ansvar på området, och Naturvårdsverket kompletterar genomförandet av uppdraget eftersom myndigheten dels har ett övergripande ansvar att hålla samman arbetet med klimatmålen i Sverige, dels deltar och ansvarar för insatser inom närliggande områden under Parisavtalet inom områdena rapportering, transparensfrågor och kapacitetsutveckling. Uppdraget bör även genomföras i samråd med Skogsstyrelsen och Jordbruksverket, eftersom även åtgärder utanför energisektorn kan komma att ingå i de framtida insatserna för utsläpps begränsningar i andra länder.

Inriktning mot nettonollutsläpp 2045 och nettonegativa utsläpp därefter

De internationella insatserna för att bidra till ytterligare utsläpps begränsningar behöver fortsätta även efter 2030. Insatserna för ytterligare utsläppsminskningar kommer vara centrala, samtidigt som insatserna för att åstadkomma negativa utsläpp successivt behöver öka i omfattning.

Fortsatta insatser för utsläppsminskningar i andra länder bör, vid sidan av åtgärder för negativa utsläpp, föras till området resultatbaserad klimatfinansiering och inte räknas som kompletterande åtgärder i det svenska klimatramverket när Sverige ska uppnå nettonollutsläpp och nettonegativa utsläpp.

På längre sikt behöver insatserna för verifierade utsläppsbegränsningar i andra länder i första hand inriktas mot åtgärder som ökar upptaget av koldioxid

Sverige har antagit ett mål om att nå nettonollutsläpp av växthusgaser senast 2045; målet ska därefter följas av nettonegativa utsläpp. Målen i klimatramverket motiverades av Miljömålsberedningen med att Sverige bör fortsätta vara ett föregångsland på klimatområdet och bidra till att de globala utsläppen minskar i linje med Parisavtalets temperaturmål. Inriktningen mot nettonegativa utsläpp motiverades med att globala utsläppsscenarier i linje med 1,5-gradersmålet även ställer krav på att negativa utsläppstekniker införs i världen (se kapitel 5).

Genomförandet av klimatramverket förutsätter att världen ställer om i riktning mot Parisavtalets temperaturmål. Sverige förutsätts dessutom agera på ett sätt som andra länder helt eller delvis ska kunna följa efter.

Detta sammanvägt pekar enligt utredningen mot att den långsiktiga inriktningen på de förvärv som Sverige kan komma att göra av verifierade utsläppsminskningar i andra länder som en del av de kompletterande åtgärderna på lite längre sikt huvudsakligen behöver inriktas mot just åtgärder för negativa utsläpp även utanför Sveriges gränser.

I en värld som ställer om behöver inte sådana åtgärder vara de mest kostsamma, utan de kan kanske snarare vara de som kan sänka kostnaderna för att utsläppsmålen globalt ska kunna nås. Priserna på enheter från utsläppsbegränsningar i andra länder, i en värld som ställer om, beräknas ligga på ungefär samma nivå eller högre än vad motsvarande kompletterande åtgärder i Sverige, t.ex. bio-CCS, projekt för återvätning och åtgärder för kolinlagring i mark med hög permanens, bedöms kosta på marginalen vid samma tid.

Samtidigt kan det inte uteslutas att nya möjliga åtgärder kan komma att utvecklas i andra länder, vilka blir mer kostnadseffektiva än kompletterande åtgärder i Sverige, t.ex. nya tekniker för negativa utsläpp i form av direktinfångning och avskiljning av koldioxid i atmosfären (*direct air carbon capture and storage*, DACCS) eller biokol.

I genomgången i kapitel 15 av insatser på lite kortare sikt lyfter utredningen fram åtgärder för ökad användning av biokol i fattigare länder som ett exempel. Det är en teknik för negativa utsläpp som kan vara aktuell redan i ett tidigare skede. Andra exempel på åtgärder med flera mervärden kan handla om restaurering av naturområden

även utanför Sveriges gränser, både på land och i akvatiska miljöer, med höga ekologiska värden och ett högt kolinnehåll. Men de sistnämnda åtgärdstyperna har samtidigt nackdelen att de kan bedömas ha sämre permanens och större reversibilitet jämfört med tekniska åtgärder för negativa utsläpp.

Om Sverige utvecklar teknisk kompetens inom både teknik för bio-CCS och hållbar bioenergiproduktion kan området även vara värdefullt för teknikspridning till andra länder och som insatsområde för verifierade utsläppsminskningar.

Om den globala ambitionsnivån i stället enbart skulle skärpas i begränsad utsträckning till 2030 blir behovet av åtgärder som leder till ett ökat upptag av koldioxid (negativa utsläpp) tillsammans med utsläppsminskningar ännu större, om världen ska ha en chans att begränsa temperaturökningen på ett sätt som åtminstone är i närheten av Parisavtalets temperaturmål (se kapitel 5 och 15).

Som utredningen redovisar i avsnitt 15.2.2 har Storbritannien beslutat om ett skärpt långsiktigt klimatmål. Insatser i andra länder ingår dock inte bland åtgärderna som kan bidra till måluppfyllelse mot landets mål om nettonollutsläpp utan de utgör enbart en strategi att falla tillbaka på, om det skulle visa sig svårt att fullt ut nå måluppfyllelse enbart genom inhemska åtgärder. I förslaget till det nya skärpta målet förordar den vetenskapliga kommittén bakom förslaget, också en inriktning mot negativa tekniker för de åtgärder som Storbritannien i så fall skulle behöva genomföra internationellt.

Genomförande av framtida förvärv

Detaljutvecklingen av samarbetsmekanismerna inom ramen för Parisavtalet kommer att behöva fortsätta under en lång tid. Internationell förankring genom samarbete mellan flera länder förbättrar också förutsättningarna att kunna ge bidrag som leder till faktiska klimatpolitiska framsteg som även kan komma att kunna påverka regelverkets utveckling.

Internationell samverkan ger också bättre förutsättningar att genomföra insatser av större omfattning. Samarbeten kan genomföras multilateralt eller bilateralt beroende på storleken och komplexiteten av åtgärden.

Sveriges utvecklingsinsatser på området sker också i nuläget i hög utsträckning tillsammans med andra länder i olika multinationella samarbeten.

14 Bakgrund om verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder

14.1 Inledning

Detta kapitel ger en bakgrund till utredningens analys av möjligheterna att genomföra utsläppsminskningar i andra länder (se kapitel 15) samt till de rekommendationer om fortsatta insatser som utredningen tagit fram rörande den här typen av åtgärder (se kapitel 13). I detta bakgrundskapitel summeras erfarenheter av hur Kyotoprotokollet till Förenta nationernas ramkonvention om klimatförändringar (Kyotoprotokollet och klimatkonventionen) har tillämpats vad gäller mekanismer för åtgärder i andra länder, både på global nivå och mer specifikt kopplat till internationella klimatinnsatser med svensk medverkan. Dessa erfarenheter är viktiga att dra lärdom av dels när regelboken under klimatavtalet från Paris (Parisavtalet) för nya internationella samarbetsinsatser och mekanismer förhandlas fram och formerna för sådana insatser ska prövas och genomföras i praktiken, dels när inriktningen på de fortsatta svenska insatserna på området ska ta form.

I kapitlet beskrivs även hur Parisavtalet är uppbyggt samt några huvudutmaningar i det pågående utvecklingsarbetet.

Enligt Parisavtalet ska den globala uppvärmningen begränsas till betydligt under 2 grader Celsius med en fortsatt strävan att hålla uppvärmningen under 1,5 grader Celsius jämfört med förindustriell nivå. Ambitionsnivån i den internationella klimatpolitiken behöver därmed höjas till en helt ny nivå än tidigare.

Avtalet förutsätter att alla deltagande länder formulerar nationella bidrag (*nationally determined contributions*, NDC:s). Dessa bidrag be-

höver successivt skärpas. I det följande används begreppet nationella klimatplaner, för de nationella bidragen.

Parisavtalet sätter upp grundförutsättningarna för hur länder kan samverka när de genomför sina nationella klimatplaner. I samband med sådan samverkan kan även resultat från genomförda utsläppsbegränsningar föras över och handlas mellan länder. Formerna för detta regleras i Parisavtalets artikel 6.

Det råder dock osäkerhet om hur marknaden för verifierade utsläppsminskningar, den s.k. utsläppsmarknaden, kommer att utvecklas – både när det gäller handelns totala omfattning, vilka länder som kommer att utgöra nettosäljare respektive nettoköpare, prisnivåer för utsläppsbegränsningsresultat m.m.

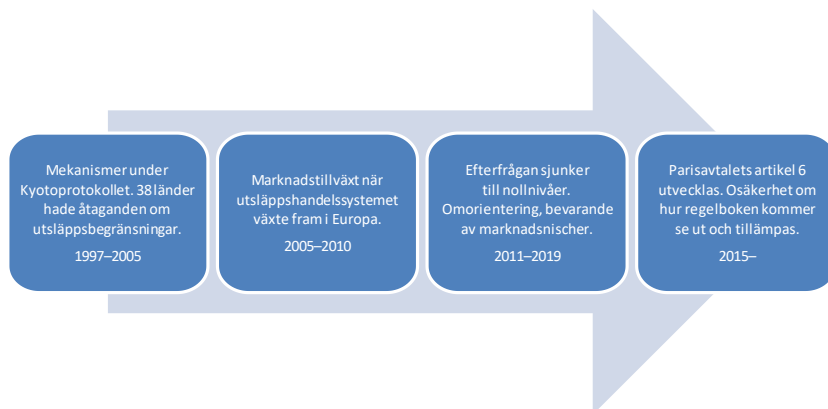
Verifierade utsläppsminskningar i andra länder (Miljömålsberedningens terminologi, se kapitel 3), vilka uppfyller Parisavtalets kommande regelbok, benämns i det följande som antingen enheter från utsläppsbegränsningar eller utsläppsbegränsningsenheter.

Regelverket för artikel 6 är fortfarande föremål för förhandlingar. Vid klimatmötena i Katowice (COP24) och Madrid (COP25) lyckades parterna inte enas om en regelbok för artikel 6, och ett nytt mål för att nå enighet har nu satts till COP26 i Glasgow i slutet av 2020. Oavsett om det lyckas eller inte kommer det detaljerade regelverket för artikel 6 att behöva fortsätta att utvecklas under lång tid framöver.

Erfarenheter från den tidigare utvecklingen av flexibla mekanismer och utsläppsmarknader under Kyotoprotokollet finns med i den pågående utvecklingsprocessen och i de förhandlingar som förs. Delar av det regelverk som utvecklades under Kyotoperioden kommer troligen även föras över till regelboken under Parisavtalet. I inledningen kommer även projekt och program för utsläppsminskningar som startat eller utvecklats under 2010-talet vara särskilt intressanta för en fortsättning under Parisavtalet.

Figuren nedan sammanfattar översiktligt de olika skeden som utvecklingen av utsläppsmarknader under klimatkonventionen hittills har genomgått och genomgår, och som översiktligt behandlas i detta kapitel.

Figur 14.1 Utvecklingen av utsläppsmarknader under klimatkonventionen



14.2 Erfarenheter av genomförande av flexibla mekanismer under Kyotoprotokollet

14.2.1 Kyotoprotokollet

Kyotoprotokollet innebär att länder som betecknades som industriländer eller utvecklade länder under 1990-talets början, och länder vars ekonomier var under större förändring efter Warszawapaktens kollaps, (*economies in transition*¹) åtog sig bindande åtaganden om begränsade utsläpp av växthusgaser.²

Sammanlagt 38 länder gjorde åtaganden när protokollet antogs 1997, men omfattningen i utsläpp räknat minskade betydligt när USA valde att inte ratificera protokollet.³ Kanada ratificerade inledningsvis men valde att lämna protokollet före den första åtagandeperiodens slut.

Under Kyotoprotokollet infördes tre flexibla mekanismer:

1. handel med utsläppsrätter mellan länder (IET),
2. mekanismen för gemensamt genomförande (JI),
3. mekanismen för ren utveckling (CDM).

¹ Dessa två ländergrupper betecknades som Annex 1-länder enligt klimatkonventionen och ländernas åtaganden förtecknades i Annex B till Kyotoprotokollet.

² Utsläppsåtagandet för respektive part utformades i form av en utsläppsbudget över de fem åren 2008–2012. Budgeten innebar en minskning jämfört med utsläppen under ett basår, i de flesta fall 1990.

³ När överenskommelsen träffades 1997 stod Annex 1-länderna (inklusive USA) för omkring 50 procent av utsläppen av växthusgaser i världen, utan USA minskade andelen till drygt 30 procent. År 2010 stod länderna med bindande åtaganden för 18 procent av de globala utsläppen.

Mekanismerna hade som huvudsyfte att bidra till ett kostnadseffektivt genomförande av protokollet samt att, när det gällde CDM-och JI-mekanismerna, bidra till en hållbar utveckling i värdländerna, dvs. i de länder där åtgärderna genomfördes.

Handel med utsläppsrätter mellan länder (IET) innebar att länder med åtaganden under protokollet kunde köpa eller sälja utsläppsutrymme sinsemellan. Intresset för denna mekanism var dock begränsat redan från start på grund av att ett antal länder från den före detta Warszawapakten hade Kyotoåtaganden på en nivå som bedömdes ligga över landets utsläppsutveckling vid *business as usual*, utan att ytterligare åtgärder behövde genomföras. De överskott dessa länder på detta sätt fick tillgång till betraktades därmed som s.k. hetluft. I och med att USA inte kom att ingå som ett potentiellt stort köparland minskade dessutom intresset för marknadslösningar ytterligare.

För att länderna ändå skulle kunna sälja delar av sina överskott konstruerades s.k. gröna investeringssystem (*green investment schemes*), under vilka säljarländerna förband sig att antingen direkt eller indirekt använda intäkterna från försäljningen till att genomföra åtgärder som bidrog till ytterligare utsläppsminskningar.⁴

CDM-mekanismen innebar att ett land med utsläppsminskningståtagande delvis⁵ kunde nå sitt åtagande genom att bidra till utsläppsminskande åtgärder i ett land utan åtagande. Projekten för gemensamt genomförande, JI, handlade i stället om att utsläppsminskningar kunde genomföras i ett land med ett utsläppsbegränsningsåtagande under protokollet medan utsläppsminskningen tillgodoräknades det land som delfinansierat projektet, samtidigt som värdlandets utsläppsutrymme justerades ned för att undvika dubbelräkning.

Redan i formuleringen av protokollets artiklar om JI och CDM förutsågs att det inte bara var länderna själva som skulle kunna genomföra åtgärderna utan att länderna även skulle kunna ge företag och andra organisationer rätten att delta i mekanismerna.⁶

Kyotoprotokollet förlängdes med en andra åtagandeperiod 2013–2020 genom ett beslut vid klimatmötet i Doha (COP18). Nya CDM-projekt har därför godkänts även efter den första åtagandeperioden 2008–2012, även om efterfrågan och priserna på CDM-enheter sjunkit till mycket låga nivåer från 2011. Nya JI-projekt har

⁴ Se exempelvis OECD (2003).

⁵ Enligt bestämmelserna i Kyotoprotokollet skulle åtgärderna i andra länder vara kompletterande i förhållande till de åtgärder som genomfördes inom landet.

⁶ JI artikel 6 paragraf 3 och CDM artikel 12, paragraf 9 i Kyotoprotokollet.

däremot inte kunnat starta efter 2012 eftersom Kyotoprotokollets andra period ännu inte trätt i kraft på grund av att för få länder ratificerat det nya beslutet. Det hade dessutom behövts ett aktivt beslut av parterna under Kyotoprotokollet för att JI-projekt skulle kunna bli aktuella för en förlängning.

De flexibla mekanismerna bidrog till överenskommelsen om Kyotoprotokollet

När Kyotoprotokollet förhandlades i mitten av 1990-talet var många länder av uppfattningen att det skulle krävas relativt omfattande insatser att nå de åtaganden de var på väg att förbinda sig till.

För länderna inom EU, dåvarande EU15, pekade exempelvis de då aktuella referensscenarierna från Europeiska kommissionen mot att utsläppen av koldioxid sammantaget skulle öka med 15 procent mellan 1990 och 2010.⁷ Utvecklingen kan jämföras med den genomsnittliga minskning av växthusgasutsläppen på 8 procent (räknat från 1990, inklusive mekanismer och kolsänka) som till slut blev EU15:s sammanlagda Kyotoåtagande för perioden 2008–2012.

Utvecklingen kan också jämföras med slutresultatet, där utsläppen av växthusgaser i EU15 minskade med knappt 12 procent⁸ från 1990 i genomsnitt under perioden 2008–2012. Behovet av att använda åtgärder utanför EU:s gränser, eller kolsänkor för att nå målen visade sig till slut bli i det närmaste obefintligt.⁹

Enskilda medlemsländers analyser av sina återstående utsläppsgap¹⁰ indikerade ännu större skillnader mellan aktuella scenarier med

⁷ KOM (96) 217 slutlig Communication from the Commission under the UN framework Convention on Climate Change Referensscenarier benämndes *business as usual* scenarier i kommissionens analys 1996, dvs. scenarier med dagens beslutade styrmedel. Sådana scenarier har kommit att byta namn till *baselines* (referensscenarier) eftersom det är svårt att bedöma vad som skulle kunna vara *business as usual*, särskilt i scenarier som sträcker sig över en lite längre tidsperiod.

⁸ Exklusive utvecklingen inom LULUCF-sektorn.

⁹ Minskningen kan, enligt en analys från Europeiska miljöbyrån EEA (2014), till ungefär lika delar förklaras med den nedgång i ekonomin som skedde under perioden 2008–2012 och effekter av de energi- och klimatpolitiska styrmedel som successivt införts inom EU och i medlemsländerna.

¹⁰ Från engelskans *gap analysis*.

befintliga styrmedel och de åtaganden länderna hade att uppfylla enligt beslutet i EU:s interna bördefördelning.¹¹

Att det vid tidpunkten för förhandlingen fanns flexibla mekanismer under utveckling visade sig vara en faktor som underlättade för EU15-länderna när de skulle göra sina åtaganden. Det gällde både vid förhandlingarna om Kyotoprotokollet och när EU-länderna skulle fördela sitt åtagande inbördes. Marknaden för mekanismer växte också successivt fram under genomförandet av Kyotoprotokollet. Inledningsvis var intresset störst för att genomföra JI-projekt, men intresset övergick senare i stor skala till CDM-mekanismen.

CDM-projekten breddades stegvis allt eftersom CDM-metodiker¹² för olika projekttyper växte fram. Större medelinkomstländer som Indien, Brasilien och därefter Kina hade redan i inledningen ett försprång framför andra länder, eftersom de hade kapacitet att utveckla egna nationella institutioner som bl.a. kunde bidra till att administrera projekten. Det dröjde dock lång tid innan CDM-projekt också började genomföras i låginkomstländer, och här krävdes särskilda insatser från bl.a. EU. Sverige hade en betydelsefull roll i denna utveckling (se avsnitt 14.2.4).

14.2.2 Störst marknad för CDM-projekt

Sammanlagt drygt 7 800 CDM-projekt i 111 länder registrerades 2001–2018.¹³ De utfärdade reduktionsenheterna från projekten beräknas hittills motsvara utsläppsminskningar på nästan 2 miljarder ton koldioxidkvalenter¹⁴ i världsländerna. Knappt 1,5 miljarder av dessa enheter utfärdades 2008–2012. Projekten har sammanlagt involverat 140 länder, varav 36 tillhör gruppen minst utvecklade länder, och de sammanlagda investeringarna har varit betydande.¹⁵

¹¹ Se EEA:s årliga uppföljningar av medlemsstaternas utsläpp och möjligheterna till måluppfyllelse. Till exempel rapporten *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2008*, EEA (2008).

¹² För att genomföra ett CDM-projekt måste en av den s.k. CDM-styrelsen godkänd metodik följas. Metodiken beskriver vilka krav som ska uppfyllas för att projektet ska kunna bli registrerat som ett CDM-projekt och hur utsläppsreduktionerna ska beräknas. I metodiken föreskrivs även hur ett projekts additionalitet ska prövas.

¹³ UNEPDTU Partnership, www.cdmpipeline.org.

¹⁴ Svenska staten har bidragit med en efterfrågan motsvarande mellan 30–40 miljoner ton.

¹⁵ United Nations Climate Change (2018).

Merparten av projekten har genomförts i Kina och Indien,¹⁶ men även Brasilien och Mexiko har haft relativt många projekt. I siffror handlar det om att drygt 80 procent av projekten och reduktionsenheterna hade sitt ursprung i Asien (där Kina och Indien dominerar) 2013–2020 medan cirka 12–13 procent fanns i Latinamerika.¹⁷ Fram till 2012 var projekten i Kina ännu mer dominerande.

Under perioden 2013–2020 kommer enheterna från CDM-projekt till allra största delen från projekt för förnybar energi, främst vindkraft och vattenkraft. Fram till 2012 gav s.k. industrigasprojekt (HFC-, PFC-, SF- och N₂O-reducerande projekt) det största minskningsbidraget. De stora inledande bidragen från industrigasprojekt berodde bl.a. på att det tidigt hade utvecklats specifik CDM-metodik för att godkänna den typen av projekt, samtidigt som de var enklare att administrera än exempelvis projekt inom förnybar energi.

Antalet projekt inom beskogning och återbeskogning i sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) är mycket få i sammanhanget. Så var situationen även före 2012. Detta är noterbart eftersom den typen av minskningsåtgärder betraktas som i genomsnitt mindre kostsamma, men samtidigt är de mer riskfyllda och leder inte till permanenta utsläppsminskningar (se bl.a. kapitel 20).

LULUCF-utvecklingen kan bl.a. förklaras med att den typen av enheter inte var tillåtna för användning inom EU:s utsläppshandels-system samt med att metodiken som togs fram under Kyotoprotokollet för att beräkna utfallet av projekt inom LULUCF betraktades som komplicerad och svår att använda, eftersom den bl.a. innebar att enheterna från projekten var begränsade i tid på grund av risker kring åtgärdernas permanens och reversibilitet.

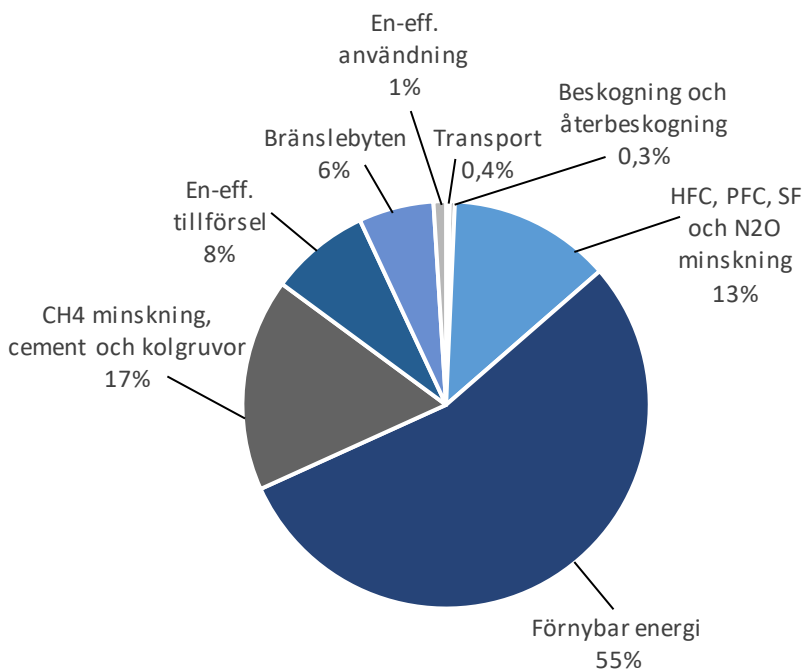
I praktiken visar det sig att trädplanteringsprojekt i hög grad är beroende av sitt lokala sammanhang och sin konkreta utformning för att fungera väl, oavsett om de är kopplade till CDM eller annan finansiering.¹⁸ Under 2010-talet utvecklades dessutom finansieringen av skogsinsatser via ett särskilt FN-program – *Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries* (REDD+) och även i system för frivillig klimatkompensation.

¹⁶ Även räknat i antal projekt per capita.

¹⁷ UNEP DTU 2019. CDM pipeline.org.

¹⁸ Vilket ökar kostnaderna för genomförande men kan samtidigt leda till flera parallella nyttor. Jämför IPCC (2018).

Figur 14.2 Andel förväntade reduktionsenheter (CER:s) från olika projekttyper, perioden 2013–2020



Källa: Egen bearbetning av UNEP DTU (2019), www.cdmpipeline.org

Marknadsutvecklingen

Efterfrågan på, och därmed utvecklingen av, CDM-projekt tog fart efter att Kyotoprotokollet trätt i kraft i början av 2005. Inledningsvis var det främst företag i Japan som stod för efterfrågan, eftersom de kunde använda enheterna för att uppfylla sina frivilliga utsläppståganden gentemot regeringen.

Den stora efterfrågan på reduktionsenheter från CDM-projekt och även JI-projekt uppstod därefter från verksamheter i EU:s utsläppshandelsystem, eftersom företagen kunde använda sådana enheter som utsläppsrätter för att täcka en del av sina utsläpp i utsläppshandelsystemet. Enheterna efterfrågades främst under utsläppshandelsystemets andra handelsperiod, 2008–2012.

När de inledande besluten fattades om att genomföra utsläppshandelssystemet indikerade Europeiska kommissionens dåvarande scenarier att efterfrågan, och därmed också priserna, på utsläppsrätter i systemet skulle kunna komma att bli relativt höga.¹⁹

Konsekvensanalysen (i förväg) bidrog till att regelverket utformades så att det tillät ett relativt stort inflöde av reduktionsenheter från CDM- och JI-projekt, eftersom dessa bedömdes kunna sänka utsläppsrättspriserna och öka kostnadseffektiviteten i förhållande till EU:s klimatomål 2020, och därmed även höja acceptansen för införandet av systemet.²⁰

När utsläppshandelssystemet väl hade varit i gång under några år in i den andra handelsperioden visade det sig att även andra faktorer kom att bidra till lägre priser.²¹ Bland annat uppstod ett stort överskott av utsläppsrätter och systemet har därefter stegvis behövt reformeras (se kapitel 16).

Utvecklingen av EU:s utsläppshandel ledde till att efterfrågan och priserna på reduktionsenheter från CDM-projekt sjönk kraftigt från mitten av 2011 och framåt. Den internationella efterfrågan på enheter från CDM-projekt minskade därför till nära noll efter 2012. En grundläggande orsak var att de internationella klimatförhandlingarna enbart resulterade i frivilliga minskningsåtaganden från de centrala parterna fram till 2020.²² De beslut som togs inom EU om att inte tillåta enheter från CDM-projekt kopplade till utsläpp av industrigaser²³ från 2013 och framåt hade också en central påverkan.

¹⁹ Commission Staff Working Document (2008).

²⁰ Den tillåtna mängden reduktionsenheter motsvarade halva den kumulativa utsläppsminskningen till 2020 i utsläppshandelssystemet, dvs. 0,9 miljarder ton.

²¹ Den ekonomiska nedgången som följde finanskrisen 2008, sjunkande kostnader för förnybar elproduktion samt riktade styrmedel för förnybar el och vissa energieffektiviseringsåtgärder.

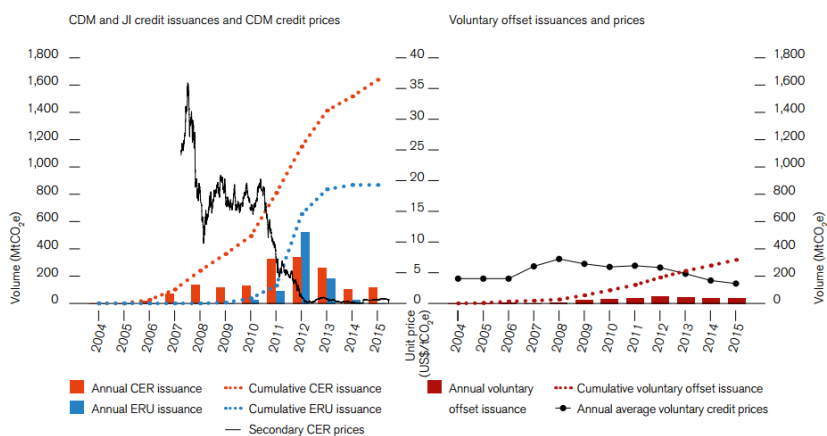
²² Cancun-överenskommelsen 2010. FCCC/CP/2010/7/add.1.

²³ Bland annat på grund av att projektens miljöintegritet ifrågasattes se, http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-10-614_en.htm

Figuren nedan visar hur priserna på sekundärmarknaden för CDM-krediter²⁴ utvecklades 2005–2015. Priserna på primärmarknaden²⁵, där bl.a. Sverige deltog och deltar (se figur 14.3 nedan) sjönk också till lägre nivåer,²⁶ samtidigt som antalet nya projekt minskade kraftigt.

De flesta CDM-projekt finansierades till stor del av inhemska investerare²⁷ som förlorade en betydande intäktskälla, när priserna på CDM-marknaden snabbt sjönk.

Figur 14.3 Utvecklingen av CDM, JI och frivilligmarknader för klimatkompensation 2004–2015



Source: UNFCCC for CDM and JI data on issuances, Intercontinental Exchange ICE for CDM data on prices, Forest Trends' Ecosystem Marketplace for data on voluntary offsets.

Källa: Världsbanken (2016).

²⁴ Handel med utfärdade CDM-enheter på börs eller mellan handlare.

²⁵ Avtal om köp av CDM-enheter som görs direkt med den som genomför projektet och som vanligtvis upprättas före eller i samband med att projektet eller åtgärden startar.

²⁶ Priserna på reduktionsenheter på primärmarknaden sattes efter utvecklingen på sekundärmarknaden under den period då efterfrågan var hög. De som träffade avtal direkt eller via fonder kunde då förvärva enheter till något lägre priser än de som handlades på den öppna marknaden, speciellt de som var tidigt ute i processen. När marknadspriset sjönk till nära noll under 2012, fortsatte en del aktörer att stötta nya projekt på primärmarknaden genom att sätta pris på enheter utifrån projektens behov av extra inkomstkälla för att genomföras. Sverige hörde till dessa aktörer.

²⁷ UNFCCC (2012).

Förloppet påverkades även av utvecklingen i de största värdländerna för CDM-projekt och den snabba utvecklingen av några centrala tekniker för förnybar elproduktion.

Efter att sekundärmarknaden i princip försvann efter 2012 fanns det en viss fortsatt efterfrågan från några länder, däribland Sverige, och från de gemensamma fonder ledda av Världsbanken, som startats inom ramen för CDM. Dessa aktörer fortsatte att stötta befintliga projekt och vissa nya projekt, särskilt i de fattigaste länderna, utifrån särskilda kriterier.

Under perioden när CDM-projekten expanderade som mest infördes även parallellt verkande nationella styrmedel i många länder, bl.a. i Kina och Indien, för att ge incitament till utbyggnaden av förnybar elproduktion. Effekten av dessa styrmedel behövde dock inte räknas in när CDM-projektens utsläppseffekt beräknades.²⁸ Utbyggnaden expanderade också snabbt. Fram till 2012 hade cirka 90 procent av de vindkraftverk som byggdes i Kina CDM-kreditering; motsvarande andel var cirka 50 procent i Indien. Efter 2012 har vindkraftsutbyggnaden fortsatt i Kina, fast utan CDM. I Indien däremot, har nya kraftverk registrerats som CDM-projekt även efter 2012.

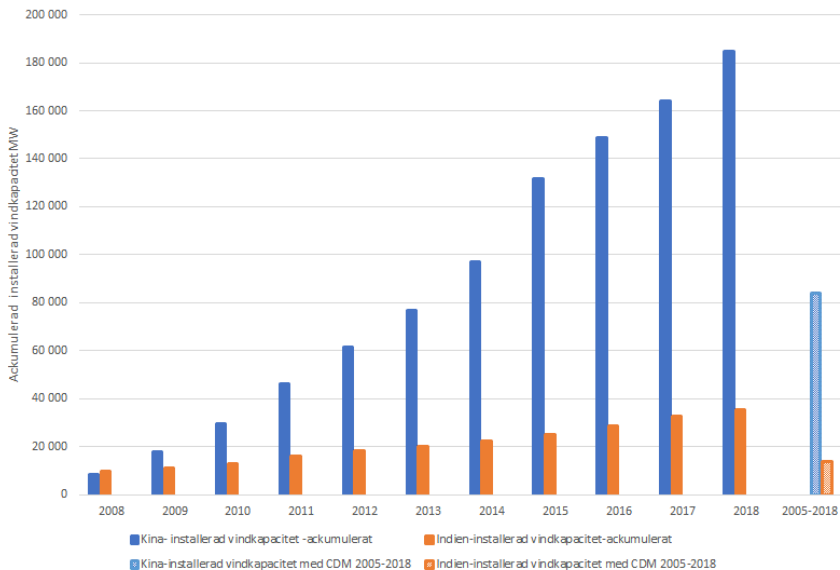
Utbyggnaden av solkraftverk har till stor del skett utan CDM i både Kina och Indien. När marknaden för solkraft tog fart hade priserna på CDM-marknaden redan sjunkit till låga nivåer.

Ökningen i Kina bidrog, vid sidan av den kraftiga expansion av förnybar el som samtidigt ägde rum i framför allt Tyskland, till att priserna för teknikerna successivt kunnat sjunka, och utbyggnaden av sol- och vindkraftverk ökar sedan dess på ett betydande sätt i länder världen över, med incitament från nationella styrmedel.²⁹

²⁸ I CDM-regelverket finns en princip som säger att ett styrmedel som bidrar till ökade utsläpp inte får räknas med i *baseline* för åtgärden om styrmedlen inte redan införts innan Kyoto-protokollets tillkomst (e+). Effekten av styrmedel som leder till att utsläppen minskar och som införts efter Kyoto-protokollets tillkomst behöver däremot inte räknas med när *baseline* beräknas, (e-). Principen infördes för att värdländerna inte skulle ges negativa incitament till att skärpa den inhemska klimatpolitiken.

²⁹ Ökningstakten är dock fortfarande inte tillräckligt hög i jämförelse med aktuella 1,5 och 2-gradersscenarier (se kapitel 15) och skiljer sig även åt mellan länder.

Figur 14.4 Installerad vindkraftskapacitet i Kina och Indien, totalt och med CDM-finansiering



Källa: IRENA och UNEPDTU RISØ samt egen bearbetning, statistiken från IRENA har startår 2008.

Sedan 2015 är utbyggnaden i världen av förnybar el- och bränsleproduktion högst i Kina, räknat som årlig nyinstallerad kapacitet, medan Indien ligger på fjärde plats i världen.³⁰ Mer än 90 procent av produktionskapaciteten i världen för solpaneler finns i Asien och har kinesiska ägare.³¹ Även produktionen av vindkraftverk är störst i Asien men är mer regionaliserad, dvs. den ligger närmare de områden där kraftverken byggs ut.³²

I och med att kostnaden för att bygga nya förnybara kraftverk minskat kraftigt har behovet minskat betydligt av CDM-krediter, eller annan typ av klimatfinansiering, för att delfinansiera den här typen av projekt.

I fattigare länder, där finansmarknaden generellt sett inte är lika utvecklad, kan dock situationen se annorlunda ut (se avsnitt 14.2.3 nedan).

³⁰ IRENA (2019), Bloomberg (2019a).

³¹ Bloomberg (2019a).

³² Ibid.

Kostnaderna för vind- och solkraftprojekt uppstår främst vid investeringstillfället medan driften av anläggningarna i första hand innebär en intäkt från försäljningen av el, förutsatt att anläggningen kopplats upp på elnätet på det sätt som avsetts. Investeringar i vattenkraft har en liknande kostnads- respektive intäktsprofil. Vind- och vattenkraftsprojekt samt solkraftprojekt som godkänts som CDM-projekt kan alltså drivas vidare trots att priserna för, och de potentiella intäkterna från, CDM-krediter ligger på mycket låg nivå. Projekten har dock fått lägre avkastning än den som antogs vid investeringstillfället. CDM-projekt kan antingen krediteras för en tioårsperiod eller för tre på varandra följande sjuårsperioder, dvs. sammanlagt 21 år.

Andra typer av CDM-projekt som har större andel löpande kostnader och inga eller små andra intäktflöden än försäljning av CDM-enheter, t.ex. deponigasprojekt eller biogasprojekt, har dock i många fall fått avbrytas eller löper risk att avbrytas när CDM-intäkterna försvinner.

14.2.3 Resultat från internationella utvärderingar av CDM-projekt

Effekterna av CDM- och JI-projekt har över tid följts upp och utvärderats i många studier inom forskning, på uppdrag av offentliga institutioner och av ideella organisationer.³³ Fokus i utvärderingarna har varit projektens påverkan på olika aspekter av hållbar utveckling i värdländerna och på om projekten lett till reella, mätbara och additionella utsläppsminskningar. De sistnämnda egenskaperna brukar även sammanfattas med begreppet miljöintegritet.

Om verifierade utsläppsminskningar i andra länder, i det här fallet CDM- och JI-projekt, ska kunna bidra till kostnadseffektiv måluppfyllelse sett ur ett globalt perspektiv är det centralt att projekten verkligen är additionella och leder till reella utsläppsminskningar.

Projekt som inte är additionella, dvs. som skulle ha genomförts även utan möjligheten till försäljning av CDM- eller JI-enheter, riskerar i stället att leda till att utsläppen ökar globalt om köparen använder reduktionsenheterna från projektet i stället för att genomföra andra åtgärder i t.ex. det egna landet.

³³ För en sammanställning av referenser fram till 2013–2014, se IPCC (2014).

I FN:s klimatpanels (IPCC) senaste stora utvärderingsrapport (AR5) från 2014³⁴ konstateras övergripande att:

Förekomsten av de flexibla mekanismerna generellt sett har bidragit till att sänka kostnaderna för genomförandet av Kyotoprotokollet men att mekanismernas miljömässiga effektivitet varit ”mindre tydlig”.

CDM-projekten skapade en marknad för klimatkompensation (”offsets”) med ursprung i utvecklingsländer, många av dessa enheter har sitt ursprung i klimatåtgärder med låga åtgärdskostnader.

CDM-mekanismen har dessutom visat sig fungera i olika länder med olikartade institutionella förhållanden.

Att den miljömässiga effektiviteten varierat beror på farhågor om additionaliteten i åtgärderna, de baselines (referensscenarior) som projektens utsläppsminskningar beräknas utifrån, möjligheterna att projekten kan ha lett till utsläppsläckage och de kraftiga prisreduktioner som skett på CDM-marknaden.

Regelverken för CDM och JI har även justerats och skärpts efter hand med hänsyn till de brister som konstaterats. Skärpningarna har främst gällt de regler som syftar till att säkra att de projekt som godkänts verkligen bidrar till utsläppseffekter utöver vad som annars hade skett.³⁵

Det utvecklades ett relativt omfattande additionalitetstest i CDM-regelverket redan 2004. Reglerna kompletterades senare med ett utvecklat investeringstest. Testet medförde dock att de administrativa kostnaderna för projektgodkännandena steg på ett sätt som kritiserades. När CDM-marknaden punkterades 2011–2012 sänktes därför kraven i additionalitetstestet för de minsta projekten för att minska de administrativa kostnaderna i relation till projektens storlek. Projekttyper under en viss storlek hamnade på en s.k. positivlista och klassades automatiskt som additionella.³⁶

³⁴ IPCC (2014), WG3 kapitel 13.

³⁵ Michaelowa och Butzengeiger (2017). Eftersom Kyotoprotokollet säger att det är upp till värdlandet för ett CDM-projekt att avgöra om projektet bidrar till hållbar utveckling har det inte gått att utveckla något särskilt CDM-regelverk rörande dessa aspekter.

³⁶ Michaelowa och Butzengeiger (2017).

En av styrkorna med mekanismerna under Kyotoprotokollet är att det har utvecklats den här typen av regelverk för att beräkna effekterna av framför allt CDM-projekt och för att så långt möjligt försöka säkerställa åtgärders additionalitet. Erfarenheterna av detta arbete finns nu med i bilden i förhandlingarna under Parisavtalets artikel 6.³⁷

Utvärderingar har över tid även pekat på att det funnits vissa CDM-projekt som genomförts på ett sätt som inte kan betraktas som ansvarsfullt i förhållande till den sociala, ekonomiska och miljömässiga utvecklingen i värdländerna. Exempelen har framför allt gällt stora vattenkraftsprojekt och projekt inom skogsplantering, dvs. projekt som tar stora markområden i anspråk.³⁸

Det finns också exempel på CDM-projekt av hög kvalitet inom framför allt energisektorn³⁹ som bidragit till flera samtidiga mervärden.⁴⁰ De värden det kan handla om är spridning av lågutsläppstekniker, diversifiering av energitillförselsektorn och ökad energisäkerhet, ökad tillgång till infrastruktur för el, fler arbetstillfällen särskilt bland kvinnor, bättre skollokaler, bostäder och hälsovård på grund av förbättrade lokaler, förbättrad kollektivtrafik, lägre utsläpp av luftföroreningar, kortare tidsåtgång för matlagning och lägre resursförbrukning. Totalt sett har den här typen av åtgärder bidragit till en välfärdsökning i de samhällen där de genomförts och därmed även till ett flertal av FN:s hållbarhetsmål.

Utvärderingar under senare år vill föra över lärdomar till utvecklingen av nya mekanismer under Parisavtalet

På senare år har ytterligare ett antal utvärderingar genomförts, ofta med ambitionen att använda lärdomarna för den fortsatta utvecklingen av mekanismer under Parisavtalet och de olika regleringsfrågor som uppstår i övergången mellan Kyotoregelverket och den nya regelboken under Parisavtalet.

³⁷ Se exempelvis Michaelowa (2019).

³⁸ IPCC (2014).

³⁹ Handlar främst om investeringar i förnybar el och energieffektiviseringsåtgärder.

⁴⁰ ADB (2017), UNFCCC (2012).

CDM-projekt för förnybar energi bedöms som tveksamt additionella i studie för Europeiska kommissionen

I en studie från Ökoinstitut m.fl.⁴¹, som publicerades 2016 på uppdrag av Europeiska kommissionen, studerades olika typer av CDM-projekts additionalitet och miljömässiga integritet i övrigt. Analysen gjordes bl.a. genom att forskarna beräknade vilket bidrag intäkterna från CDM gav till projektens samlade finansiella kalkyl. Analysen omfattade aktiva CDM-projekt från 2013 och framåt. Projekten hade i de flesta fall beslutats före 2013.

I de fall intäkterna från försäljning av CDM-enheter utgjorde en låg andel av hela projektets kalkyl klassades projekten som att de sannolikt inte var additionella.⁴²

Den här typen av resultat kan bero på att investeringskostnaderna för ett projekt är höga och övriga intäktsströmmar för projektet är betydligt större än intäkterna från CDM. Bland intäkterna ingår i en del fall, t.ex. Kina och Indien, även parallella bidrag från nationella stödssystem, se ovan.

En relativt omfattande del av CDM-projekten på energiområdet (vind-, vatten-, sol-, spillvärmeprojekt, energieffektivare belysning) fick i studien bedömningen att de sannolikt inte var additionella.

Studien utgår från beräkningar av ekonomiska förhållanden delvis i efterhand.⁴³ Ett investeringsbeslut påverkas dock även av andra faktorer.

Det handlar om att göra riskbedömningar i förväg och att få lån för en planerad investering; det ekonomiska utfallet vet den som investerar först efteråt. Det kan också handla om att incitament från en internationell investerare kan påverka de politiska besluten i landet på ett övergripande plan.

En resultatredovisning som tagits fram av FN:s klimatsekretariat illustrerar det sistnämnda.⁴⁴ I skriften framhåller företrädare både från Kina och Brasilien att CDM-programmet varit en avgörande katalysator för utvecklingen av landets egna program inom förnybar elproduktion.

I studien från Ökoinstitut m.fl. konstateras dessutom att investeringssituationen ser annorlunda ut i de minst utvecklade länderna.

⁴¹ Ökoinstitut och SEI (2016), United Nations Climate Change (2018).

⁴² Vilket hade en liten påverkan på projektens internränta.

⁴³ Detta gäller vid några olika nivåer på CDM-priser.

⁴⁴ United Nations Climate Change (2018).

I sådana länder kan t.ex. projekt för småskalig vattenkraft, solex och vindkraft fortfarande stöta på tekniska och ekonomiska barriärer av olika slag, vilket gör att intäkter från reduktionsenheter från CDM kan bidra till att projekten genomförs. Projekten kan då ändå betraktas som additionella, även om den övergripande bedömningen baserat på utvecklingen i medelinkomstländer skulle peka i en annan riktning.

Till bilden hör också att elnätet behöver balanseras på nya sätt när större mängder variabel förnybar el (sol- och vindkraft) introduceras. Det förutsätter teknisk utveckling, kompetens och investeringar och höjer därför kostnaderna för genomförande. I fattigare länder kan utbyggnaden av förnybar el dessutom behöva ske samtidigt som elnätet byggs ut, t.ex. i form av mikronät.

Projekt som reducerar metanutsläpp och nyttjar energiinnehållet i gasen, t.ex. från avfallsdeponier, och projekt som begränsar användningen av icke förnybar biomassa, t.ex. i form av energieffektivare spisar, betraktades också som i huvudsak additionella i studien från Ökoinstitut m.fl. I studien framfördes samtidigt kritik mot den höga referensnivå (baseline) som använts för att utfärda krediter kopplade till investeringar i energieffektiva spisar.

Paneldataanalys ger liknande slutsatser

En forskningsartikel i *Energy Economics* från 2018 kommer till en liknande slutsats rörande CDM-projektens påverkan på introduktionen av förnybar energi som rapporten från Ökoinstitut.⁴⁵

Artikelförfattarna, som använder en paneldataansats för 64 CDM-världsländer och kontrolländer, drar slutsatsen att CDM tydligt har bidragit till införandet av förnybar energi i länder med en mindre utvecklad inhemsk finansmarknad. Om sådana marknader har ett underskott från andra finansieringskällor kan intäkterna från CDM bidra till att finansieringen ändå kommer till stånd. Men studien visar också det motsatta – att effekten av CDM visar sig vara av mindre betydelse i länder med relativt väl utvecklade finansmarknader. Dit hör bl.a. Brasilien, Indien, Indonesien, Kina, Mexiko, Sydafrika och Sydkorea, dvs. de länder där majoriteten av CDM-projekten genomförts.

⁴⁵ Kim och Park (2018).

Artikelförfattarna menar att den nya artikel 6.4-mekanismen under Parisavtalet i första hand borde utvecklas så att den kan användas i länder där finansmarknaderna inte är väl utvecklade.

Det kan finnas anledning att skilja mellan CDM-projekt som riskerar att avbrytas och mer robusta CDM-projekt

Ett diskussionspapper framtaget av New Climate Institute m.fl.⁴⁶ på uppdrag av det tyska Naturvårdsverket (Umweltbundesamt, UBA) ger en liknande bild som studierna ovan. Ambitionen i studien är inte att utvärdera additionaliteten i CDM-projekt, vilken prövades när projektet beslutades, utan att undersöka hur stora volymer i form av ytterligare reduktionsenheter som pågående CDM-projekt⁴⁷ skulle kunna ge fram till 2020 och till vilka marginalkostnader. Enligt studien finns det en omfattande potential på uppemot 3,7 miljarder ton vars marginalkostnad är lägre än 1 euro per ton, främst från pågående projekt för förnybar elproduktion i form av vindkraftverk och vattenkraftverk. Sådana projekt betraktas som robusta, dvs. egentligen inte i behov av ytterligare CDM-intäkter för sin fortsatta drift. Ytterligare 0,7 miljarder ton reduktionsenheter kommer från mer sårbara projekt till högre marginalkostnader.

De mer sårbara CDM-projekten kan enligt studien komma att stoppas om inte ytterligare CDM-intäkter erhålls.⁴⁸ Bland dessa finns t.ex. ovan nämnda projekt som samlar in och destruerar metangas.

I diskussionspapperet konstateras vidare att om ingen inskränkning görs i hur enheterna från robusta projekt får användas framöver, t.ex. inom Internationella civila luftfartsorganisationens (ICAO) program *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* (CORSIA) (se avsnitt 15.2.5.) så kan den bedömda efterfrågan från CORSIA fram till 2035 potentiellt helt täckas av den här typen av enheter.

I de internationella förhandlingarna om Parisavtalets regelbok kopplade till artikel 6 (se avsnitt 14.3.4) är frågan om överföring av CDM-enheter under Parisavtalet fortfarande en öppen fråga.

⁴⁶ UBA (2018).

⁴⁷ CDM-projekt kan maximalt krediteras under en period av tio år eller alternativt under tre perioder på sju år.

⁴⁸ Norge har i sitt statliga inköpsprogram inriktat sig på projekt som är under *risk of discontinuation*.

14.2.4 Svenska insatser för klimatåtgärder i andra länder

Sverige bidrar på flera sätt till klimatomställningen i andra länder genom olika former av finansiering av åtgärder som sänker utsläpp eller bidrar till klimatanpassning, framför allt inom ramen för utvecklingssamarbete (se nedan), bidrag till teknikspridning och stöd till kapacitetsuppbyggnad.⁴⁹ Insatserna har ökat i omfattning under senare år och omfattar allt fler institutioner och finansieringsformer. Sverige har dessutom, tillsammans med andra utvecklade länder, ett åtagande enligt klimatkonventionen att bidra till finansiering av klimatåtgärder i utvecklingsländer. Insatserna redovisas vartannat år till FN.

Svenskt utvecklingssamarbete stödjer klimatåtgärder

Styrelsen för internationellt utvecklingssamarbete, Sida, har som främsta uppgift att på uppdrag av regeringen och riksdagen arbeta för att minska fattigdomen i världen. Myndigheten bedriver ett fördjupat utvecklingssamarbete i 35 länder och kanaliserar ungefär hälften av det svenska biståndet. Resten förmedlas via Utrikesdepartementet.

Miljö- och klimatfrågor är ett av fem huvudperspektiv för de svenska biståndsinsatserna och frågorna ska därför integreras i svenska biståndssamarbeten. Sida ökar också, enligt myndighetens senaste årsredovisning, stödet till såväl klimatanpassning som åtgärder för utsläppsminskning i myndighetens samarbetsländer, dvs. främst i de minst utvecklade länderna i världen, där fattigdomen är störst.⁵⁰

Sverige avsätter i genomsnitt en procent av landets bnp för biståndsinsatser. Insatserna med viss klimatinriktning beräknades 2018 sammanlagt uppgå till drygt 6 miljarder kronor per år, dvs. cirka 12 procent av de totala biståndsmedlen.⁵¹ Det är främst dessa insatser som Sverige redovisar som landets bidrag vad gäller klimatfinansiering under klimatkonventionen.

Biståndet med klimatinriktning, inklusive bidragen till multilaterala fonder, beräknades 2018 till drygt 15 procent gå till utsläppsminskningsåtgärder, knappt 40 procent till anpassningsåtgärder och till drygt 45 procent till projekt med effekter på flera områden sam-

⁴⁹ Swedens fourth Biennial report 2019 under the UNFCCC.

⁵⁰ SIDA (2018).

⁵¹ Swedens fourth Biennial report 2019 under the UNFCCC.

tidigt, där klimateffekter ingår som ett område bland flera. Insatserna med utsläppsminskning som huvudinriktning eller delsyfte beräknades 2018 uppgå till sammanlagt drygt 1 miljard kronor. Någon särskild resultatredovisning, exempelvis i form av beräknade utsläppsminskningar, kopplad till dessa insatser redovisas inte.

Enligt Parisavtalet ska de utvecklade ländernas bidrag till anpassningsåtgärder och utsläppsminskingsåtgärder vara ungefär lika stora. Genom att betona stöd till anpassning inom det internationella klimatarbetet så har Sverige bidragit till en övergripande balans, eftersom andra länders insatser mer riktats mot åtgärder för utsläppsminskningar.

En stor del av det svenska biståndet sker via bilaterala samarbeten, där inriktningen på de åtgärder som genomförs i stor utsträckning bestäms utifrån det mottagande landets behov.

Sverige är, vid sidan av de bilaterala samarbetena, även givarland i en rad olika internationella fonder. Sverige är bl.a. den största bidragsgivaren räknat per capita till den gröna klimatfonden (GCF) och den globala miljöfaciliteten (GEF) som båda inrättats under klimatkonventionen.

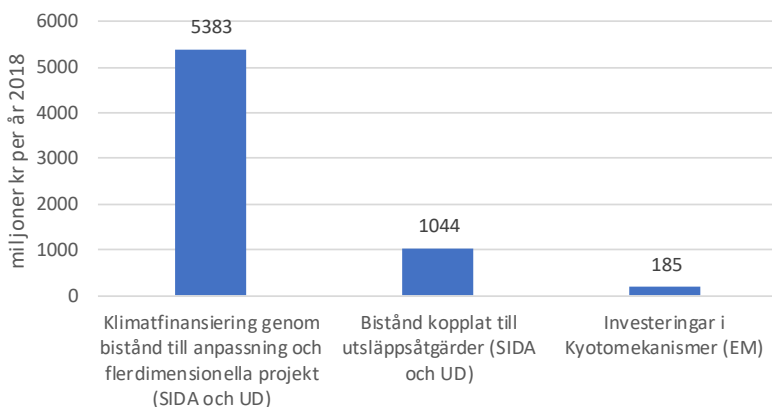
De medel som använts för att förvärva utsläppsminskningenheter från projekt inom ramen för Energimyndighetens program för internationella klimatinvesteringar (som senare annullerats för att de inte bedömts behövas för att uppnå måluppfyllelse mot det nationella klimatmålet) räknas även de som klimatfinansiering, se nästa avsnitt.

Till dessa projekt finns en resultatredovisning enligt regelverket för CDM och JI, vilket gör att det går att beräkna en effekt för dessa insatser i form av undvikna utsläpp eller minskade utsläpp av växthusgaser kopplade till medlen. På så sätt utgör projekten s.k. resultatbaserad klimatfinansiering. Finansieringen av annullerade krediter har i genomsnitt uppgått till cirka 50 miljoner kronor per år 2013–2016.⁵² De samlade kostnaderna för förvärv av reduktionsenheter uppgick samtidigt till knappt 200 miljoner kronor per år samma period.

⁵² Swedens seventh national communication on climate change under the UNFCCC, and the Kyoto Protocol, NC7.

Proportionerna mellan de olika insatserna 2018 framgår av figur 14.5. I figuren redovisas även, som jämförelse, hela investeringen i Kyotomekanismer samma år men det är enbart inköpet av krediter som senare annullerats som redovisas som klimatfinansiering.

Figur 14.5 Bistånd och andra offentliga investeringar som bidrog till klimatåtgärder utomlands 2018



Källa: Biennial report (2019).

Investeringar genom mekanismer för utsläppsminskningar

En mindre del av de svenska klimatinsatserna internationellt utgörs alltså av investeringar i mekanismer under Kyotoprotokollet och i utvecklingsarbete för framtida insatser under Parisavtalet.

Insatserna kopplade till klimatkonventionen och Kyotoprotokollets framväxt har bedrivits under lång tid. Under 1990-talet skedde det genom att Sverige erbjöd s.k. mjuka lån inom ramen för klimatkonventionens *Activity Implemented Jointly (AIJ)*, främst till länder i före detta Sovjetunionen och i Östeuropa, som en del av dessa länders omställning efter Warszawapaktens kollaps.

År 2002 initierade den dåvarande svenska regeringen ett program för insatser inom ramen för Kyotoprotokollets flexibla mekanismer. Programmet var i inledningen främst inriktat på JI-projekt men fokuserade senare främst på CDM. Programmets mål och inriktning har skiftat över åren och programmets budget har också varierat från mellan 20 miljoner kronor per år i början av 2000-talet till över 250 miljoner kronor per år i början av 2010-talet.

Programmets mål och syfte har över tid varit att bidra till att mekanismerna för internationell utsläppshandel och klimatfinansiering utvecklas internationellt, samtidigt som uppdraget också varit att genomföra internationella klimatinvesteringar. Programmet fick tidigt i uppgift att bidra till utvecklingen av CDM-projekt som skulle kunna genomföras i de minst utvecklade länderna i världen, framför allt i Afrika.⁵³

Genom propositionen *En sammanhållen klimat- och energipolitik – Klimat* (prop. 2008/09:162) om ett nationellt klimatmål till 2020 (se faktaruta nedan) fick programmet också i uppgift att förvärva en relativt stor volym av framför allt CDM-enheter – ett omfattande förvärv som genomförts under 2010-talet.

Faktaruta

Det nationella klimatmålet till 2020

Etappmålet för miljö kvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan* anger att utsläppen för Sverige 2020 bör vara 40 procent lägre än utsläppen 1990. Etappmålet gäller de verksamheter som inte omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter. Minskningen ska ske genom utsläppsreduktioner i Sverige och i form av investeringar i andra EU-länder eller flexibla mekanismer som mekanismen för ren utveckling (CDM).

I klimatpropositionen från 2008 angavs att det nationella målet ska nås genom två tredjedelar nationella insatser och en tredjedel internationella insatser. I de av riksdagen beslutade budgetpropositionerna för 2013 och 2014 angavs att de internationella insatsernas bidrag till etappmålet bör uppgå till 40 miljoner ton fram till 2020.⁵⁴

⁵³ Green Stream (2018).

⁵⁴ Volymen hade räknats fram utifrån att även utsläppsminskningarna utomlands behöver ske kontinuerligt över tid och successivt öka för att 2020 nå upp till en tredjedel av minskningsbehovet. Utsläppsminskningarna om sammanlagt 40 miljoner ton avsåg perioden 2013–2020.

Sveriges program för internationella klimatinsatser

Energimyndigheten ansvarar för Sveriges program för internationella klimatinsatser. Myndigheten åiterrapporterar resultat från programmet varje år.⁵⁵

Enligt Energimyndighetens instruktion ska myndigheten genomföra internationella klimatinvesteringar genom att delta i och förvärva certifierade utsläppsminskningenheter från projekt och program i utvecklingsländer. Syftet är att dels bidra till att Sveriges internationella åtaganden och nationella mål inom klimatområdet uppnås, dels bidra till att mekanismer för internationell utsläppshandel och klimatfinansiering utvecklas.⁵⁶

Myndighetens uppdrag inom området styrs även av anslagets regleringsbrev.⁵⁷

Sedan 2010-talets mitt har programmets inriktning ändrats till att främst fullgöra tidigare beslut om stöd till internationella klimatinsatser inom CDM och JI utan att ingå några nya avtal om förvärv av CDM-enheter samt att verka för att dessa projekt, om det finns behov av det, ska kunna leverera utsläppsminskningenheter även några år efter 2020 (till 2022 enligt befintliga avtal).

Myndigheten ska också särskilt följa upp hur projekten bidrar till ekonomisk, social och miljömässig hållbarhet i värdlandet och därmed stärker lokala samhällen och deras utveckling samt bidra till utvecklingen av de internationella samarbetsformerna under Parisavtalets artikel 6.

Resultat

När resultatet av programmet för internationella insatser från 2002 fram till 2018 summeras kan konstateras att det sammanlagt (2018) omfattar 91 bilaterala projekt och program (89 CDM- och 2 JI-projekt/-program) samt deltagande i 7 aktiva multilaterala fonder och 3 fonder som avslutats.⁵⁸ Med de multilaterala fonderna omfattar

⁵⁵ Se Regleringsbrev för budgetåret 2019 avseende Anslag 1:12 Insatser för internationella klimatinvesteringar.

⁵⁶ Förordningen (2014:520) med instruktion för Statens energimyndighet.

⁵⁷ Regleringsbrev för budgetåret 2019 avseende Anslag 1:12 Insatser för internationella klimatinvesteringar.

⁵⁸ Baserat på antalet projekt och program som har eller planeras leverera utsläppsminskningenheter till Energimyndigheten. Projekt som kontrakterats och sedan avslutats utan levererade utsläppsminskningenheter inkluderas inte.

programmet projekt i sammanlagt 56 länder, varav 29 i bilaterala projekt.

Det svenska bilaterala programmet ger i första hand stöd till insatser inom förnybar energi, energieffektivisering och avfallshandling (omhändertagande av metangas). Sveriges relativt omfattande projektportfölj gör landet till den åttonde största köparen av internationella projektmekanismer räknat i antal projekt.⁵⁹

Projekten beräknas hittills ha bidragit till utsläppsminskningar motsvarande 22,5 miljoner ton verifierade koldioxidekvivalenter totalt.⁶⁰ Insatserna har sammanlagt inneburit ett finansiellt stöd på 732 miljoner kronor till enskilda projekt och 811 miljoner kronor till fonder räknat från och med 2001. Delar av dessa reduktionsenheter har senare annullerats och redovisats som resultatbaserad klimatfinansiering.

Myndigheten har kontrakt på ytterligare 758 miljoner kronor i finansiellt stöd till projekt och fonder kopplade till cirka 13,6 miljoner ton verifierade koldioxidekvivalenter.

De cirka 36 miljoner ton reduktionsenheter som sammanlagt omfattas av programmets avtal beräknas med nuvarande valutakurser (november 2019) innebära en totalkostnad på cirka 2,3 miljarder kronor för perioden 2001–2022.⁶¹

Den beräknade genomsnittliga kostnaden för reduktionsenheterna från de projekt som i dagsläget ingår i portföljen uppgår till cirka 60 kronor per ton koldioxidekvivalenter. Beloppet motsvarar myndighetens direkta kostnader för de enheter som projekten genererar – inte hela kostnaden för projektets genomförande (se nästa avsnitt).

Skillnad mellan kostnader för förvärv av reduktionsenheter och åtgärds-kostnader

Kostnaden per reducerad mängd koldioxid är inte liktydig med projektens åtgärds-kostnad. För att beräkna den sistnämnda behöver beräkningen omfatta åtgärdens hela kostnads- och intäktskalkyl, som regel jämförd med en alternativ investering.

⁵⁹ Green Stream (2018).

⁶⁰ Energimyndigheten (2019b).

⁶¹ Dessa siffror kan dock ändras över tid eftersom avtal med enskilda projekt och fonder har tecknats i utländsk valuta (euro eller US-dollar) och utbetalningarna fördelas över många år.

CDM-kreditering innebär i princip att projektet i fråga under en bestämd tidsperiod ges en extra intäkt vid dess genomförande – en intäkt som förbättrar projektets hela investeringskalkyl och skapar extra säkerhet. I projekt i fattigare länder kan insatserna samtidigt vara föremål för biståndsmedel, fördelaktiga lån och så vidare. Projekten kan samtidigt omfattas av nationella styrmedel, t.ex. i form av inmatningstariffer för förnybar el (se avsnitt 14.2.2).

Additionalitet

De reduktionsenheter som levereras inom ramen för Sveriges insatser internationellt har alla varit föremål för en additionalitetsbedömning enligt regelverket för CDM och blivit godkända före leverans (se avsnitt 14.2.3. Dessa insatser har dessutom en sådan övergripande inriktning och regional spridning att de även utifrån resultaten från de i avsnitt 14.2.3 refererade utvärderingarna huvudsakligen kan bedömas ha varit additionella.

Typ av projekt och regional spridning

Sveriges program för internationella insatser omfattar projekt som i första hand minskar utsläppen av växthusgaser genom åtgärder för förnybar energi och energieffektivisering samt avfallshantering.

En stor andel av de projekt som Energimyndigheten stödjer bilateralt genomförs i de minst utvecklade länderna eller i mindre utvecklade medelinkomstländer som i allmänhet har en svag institutionell kapacitet och ett mindre gynnsamt investeringsklimat, dvs. svagare finansiella marknader.

Genom deltagandet i multilaterala fonder finansierar Energimyndigheten även en något högre andel CDM-projekt som hör till de vanligaste typerna globalt, dvs. stor- och småskalig vattenkraft och vindkraft. Projekten genomförs även delvis i länder med högre medelinkomst och bättre utvecklade finansmarknader, dvs. de länder som är störst bland värdländerna inom CDM, totalt sett. De av myndigheten utvalda fonderna har dessutom en större geografisk och teknisk spridning än genomsnittet för CDM globalt.

Uppföljning av bidrag till hållbar utveckling

Energimyndigheten ska enligt myndighetens regleringsbrev särskilt följa upp hur projekten bidrar till ekonomisk, social och miljömässig hållbarhet i världsländet och därmed stärker lokala samhällen och deras utveckling.

Inom ramen för de bilaterala insatserna har myndigheten prioriterat projekt inom förnybar energi och energieffektivisering, projekt som minskar utsläpp av metan och projekt som minskar uttaget av s.k. icke förnybar biomassa genom energieffektivare spisar. Den här typen av projekt bedöms generellt sett ge bidrag till många samtidiga nyttor i världsländerna och därmed bidra till hållbar utveckling.⁶²

För att bättre kunna följa upp och åskådliggöra projektens bidrag till hållbar utveckling har myndigheten även påbörjat en kartläggning utifrån FN:s globala hållbarhetsmål. Syftet är bl.a. att kartläggningen ska bidra till förhandlingarna om samarbetsformerna under artikel 6 av Parisavtalet.

Lärdomar från genomförandet av det svenska programmet

I en nyligen genomförd uppföljning⁶³ av det svenska programmet för internationella klimatåtgärder som syftade till att summera några av de främsta lärdomarna som programmet lett till konstateras bl.a. att:

- programmet kunnat bidra till utvecklingen av Kyotoprotokollets flexibla mekanismer, särskilt i de allra fattigaste länderna,
- blandningen av deltagande i både bilaterala och multilaterala projekt varit bra eftersom erfarenheterna betjänade varandra,
- praktiska erfarenheter av direkta förvärv gav nyttiga erfarenheter som kunde bidra till de svenska bidragen i den internationella förhandlingsprocessen och i deltagandet i CDM-styrelsen; även det omvända gällde,
- erfarenheterna från genomförandet av CDM-projekt har bidragit till arbetet med kapacitetsutveckling i utvecklingsländer,

⁶² Energimyndigheten (2019b).

⁶³ Green Stream (2018).

- det har varit en utmaning för en offentlig myndighet att agera som köpare på en marknad där också privata företag agerar,
- programmets syften har varierat över tid, varit flerfaldiga och tidvis varit svåra att uppfylla i alla delar; det har exempelvis visat sig svårt att sprida svensk teknik via programmet för internationella klimatåtgärder,
- uppdraget att förvärva en relativt stor mängd utsläppsenheter i förväg inför ett mål som skulle uppfyllas på tio års sikt skapade en form av inlåsningsmekanism för programmet, eftersom instrumentet (CDM och JI-projekt) samtidigt minskade i betydelse internationellt, och den stora omfattningen begränsade därtill möjligheterna att samtidigt delta i det internationella utvecklingsarbetet av nya mekanismer på önskvärt sätt.

14.2.5 Lärdomar från de flexibla mekanismernas utveckling under Kyotoprotokollet

De flexibla mekanismernas utveckling under Kyotoprotokollet illustrerar talesättet att det är mycket svårt att göra förutsägelser, särskilt om framtiden.⁶⁴

En lärdom som kan dras av utvecklingen är att beslut om klimatmål, styrmedel och de ramar som sätts för handel mellan länder och regioner alltid behöver ta hänsyn till den stora osäkerhet som finns i referensscenarier (*baselines* eller *business as usual*-scenarier), när sådana scenarioanalyser används som beslutsunderlag.

Om marknader för handel med utsläppsbegränsningsresultat mellan länder ska kunna utvecklas och bibehållas över tid, trots alla osäkerheter, behöver ambitionerna i de målnivåer som sätts vara betydligt högre än de som parterna åtog sig under Kyotoprotokollet. De behöver också kunna utvecklas med återkommande uppföljningar och justeringar eller ha en inbyggd flexibilitet redan från start.

Intresset för handel mellan länder under Kyotoprotokollet hämmades också redan från start av att det bedömdes finnas s.k. hetluft bland ländernas åtaganden.

Vid mindre ambitiösa mål som visar sig enklare att uppnå än vad som bedömts på förhand finns dessutom en risk att utbudet blir

⁶⁴ Brukar tillskrivas den danske nobelpristagaren Niels Bohr.

betydligt större samtidigt som efterfrågan minskar – något som också blev fallet när Kyoto-protokollet genomfördes.

Även Parisavtalet har några av de ingredienser som kan leda till att intresset minskar och förutsättningarna för att det ska växa fram marknader blir små, bl.a. eftersom målnivåerna inte är ambitiösa nog och även denna gång bedöms kunna innehålla hetluft (se nästa avsnitt).

Insikten att scenarier är osäkra är även viktig att ha med i bilden, eftersom en stor del av de nationella klimatplanerna under Parisavtalet har en konstruktion som innebär att målen satts i relation till en utveckling med dagens beslutade styrmedel, dvs. i förhållande till ett osäkert referensscenario.

Samtidigt är det viktigt att beakta att det faktum att det funnits med en möjlighet att på ett mer flexibelt sätt nå uppsatta mål genom åtgärder i andra länder har varit en möjliggörare att nå fram till beslut i tidigare förhandlingar. Även denna erfarenhet är värdefull att ha med när ambitionsnivån nu behöver höjas under Parisavtalet.

Prisutvecklingen på enheter från CDM-projekt under Kyoto-protokollet kan också ge viss inblick i hur priserna på artikel 6-enheter kan komma att utvecklas.

De låga priserna på CDM-projekt har flera förklaringar. En förklaring är att det skett en samfinansiering av projekten och en annan förklaring är att en del projekttyper också har haft andra intäkter (eller kostnadsbesparingar) vid sidan av intäkterna från försäljning av reduktionsenheter. Det sistnämnda handlar framför allt om intäkter från försäljning av el och från parallella nationella styrmedel. När den beräknade utsläppsminskningen av åtgärden sedan enbart kopplas till CDM-enheterna blir kostnaden per reducerad mängd växthusgas låg. Hur reduktionen av utsläppen beräknas (mot vilket referensscenario) har också betydelse för resultatet. De låga priserna förklaras också delvis av att projekten varit kopplade till åtgärder med särskilt låga åtgärds-kostnader och låga barriärer för genomförande i värdländerna. De mycket låga priserna som uppstod från 2011 och framåt hänger främst samman med den efterfrågeutveckling som skedde på marknaden.

När nya mekanismer nu ska utvecklas under Parisavtalet är det inledningsvis rimligen bl.a. den typ av åtgärder som framför allt CDM-marknaden sökt upp som värdländerna nu själva (helt eller delvis) behöver genomföra, för att uppfylla sina egna initiala bidrag

under Parisavtalet, men då kommer även bedömningen av additionalitet behöva förändras. Det innebär i sin tur sannolikt att kostnaden för framtida utsläppsbegränsningsenheter kommer vara högre än den som uppstod under CDM-perioden.

Styrmedel som innebär en form av incitamentsgivning under en längre tidsperiod, t.ex. genom en internationell kreditering, riskerar att stöta på särskilda utmaningar på områden där det sker en snabb teknikutveckling, där kostnaderna för tekniken sjunker och där utvecklingen går mot att åtgärderna kan genomföras med allt lägre incitamentsnivåer. Det innebär också en extra utmaning att säkerställa additionalitet på ett område där det finns parallella nationella styrmedel.

14.3 Parisavtalet skapar nya förutsättningar

14.3.1 Ambitionsnivån behöver höjas

Enligt Parisavtalet ska den globala uppvärmningen begränsas till betydligt under 2 grader Celsius, med en fortsatt strävan efter att hålla uppvärmningen under 1,5 grader Celsius jämfört med förindustriell nivå. Ambitionsnivån i den internationella klimatpolitiken behöver därmed höjas till en helt ny nivå jämfört med tidigare. I avtalet framhålls också vikten av klimatkonventionens principer om rättvisa, hållbar utveckling och fattigdomsbekämpning.

Parisavtalets mål ska nås genom att länderna lägger fram och genomför ambitiösa nationella klimatplaner, NDC:s.

Gapet mellan Parisavtalets temperaturmål och ambitionen i de nuvarande klimatplanerna under avtalet är samtidigt mycket omfattande (se t.ex. IPCC:s 1,5-gradersrapport⁶⁵ och UNEP:s Emissions Gap Report⁶⁶). Betydande ambitionshöjningar kommer därför krävas av alla parter i den fortsatta processen. Ett av budskapen från IPCC:s 1,5-gradersrapport är att utsläppsutvecklingen den närmaste tioårsperioden har avgörande betydelse.

⁶⁵ IPCC (2018).

⁶⁶ UNEP (2019).

14.3.2 Parterna lämnar in nationella klimatplaner som stegvis behöver skärpas

I artikel 4 i Parisavtalet finns bestämmelser som är avsedda att bana väg för en progressiv skärpning av ländernas nationella klimatplaner. Enligt bestämmelserna ska varje part meddela sin klimatplan vart femte år.⁶⁷

De första klimatplanerna sträcker sig antingen till 2025 eller 2030. Under 2020 behöver därför de parter vars planer sträcker sig till 2025 lämna in nya, och förhoppningsvis ambitiösare, planer med 2030 som slutår. Planerna behöver också bli mer heltäckande, dvs. omfatta en större del av växthusgasutsläppen i landet än de gör i dag. Parter som har 2030 som slutår, det gäller t.ex. EU, behöver i stället i princip endast uppdatera sin NDC 2020 men kan även använda tillfället till att höja ambitionsnivån i sitt bidrag.⁶⁸

Till stöd i processen ska parterna regelbundet utvärdera genomförandet för att bedöma de sammanlagda och kollektiva framstegen (en s.k. global översyn). Den första globala översynen ska genomföras 2023 och därefter vart femte år.⁶⁹

De nationella klimatplanerna innehåller information om vilket mål bidragen ska resultera i, hur målen ska beräknas och vilka sektorer de omfattar. Planerna ska i princip representera ländernas högsta möjliga ambitionsnivå under den tid som bidraget omfattar, med hänsyn tagen till skillnader i ansvar och förmåga samt i ljuset av nationella förhållanden.

Den vanligaste målkonstruktionen i medelinkomstländernas klimatplaner är att bidraget uttrycks som en eller flera utsläppsnivåer under ett referensscenario. En vanlig konstruktion är också att delar av den nationella klimatplanen, i form av en lägre målnivå, avses genomföras genom åtgärder som bekostas av det egna landet utan villkor, medan andra delar, i form av en mer ambitiös målnivå, villkoras med att åtgärderna får finansiering från andra. (Se faktaruta nedan.)

Utgångspunkten för de nya klimatplanerna och de uppdateringar som görs är dock att summan av parternas nuvarande klimatplaner inte är tillräckliga i förhållande till avtalets temperaturmål och att alla

⁶⁷ Det står parterna fritt att justera sina bidrag när som helst under processen. Justeringarna förutsätts innebära en ambitionshöjning.

⁶⁸ Ambitionen är att alla parter ska ha samma tidsramar i sina planer från 2031.

⁶⁹ Formerna för den globala översynen regleras i artikel 14.

parter därför behöver höja sina ambitioner utifrån landets specifika förhållanden.

Parterna under Parisavtalet är också inbjudna⁷⁰ att lämna in en långsiktig lågutsläppsstrategi (*low emission development strategy*, LEDS) under 2020. Tanken är att parterna med stöd av den långsiktiga strategin tydligare ska se behovet av att utveckla och höja ambitionen i den mer kortsiktiga klimatplanen.

14.3.3 Samarbeten för att genomföra nationellt fastställda bidrag

Parisavtalet innebär även att samarbeten behöver genomföras mellan länder till stöd för de nationella klimatplanernas genomförande. Stöd ska ges till parter som är utvecklingsländer, i enlighet med artikel 9 (finansiering), artikel 10 (teknikutveckling och tekniköverföring) och artikel 11 (kapacitetsuppbyggnad) i avtalet.

Enligt artikel 9 ska de utvecklade länder som är parter under avtalet tillhandahålla finansiella resurser för att bistå parter som är utvecklingsländer i fråga om både utsläppsbegränsningar och åtgärder för anpassning. Bestämmelserna i artikel 9 innebär en fortsättning på befintliga åtaganden enligt klimatkonventionen.

Enligt beslutet vid COP21 har de utvecklade länderna för avsikt att fortsätta sitt befintliga kollektiva mål om att från 2020 mobilisera 100 miljarder US-dollar per år till klimatfinansiering. Ambitionen gäller fram till 2025; därefter är avsikten att målet ska höjas. Förhandlingen om finansieringsmål för perioden efter 2025 ska starta 2020.

14.3.4 Nya marknadsbaserade och inte marknadsbaserade ansatser är under utveckling

Parisavtalet ger också en möjlighet för parter att frivilligt samarbeta när de genomför sina nationella klimatplaner för att möjliggöra en högre ambitionsnivå både för utsläppsbegränsningar och anpassningsåtgärder och för att främja en hållbar utveckling och miljöintegritet (artikel 6.1). Samarbeten under artikel 6 omfattar även användning av utsläppsbegränsningsresultat som kan handlas mellan länder.

En ambition är även att regelboken för samarbeten mellan länder ska tillåta bredare ansatser på lands- eller sektornivå i syfte att bidra

⁷⁰ "Ska också sträva efter".

till omställningen. Därmed möjliggörs för mer storskaliga utsläppsminskningar och ambitionsnivåhöjningar jämfört med den tidigare mer projekt- och programorienterade inriktningen under Kyotoprotokollet. Av det följer att insatserna behöver kopplas till och hänga ihop med de nationella klimatplaner som länderna lämnat in under avtalet.

Det är värt att notera skillnaden mellan Kyotoprotokollets betoning på kostnadseffektivitet⁷¹ i samband med de flexibla mekanismerna och Parisavtalets betoning på att ländernas samarbeten ska bidra till en ambitionshöjning.

Regelboken för artikel 6 är inte antagen ännu

Vid klimatmötet i Katowice 2018 (COP24) lyckades parterna komma överens om stora delar av den regelbok som ska utgöra grunden för att genomföra Parisavtalet. Den del som inte kom på plats var regelboken under artikel 6. Vid klimatmötet i Madrid (COP25), nådde arbetet med regelboken för artikel 6 långt i sina tekniska detaljer men förhandlingarna behövde ändå till slut skjutas fram till nästa klimatmöte (COP 26), eftersom parterna inte lyckades komma överens om några av de mest centrala bestämmelserna.

Artikel 6 öppnar för två typer av internationella marknadsbaserade tillvägagångssätt till stöd för utsläppsminskningar i form av kooperativa samarbeten (t.ex. i form av regionala handelssystem) enligt artikel 6.2 och en ny mekanism enligt 6.4. Enligt artikel 6 sätts även ramar för ett tillvägagångssätt för icke marknadsbaserade samarbeten (artikel 6.8).

Oenigheten vid partsmötet i Madrid rörde framför allt reglerna i artikel 6.4 för hur dubbelräkning ska kunna undvikas samt hur den möjliga överföringen av enheter från tidigare Kyotoperioder ska kunna begränsas. I och med att regelboken för artikel 6 inte antogs vid mötet i Madrid är det dock inte uteslutet att även andra frågor kopplade till regelboken nu åter öppnas. I kommande avsnitt ges en övergripande beskrivning av hur förslaget till regelbok under Parisavtalets artikel 6.2 och 6.4 utvecklats så här långt. Beskrivningen bör dock läsas med det övergripande förbehållet att regelboken ännu inte är antagen.

⁷¹ Att underlätta för Annex 1-ländernas genomförande av sina åtaganden.

Faktaruta

Nationella klimatplaner och marknadsbaserade ansatser

De nationella klimatplanerna och samarbetsformerna under artikel 6 är i hög grad inriktade mot att det ska kunna göras en kreditering mot ett referensscenario (en *baseline* eller ett *business as usual*-scenario).

Ansatsen förutsätter att robusta bedömningar kan tas fram om hur utsläppen av växthusgaser utvecklas utan skärpt politik i värdlandet i fråga, i form av ett referensscenario. Landet sätter sen utsläppsmål som innebär en minskning i förhållande till den antagna utvecklingen. Målen kan vara ovillkorade eller villkorade och kan inledningsvis omfatta hela eller delar av ekonomin.

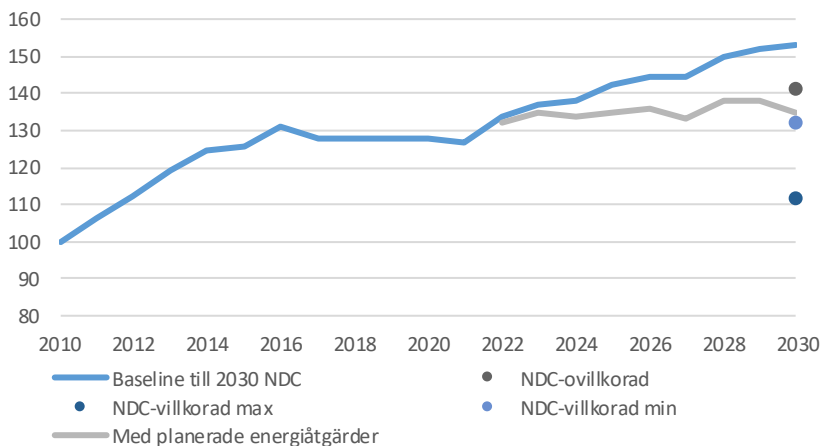
Ett ovillkorat mål ska huvudsakligen kunna nås med insatser av det egna landet. Finansiering från andra länder, företag och så vidare kan också bidra, men det är inget villkor för måluppfyllelse.

Ytterligare utsläppsminskningar, för att t.ex. nå ett eventuellt villkorat mål eller längre, förutsätter extern finansiering men kan eventuellt också bli föremål för handel mellan länder genom kreditering. När en kreditering görs överförs dock delar av utsläppsminskningen till köparlandet och ytterligare åtgärder behöver då genomföras för att nå det uppsatta målet i värdlandet. För att en sådan överföring inte ska resultera i dubbelräkning av utsläppsminskningar krävs en motsvarande justering (*corresponding adjustment*) av utsläppsredovisningen i utsläppsrapporteringen.

I figur 14.6 nedan illustreras hur målnivåerna i en nationell klimatplan kan se ut i ett medelinkomstland, i det här fallet Chile. Utsläppsnivån 2010 har satts till 100.

Figur 14.6 Nationell klimatplan för Chile

2010=index 100



Källa: Climate Action Tracker.

Artikel 6.2, överföring av resultat från utsläppsminskningar mellan två parter

Artikel 6.2 ger riktlinjer för vad som bör gälla mellan två parter som frivilligt vill träffa en bilateral överenskommelse om att föra över uppnådda utsläppsbegränsningsenheter mellan sig. Enheterna benämns ITMOS (*internationally transferable mitigation outcomes*). En sådan överföring kan t.ex. vara aktuell mellan parter som ingår i ett gemensamt utsläppshandelssystem men har lämnat in separata klimatplaner.⁷²

Enheterna under artikel 6.2 behöver inte godkännas i en process styrd av parterna under Parisavtalet.

Formerna för transfereringarna ska dock omfattas av riktlinjer under Parisavtalets regelbok och de föreslås även bli föremål för återkommande granskningar organiserade av Parisavtalets parter. Resultatet av dessa granskningar ska tas upp på partsmötena, och riktlinjerna kan komma att ändras över tid.

En central del i regelboken, kopplad till artikel 6.2-transfereringar, är att säkerställa att överföringen av ITMOS inte leder till dubbelräkningar. Världlandet som säljer enheterna och köparlandet behöver

⁷² Gäller t.ex. mellan Schweiz och EU.

därför justera de utsläpp som är kopplade till deras respektive nationella klimatplaner på ett sätt som motsvarar antalet överförda enheter över tid.

Regelboken behöver därmed också hantera att länder med s.k. punktmål i sina klimatplaner använder ITMOS på ett sätt som är representativt och som inte innebär att ambitionsnivån urholkas.

ITMOS ska kunna utfärdas kopplat till den del av utsläppen som omfattas av ett värdlands klimatplan men också till de sektorer som inte ingår i planen.

ITMOS ska kunna omfatta åtgärder som minskar utsläppen av växthusgaser och åtgärder inom LULUCF-sektorn som minskar avgången eller ökar upptaget av koldioxid. Även åtgärder som innebär att utsläpp inte behöver uppstå, t.ex. genom att avskogning undviks kan komma att godkännas för överföring.

När det gäller åtgärder inom LULUCF-sektorn kan ytterligare regler för att hantera den här typen av åtgärders särskilda osäkerheter, permanensfrågor och risk för reversibilitet komma att utvecklas över tid.

Artikel 6.2-transfereringar föreslås bli tillåtna mellan länder som har lämnat in nationella klimatplaner under Parisavtalet och för andra internationella minskningsåtgärder, exempelvis inom CORSIA.

Artikel 6.2-transfereringar behöver inte bidra till någon ytterligare nettoutsläppsminskning⁷³ under Parisavtalet⁷⁴ till skillnad från aktiviteter under artikel 6.4, utan överföringarna kan ses som ett nollsummespel mellan de handlande parterna, förutsatt att de enheter som handlas har sitt ursprung i utsläppsminskningar utöver värdlandets eget klimatmål samtidigt som landets klimatplan inte innehåller s.k. hetluft, dvs. har en ambitionsnivå som innebär utsläpp som överskrider de nivåer som bedöms uppstå i normala fall vid *business as usual* (se nedan).

De som deltar i artikel 6.2 transfereringar föreslås däremot på frivillig väg bidra till ytterligare utsläppsminskningar och dessutom ge bidrag till FN:s anpassningsfond.

I och med att regelboken för artikel 6 inte antogs vid mötet i Madrid kan även delar av regelboken under artikel 6.2 komma att öppnas upp på nytt i de kommande förhandlingarna.

⁷³ "overall mitigation".

⁷⁴ Även om parterna uppmantras till att ge ett sådant bidrag genom att annullera en andel av de enheter som förs över.

Artikel 6.4 etablerar en ny mekanism för att bidra till utsläpps begränsningar och hållbar utveckling

Under artikel 6.4 införs den regelbok som ska gälla för den nya mekanism som ska följa de tidigare CDM- och JI-mekanismerna under Kyotoprotokollet. Delar av det föreslagna nya regelverket känns dock igen från det som utvecklades för mekanismerna under Kyotoprotokollet. Bland annat ska ett särskilt övervakningsorgan av liknande konstruktion som den tidigare CDM-styrelsen utses, där aktiviteter under mekanismen formellt ska godkännas.

En central skillnad mellan Parisavtalet och Kyotoprotokollet är dock att det inte längre finns någon uppdelning mellan länder med respektive utan åtaganden. Det innebär att det behöver regleras vem som ska få tillgodoräkna sig utsläppsminskningen av den genomförda aktiviteten för att undvika dubbelräkning, dvs. ett land ska inte kunna tillgodoräkna sig utsläppsminskningar mot sitt åtagande under Parisavtalet, om dessa samtidigt tillgodoräknas av ett annat land. Det här är också en viktig del av de anvisningar som ges vid transfereringar som ska göras enligt artikel 6.2 enligt ovan. Som tidigare nämnts var detta en av de frågor som parterna inte lyckades komma överens om vid klimatmötet i Madrid.

Vid sidan av risken för dubbelräkning av utsläppsminskningar behöver också de utsläppsminskningar som ska godkännas enligt artikel 6.4 omfattas av krav som gör att deras miljöintegritet i övrigt säkerställs så långt möjligt. Miljöintegriteten riskeras om säljarlandet har formulerat målen⁷⁵ i landets klimatplan utifrån ett scenario som är mindre ambitiöst än den utveckling som i normala fall skulle kunna uppstå redan vid *business as usual*, dvs. utan ytterligare åtgärder jämfört med dagens beslutade politik. En sådan situation kan också uppstå om utsläppsminskningarna ligger utanför de sektorer som omfattas av värdlandets nationella klimatplan.

Artikel 6.4-mekanismen ska även syfta till att leda till totalt sett minskade globala utsläpp (*overall mitigation in global emissions, OMGE*). En rimlig tolkning av det är att aktiviteter under artikel 6.4 inte enbart får innebära en omfördelning av utsläpp utan att utsläppen måste minska totalt sett. För att åstadkomma en sådan effekt föreslås bl.a. att en viss andel av de enheter som åstadkoms genom en artikel 6.4-aktivitet ska annulleras eller dras av direkt och på så

⁷⁵ Även de som är villkorade, dvs. de som förutsätter finansiering av andra länder.

sätt inte kunna ingå i vare sig värdlandets eller köparlandets utsläppsredovisning. Användande av 6.4-mekanismen ska också ge finansiellt bidrag till FN:s anpassningsfond samt täcka mekanismens administrativa kostnader.

Förhandlingen om artikel 6.4 är, som nämnts, även öppen när det gäller om, och i så fall under vilka villkor, CDM- och JI-projekt som godkänts under Kyotoprotokollet ska kunna godkännas även under Parisavtalet.

Under artikel 6 finns också regler för s.k. icke marknadsbaserat samarbete (artikel 6.8). Enheter från utsläppsbegränsningar kommer dock inte kunna genereras enligt denna artikel, och den är därför inte tillämplig för att ge bidrag till de kompletterande åtgärderna i det nationella klimatramverket. Den berörs därför inte vidare av denna utredning.

14.3.5 Förslag om hur de marknadsbaserade samarbetsformerna kan utvecklas

Forskare, konsulter och tankesmedjor har, parallellt med förhandlingarna om Parisavtalets regelbok, presenterat tankar och förslag om hur reglerna och tillämpningen av bestämmelserna under avtalet skulle kunna utvecklas, så att de nya samarbetsformerna i sin tillämpning ska kunna ge incitament till en ambitionsnivåhöjning, ha en hög miljöintegritet och bidra till hållbar utveckling. Analyserna har främst fokuserat på

- hur referensscenarier (*baselines*) och återkommande justeringar ska kunna beräknas samt hur s.k. *corresponding adjustments* ska kunna göras i praktiken,
- hur samarbetena ska kunna dels skalas upp och omfatta en större del av värdlandets utsläpp, dels kunna genomföras även i andra länder,
- hur miljöintegriteten (framför allt additionaliteten) hos projekten ska kunna säkerställas,
- hur aktiviteterna ska bidra till en högre ambition och totalt sett minskade globala utsläpp,

- hur världsländets kapacitet för mätning, rapportering och verifiering ser ut – behov av förstärkningar och hinder för utveckling.

Analyserna är också relevanta för utvecklingen vad inom resultatbaserad finansiering.

Nedan redogörs för några förslag som väckt intresse i förhandlingarna; genomgången är inte heltäckande.

Hur undvika risken för icke-additionella åtgärder?

I en rapport från *Stockholm Environment Institute* (SEI) konstateras att risken för att det finns hetluft i ländernas nuvarande klimatplaner är relativt stor och att det därför finns ett behov att begränsa storleken på de möjliga överföringarna. SEI föreslår några olika sätt, bl.a. kvantitativa begränsningar.⁷⁶

Även Schneider m.fl. bedömer att den sammanlagda hetluften i de nationella klimatplanerna kan vara betydande och motsvara uppemot 70 procent av den då bedömda sammanlagda storleken på åtagandena om ytterligare utsläppsminskningar.⁷⁷

Michaelowa går systematiskt igenom hur additionaliteten i de åtgärder som genomförs kan behöva testas inför en artikel 6.2- eller 6.4-överföring, beroende på om världsländets klimatplan bedöms innehålla hetluft eller inte.⁷⁸

I teorin borde det finnas incitament för världsländerna att inte exportera enheter från icke additionella åtgärder, eftersom det skulle försämra världsländets egna förutsättningar för måluppfyllelse. I praktiken finns det dock många världsländer vars klimatplaner innehåller hetluft och som därmed inte behöver bekymra sig om de berörda aktiviteterna är additionella eller inte.

Michaelowa menar att tidigare erfarenheter från genomförande av JI-mekanismen visar att det finns sådana risker och drar slutsatsen att specifika additionalitetstest,⁷⁹ liknande dem som utvecklades under Kyotoregelverket, behöver genomföras om världsländets referensscenario bedöms innehålla hetluft eller om aktiviteten i fråga ligger

⁷⁶ La Hoz Theuer m.fl., SEI (2017).

⁷⁷ Schneider (2017).

⁷⁸ Michaelowa (2019).

⁷⁹ Investeringstester, beräkning av åtgärdernas pay-back tid med respektive utan artikel 6-krediter.

utanför värdlandets klimatplan. Till skillnad från de tidigare additionalitetstesterna av CDM-projekt behöver additionalitetstest av artikel 6-aktiviteter även väga in effekterna av nationella styrmedel.

För att sortera fram vilka åtgärder som behöver bli föremål för ett mer noggrant additionalitetstest föreslår Michaelowa därför att värdlandets referensscenario i ett första steg behöver bli föremål för en oberoende granskning. Michaelowa föreslår vidare att artikel 6.2-överföringar inte bör ske om åtgärderna inte omfattas av värdlandets klimatplan.

Utveckling av referensscenarier och återkommande justeringar

En ytterligare säkerhetsåtgärd för ambitionshöjning och additionalitet vore att begränsa krediteringsperioden för reduktionsenheter enligt artikel 6.2 och 6.4 till högst fem år, som är den tidsperiod som gäller för cyklerna för de nationella klimatplanerna. Dessutom bör det vara obligatoriskt att sänka ländernas referensscenarier i relation till det som åstadkommit under den tidigare perioden. Det förslaget har bl.a. *Centre for Clean Air Policy*, (CCAP) presenterat.⁸⁰

Ett annat förslag, som SEI framfört, är att en oberoende part skulle ta fram referensscenarier för värdlandets utsläpp, för att transfereringar ska vara möjliga.⁸¹

I praktiken har deltagarna i *Transformative Carbon Asset Facility* (TCAF), se faktaruta nedan, börjat ta fram egna mer konservativa referensnivåer från vilka kreditering ges, i stället för att be värdlandet att ändra det egna referensscenariot.

Insatserna kan även knytas till att värdlandet inför eller skärper egna styrmedel

Artikel 6-insatser skulle också kunna kopplas ihop med att värdlandet inför eller förändrar sina styrmedel. Det kan exempelvis handla om att verka för att subventioner tas bort på användning av fossila bränslen eller att koldioxidprissättning eller lagstiftning som begränsar utsläppen från de aktuella utsläppskällorna införs. Ett exempel på det sistnämnda är det initiativ för att minska lustgasutsläpp från

⁸⁰ CCAP (2017) och NCI (2018).

⁸¹ La Hoz Theuer m.fl., SEI (2017).

produktion av salpetersyra som Tyskland tagit initiativ till. Programmet ger ett begränsat bidrag till redan pågående utsläppsminskingsprojekt på befintliga anläggningar. Krediteringens storlek bestäms genom omvända auktioner, och krediteringen villkoras med att deltagande länder tar över ansvaret för att fortsätta genomföra utsläppsminskningensåtgärderna efter 2021, som en del av den egna klimatplanen.⁸²

Positiva och negativa listor över åtgärder

Parisavtalets utformning i artikel 6.4 bygger i många fall på att en kreditering mot ett referensscenario ska kunna genomföras, och de förslag som beskrivs ovan har huvudsakligen en sådan inriktning.

New Climate Institute (NCI) har i rapporten *Opportunities and safeguards for ambitions raising through Article 6*⁸³ ett alternativt förslag som i stället utgår från metodiken ”nerifrån och upp”.

NCI tar sin utgångspunkt i att Parisavtalet förutsätter att länders nationella klimatplaner ska spegla landets högsta möjliga ambition och att varje påföljande plan ska innebära en ambitionshöjning. Uppdateringar och förbättringar kan göras när som helst men förutsätts ske vart femte år.

NCI föreslår en modell för fortsatt handel med utsläppsminskingsresultat i andra länder där de aktiviteter som genomförs utomlands säkrare ska kunna ha en additionalitet och bidra till en ambitionshöjning, jämfört med ett system som bygger på ett i förväg bedömt referensscenario. NCI:s förslag bygger på att de aktiviteter som finansieras av andra länder, baserat på en robust landspecifik analys, systematiskt riktas mot sådana lågutsläppsåtgärder som bedöms vara särskilt svåråtkomliga eller oåtkomliga för värdlandet i fråga (s.k. *target technologies*). Analysen behöver också upprepas återkommande, eftersom bedömningen kommer att behöva förändras över tid.

De identifierade lågutsläppsåtgärderna skulle kunna föras upp på en lista över positiva åtgärder för det aktuella landet. Analysen skulle också kunna resultera i en lista över aktiviteter som länderna själva bedömer sig kunna genomföra till låga kostnader utan stöd och med låga barriärer.

⁸² www.carbon-mechanisms.de/en/2015/germany-launches-initiative-for-global-phase-out-of-nitrous-oxide-emissions/

⁸³ NCI (2018).

På en del områden menar NCI att en global negativ respektive positiv listning bör vara möjlig av exempelvis särskilt mogna lågutsläppstekniker, t.ex. led-lampor, medan tekniker som kräver särskilda insatser oavsett land kan stå på en global negativlista, t.ex. vissa tekniker för negativa utsläpp.

Övningen är inte enkel enligt NCI, eftersom det finns gråzoner och utveckling pågår. Listorna skulle därför behöva uppdateras regelbundet. Underlag till dessa globala positiva respektive negativa listor skulle exempelvis kunna hämtas från Internationella energirådets (IEA) årliga genomgång av hur ett antal önskvärda lågutsläppstekniker och sektorer inom energisektorn utvecklas jämfört med den utveckling som förutsätts äga rum i de 2-gradersscenarier för energisystemet i världen som IEA utvecklar.⁸⁴

Artikel 6-insatser mot utsläpp som inte täcks av mål i de nationella klimatplanerna

Parisavtalet begränsar i princip inte genomförandet av artikel 6-insatser till insatser som riktas mot att minska utsläpp som täcks av värdländernas mål i de nationella klimatplanerna, även om sådana förslag finns med i förhandlingarna.

Artikel 6-insatser kan därför potentiellt även genomföras för att bidra till reduktioner av utsläpp som ett land ännu inte har avsett att reglera i den nationella klimatplanen. Det kan handla om sektorer som inte alls ingår i landets klimatplan eller andra växthusgaser än koldioxid för de länder som endast har mål som avser koldioxidutsläpp.

Regelverket för sådana insatser skulle kunna förutsätta att värdlandet för ett projekt och länder som bidrar via en artikel 6-insats delar på kostnaden för utsläppsminskningar, vilket i så fall skulle innebära krav på en ambitionshöjning från värdlandet sida. Alternativt skulle det kunna införas krav på att den utsläppsnivå som insatsen resulterar i inkorporeras i värdlandets kommande nationella klimatplan som ovillkorat mål, vilket då skulle innebära att klimatplanens ambitionsnivå höjs.⁸⁵

⁸⁴ Se www.iea.org/reports/world-energy-model/sustainable-development-scenario och IEA (2019).

⁸⁵ CCAP (2017).

14.3.6 Förslag om hur artikel 6-samarbeten sammantaget kan bidra till ambitionsnivåhöjningar i linje med Parisavtalet

Studie för Energimyndigheten av INFRAS, Carbon Limits och SEI

I en studie av INFRAS, Carbon Limits och SEI⁸⁶ diskuteras hur genomförandet av artikel 6.2- och 6.4-mekanismerna kan utformas så att det sammantaget bidrar till ambitionshöjningar. Studien bygger på en tidigare analys⁸⁷ som genomförts på uppdrag av det tyska UBA samt annan aktuell litteratur,⁸⁸ och studien tar även sin utgångspunkt i de resultat som så långt hade uppnåtts i de internationella klimatförhandlingarna om regelboken för artikel 6.

Författarna konstaterar att även om artikel 6 introduceras som ett medel för att höja ambitionen under Parisavtalet finns det i praktiken ett antal utmaningar och motverkande incitament kopplade till utvecklandet till växthusgasmarknader mellan länder under Parisavtalet som sammantaget riskerar att leda till motsatt effekt. Möjligheten att sälja vidare utsläppsenheter ger potentiella värdländer incitament att anta mindre ambitiösa målnivåer, samtidigt som möjliga köparländer riskerar inlåsnings effekter och förseningar i ländernas egen utveckling mot en lågkolekonomi.

För att artikel 6-aktiviteter verkligen ska kunna bidra till ambitionshöjningar under Parisavtalet behöver de enligt studien

- ha en säkerställd miljöintegritet,
- leda till ytterligare utsläppsminskningar utöver den utsläppsminskning som byter ägare och
- förbättra förutsättningarna för att deltagande parter ska kunna skärpa sina klimatplaner.

Författarna rekommenderar att länder som deltar i artikel 6-aktiviteter samtidigt kombinerar tre olika angreppssätten för att säkerställa att agerandet sammantaget bidrar till en höjd ambitionsnivå.

För det första bör det deltagande köparlandet inför ett engagemang i artikel 6 höja ambitionsnivån i den nationella klimatplanen eller välja att delvis annullera eller dra bort de enheter de förvärvat,

⁸⁶ INFRAS, Carbon Limits och SEI (2019).

⁸⁷ INFRAS, Fraunhofer ISI och Wuppertal institute for Climate (2019).

⁸⁸ Bland annat de studier som refereras ovan.

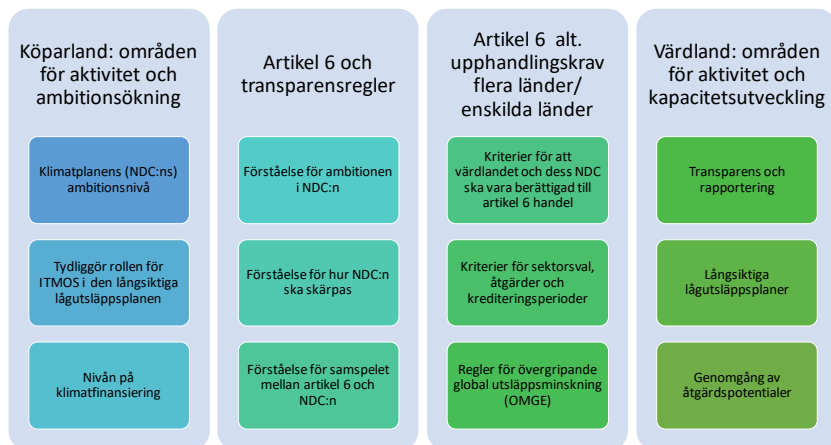
så att de inte används mot något lands klimatplan samtidigt som världlandet justerar för hela transaktionen.

För det andra bör köparlandet även bidra till ambitionshöjningar genom en rad krav i samband med förvärvet. Det kan handla om krav på rapporteringen och transparensen från världlandet om den nationella klimatplanen och dess fortsatta utveckling samt på de åtgärder som genomförs både när det gäller klimatplanens utformning (referensscenario och målnivå, steg mot ekonomiövergripande omfattning m.m.) och vilka åtgärder (tekniker) och sektorer som omfattas, för att ett förvärv ska kunna bli aktuellt.

För det tredje behöver de länder som avser delta i artikel 6-samarbeten alltid säkerställa att de genomförda aktiviteterna har en säkerställd miljöintegritet, dvs. bidrar till additionella utsläppsminskningar.

För att skapa förutsättningar för den inriktning som beskrivs ovan behöver, enligt studien, de potentiella världsländerna genomföra ett antal kapacitetshöjande aktiviteter samt stöd för att kunna göra det. De olika insatsområdena som potentiellt kan bidra till att ambitionsnivån höjs illustreras i figuren nedan.

Figur 14.7 Insatsområden som kan bidra till att ambitionsnivån höjs i artikel 6 samarbeten



Källa: Ambition raising and article 6 Carbon Limits, INFRAS och SEI på uppdrag av Energimyndigheten (2019).

Ett betydelsefullt skäl för länder att vilja engagera sig i utsläppsmarknader är att de kan dra nytta av att det finns åtgärder som kan genomföras till lägre kostnad i värdländerna, jämfört med kostnaderna för de åtgärder som ligger på marginalen i köparlandet. Ett engagemang i ett artikel 6-förvärv kan potentiellt också bidra till spridningen av tekniker med låga utsläpp.

Efterfrågan på marknaden bestäms av ambitionsnivån hos de potentiella köparländerna och hur dessa bestämt att de vill nå sina klimatplaner (se även kapitel 15). Utbudet beror på hur de potentiella värdländerna har formulerat sina mål, hur stor andel av utsläppsminskningarna dessa länder har för avsikt att genomföra själva och vilka som kan bli föremål för artikel 6-samarbeten. För att överföringar ska kunna leda till ambitionsnivåhöjningar behöver dessutom, enligt studien, delar av de vinster som handeln med utsläppsminskningar innebär återinvesteras i ytterligare utsläppsminskningar; annars riskerar resultatet att enbart bli ett nollsummespel.

Rapportförfattarna rekommenderar att insatser som kan bidra till ambitionsnivåhöjningar genomförs parallellt på alla de områden det är möjligt, givet det omfattande behovet av ytterligare utsläppsminskningar i förhållande till Parisavtalets temperaturmål. Författarna konstaterar vidare att det inte kommer vara möjligt att lyckas förhandla fram önskvärda regler på alla områden i de internationella förhandlingarna. I stället kommer det att bli nödvändigt att genomföra delar av insatserna genom att ställa gemensamma upphandlingskrav och bidra till en gemensam kapacitetsutveckling i samarbete mellan länder med liknande ambitioner, eller genom de krav enskilda länder ställer när de träffar överenskommelser om artikel 6-transaktioner.

14.3.7 Pågående utvecklingsarbete vid Energimyndigheten

Sverige deltar genom Energimyndigheten i en rad olika samarbeten som är inriktade på att utveckla nya samarbetsformer och resultatbaserad klimatfinansiering inom ramen för Parisavtalet, och då särskilt dess artikel 6. Syftet är att dessa samarbeten ska bidra till en ökad ambition att nå Parisavtalets långsiktiga temperaturmål om att hålla den globala temperaturökningen till långt under 2 grader och att göra ansträngningar för att begränsa ökningen till 1,5 grader samt

kunna bidra till resultatbaserad klimatfinansiering eller, jämte andra kompletterande åtgärder, kunna bidra till att nå klimatmålen i det klimatpolitiska ramverket. Energimyndigheten har tilldelats detta uppdrag i myndighetens regleringsbrev.⁸⁹ I regleringsbrevet för 2019 har medlen för insatserna höjts till 50 miljoner kronor, från 30 miljoner kronor 2018.

För att uppfylla uppdraget arbetar myndigheten med tre områden:

1. förhandlingsarbete kring regelverket för internationella samarbetsformer under Parisavtalet,
2. internationella samarbeten om förvärv av enheter från utsläppsbegränsningar,
3. kapacitetsstödjande insatser.

I enlighet med uppdraget i regleringsbrevet inriktas myndighetens insatser mot förberedande arbete som på sikt kan leda till konkreta artikel 6-samarbeten.

Förhandlingsarbete

Vid COP26 i Glasgow kan parterna komma att ta ett beslut om regelverken för artikel 6 och den därpå följande arbetsplanen. Genom aktivt deltagande i EU:s expertgrupp för mekanismer kan Sverige, representerat av Energimyndigheten, påverka förhandlingarna av regelverket och driva frågor om ambitionshöjning, hållbar utveckling och miljöintegritet. Erfarenheterna från det pågående förhandlingsarbetet och från Energimyndighetens eget förberedelsearbete för kommande klimatsamarbete under artikel 6 betjänar varandra under denna process.

Internationella samarbeten

Energimyndigheten stödjer internationella samarbeten som syftar till att förvärva enheter från utsläppsbegränsningar under Parisavtalet, bl.a. Världsbankens program *Transformative Carbon Asset Facility* (TCAF, se faktaruta nedan). Energimyndigheten undersöker

⁸⁹ Regleringsbrev för budgetåret 2019 avseende Anslag 1:12 Insatser för internationella klimatinvesteringar, M2018/02934/S (delvis) M2018/00954/KL.

även möjligheter att delta i nya multilaterala och bilaterala samarbeten för att förvärva utsläppsreduktionsenheter under artikel 6.

För att bidra till metodutveckling och hitta möjliga pilotprojekt har Energimyndigheten gett ett antal konsulter i uppdrag att utveckla s.k. virtuella piloter. De virtuella piloterna ska visa hur artikel 6-samarbeten kan genomföras i teorin, baserat på verkliga data och i dialog med värdländer. Syftet med de virtuella piloterna är att öka förståelsen för hur internationella samarbetsformer kan främja implementeringen av olika utsläppsminskningåtgärder. Piloterna kan stegvis på sikt utvecklas till konkreta artikel 6-samarbeten.

Faktaruta

Transformative Carbon Asset Facility (TCAF)

Energimyndigheten deltar sedan 2015 i TCAF som är en finansieringsplattform med mål att utveckla innovativ resultatbaserad klimatfinansiering. TCAF ska stödja utvecklingsländer att planera, implementera och skala upp deras nationella klimatplaner.

TCAF har som mål att:

- stödja program som syftar till att få en transformativ* inverkan genom att skapa incitament att leverera additionella och varaktiga minskningar av växthusgaser; fokus är på program i låg- och medelinkomstländer med höga utsläpp av växthusgaser,
- bidra till flödet av resultatbaserad finansiering till låg- och medelinkomstländer, där programmen ska stödja länder att införa prissättning av koldioxidutsläpp samt att genomföra åtgärder på sektorsnivå,
- utveckla innovativa mekanismer, som kan utgöra exempel för hur miljöeffektiva och kostnadseffektiva utsläppsminskningar kan åstadkommas globalt,
- generera utsläppsminskningar,

- tillhandahålla betalningar för verifierade utsläppsminskningar som möjliggör för länder att öka ambitionen i deras utsläppsminskande åtgärder,
- sprida kunskap och erfarenheter.

Sverige, Kanada, Norge, Schweiz, Storbritannien och Tyskland deltar i TCAF och Världsbanken ansvarar för sekretariatet.

* med transformativ inverkan menar TCAF främst de typer av systemomställningar som genomförs i IPCC:s 1,5- och 2-graders scenarier, t.ex. inom eltilförsel och energianvändning (se kapitel 15).

Kapacitetsstödjande insatser

De tidiga erfarenheterna från TCAF är att det krävs betydande kunskapsbyggnad och kapacitetshöjande insatser för att värdländer ska kunna ingå samarbeten enligt artikel 6.

Sedan 2018 stödjer Energimyndigheten programmet *Article 6 Support Facility*, som leds av den asiatiska utvecklingsbanken. Programmet ska stödja och främja pilotaktiviteter under artikel 6 i Asien genom att tillhandahålla expertstöd och kapacitetsbyggande insatser för att stödja utvecklingsländer att identifiera, utveckla och testa artikel 6-samarbeten. Programmet kommer inriktas på aktiviteter med stort demonstrationsvärde i sektorer med stor utsläppsminskningspotential.

Myndigheten deltar även i ett nordiskt samarbete om artikel 6, där det nordiska miljöfinansieringsbolaget NEFCO har startat en samarbetsplattform för artikel 6-aktiviteter, *Nordic Initiative for Cooperative Approaches* (NICA). Syftet med NICA är att bidra till Parisavtalets uppfyllande genom att med pilotinsatser och studier visa hur internationella samarbetsformer under artikel 6 kan bidra till ökad ambition, hållbar utveckling samt ett ökat deltagande från den privata sektorn. NICA ska även bidra till att utveckla robusta regler för artikel 6-samarbeten som garanterar hög miljöintegritet.

Energimyndighetens lärdomar från arbetet med att utveckla samarbetsformerna under artikel 6

Erfarenheter från virtuella piloter och TCAF visar att det finns ett stort behov av betydande kunskapsbyggnad och kapacitetshöjande insatser för att värdländer ska kunna ingå artikel 6-samarbeten.

Sådana insatser behöver många gånger göras för att höja kapaciteten för mätning, rapportering och verifiering i länderna. Bland annat behöver rapporteringssystem för produktion av robust statistik tas fram över respektive lands utsläpp från olika källor. Med bättre kunskap om utsläppens utveckling och fördelning kan olika trender bättre följas upp. Även kapaciteten att ta fram scenarier över hur utsläppen kan utvecklas i framtiden behöver höjas, liksom förmågan att analysera styrmedels- och åtgärdsalternativ över hela ekonomin. Förvärv av utsläpps begränsningsenheter kräver också robusta rapporteringssystem för att säkerställa att enheterna är reella samt att överföringarna av enheter inte dubbelräknas.

Artikel 6-samarbeten ställer därmed även krav på samverkan mellan departement och myndigheter i värdlandet. Det blir särskilt tydligt när länderna också utvecklar egna långsiktiga lågutsläppsplaner.

För att möjliggöra en omställning krävs också omfattande finansiering. Artikel 6-samarbeten kräver ett långsiktigt samarbete med framförhållning, eftersom stora resurser behöver mobiliseras för att förbereda och genomföra program som innebär förändringar i ett lands energisystem.

Sammanfattningsvis handlar utvecklingsarbetet under artikel 6 om ett omfattande och tidskrävande arbete mot ett rörligt mål, eftersom regelverket och regelverkets tillämpning fortfarande är under utveckling. Det är dock en stor fördel att arbetet bedrivs tillsammans med andra parter i form av myndigheter, andra länder och internationella organisationer. Genom sådana samarbeten kan kostnader och risker spridas mellan fler parter.

Ytterligare en lärdom är att potentiella värdländer inledningsvis har varit avvaktande i sin hållning, eftersom det kan finnas en risk att samarbetena omfattar de åtgärder som länderna själva behöver genomföra för att klara sin egen nationella klimatplan.

15 Marknader och potentialer för överföring av verifierade utsläppsminskningar mellan länder

Utredningens bedömning

Bedömningarna skiljer sig delvis åt beroende på de antaganden som görs om utvecklingen i omvärlden. I det ena fallet, ”nuvarande ambitionsnivå”, antas den globala ambitionsökningen följa aktuella bedömningar av de klimatplaner som lämnats in under klimatavtalet från Paris (Parisavtalet), inklusive de skärpningar som bedöms vara aktuella. I det andra fallet, ”höjd ambitionsnivå”, antas ambitionen höjas i linje med Parisavtalets temperaturmål. I fallet med nuvarande ambitionsnivå tar bedömningarna främst sikte på utvecklingen fram till 2030. I fallet höjd ambitionsnivå avser bedömningen även utvecklingen till 2045.

Nuvarande ambitionsnivå

Handeln bedöms bli begränsad

- Handeln med utsläppsbegränsningsresultat under Parisavtalets artikel 6 blir sannolikt relativt begränsad om nu gällande nationella klimatplaner inte skärps eller enbart skärps i mindre utsträckning till 2030, eftersom planerna inte bedöms resultera i någon omfattande efterfrågan på enheter från utsläppsbegränsningsresultat i andra länder för att måluppfyllelse ska nås.

- Länder som skulle kunna vara värdländer och stå för ett utbud av utsläppsenheter är för närvarande avvaktande, eftersom de inte vet hur en eventuell överföring av enheter från utsläppsbegränsningar kan påverka uppfyllelsen av landets eget mål.
- Den möjliga handeln begränsas av att vissa länder satt upp villkorade mål som enbart förutsätter internationell klimatfinansiering i stället för att även öppna för viss finansiering kopplad till överföring av utsläppsbegränsningsresultat till andra länder, med tillhörande justering för att undvika dubbelräkning.
- Förekomsten av s.k. hetluft i länders klimatplaner, tillsammans med det faktum att Parisavtalet regelbok ännu inte förhandlats färdigt och börjat tillämpas, utgör också hinder för utvecklingen.
- Om dagens hinder övervinns kan utbudet på några års sikt komma att bli betydligt större än efterfrågan.

Utbud från befintliga system riskerar att urholka ambitionsnivån i inledningen

- Ett antal aktiva utsläppsminskningssprojekt som bl.a. utvecklats under Kyotoprotokollet till Förenta nationernas ramkonvention om klimatförändringar kan komma att godkännas under Parisavtalet och inledningsvis stå för ett relativt omfattande utbud av utsläppsenheter. Bland dessa projekt dominerar sådana som troligen inte är beroende av ytterligare kreditering från försäljning av utsläppsenheter för att de ska fortsätta bedrivas. Om sådana enheter tillåts bidra till målpuppfyllelse under Parisavtalet bidrar det till en urholkning av ambitionsnivån. För att de fortsatta förhandlingarna om regelboken enligt artikel 6 ska bli framgångsrika behöver dessa möjligheter begränsas.

Efterfrågan från andra aktörer än länder dominerar och påverkar genomförandet av artikel 6

- Efterfrågan på enheter från genomförda utsläppsbegränsningar från andra aktörer, främst Internationella civila luftfartsorganisationen, ICAO, samt den s.k. frivilligmarknaden för klimatkompensation, kan bli större än efterfrågan från länder under Parisavtalet perioden 2021–2030.

Potentialen för ambitionshöjande insatser bedöms kunna bli större på några års sikt

- De insatser som görs under artikel 6 behöver utvecklas och diversifieras för att de, tillsammans med skärpta mål, ska kunna bidra till en mer omfattande och systemomställande utfasning av fossila bränslen och förändringar av markanvändningen i linje med den omställning som Parisavtalets temperaturmål kräver.
- På några års sikt kommer Sverige kunna förvärva enheter som kan betraktas som ambitionshöjande enligt den inriktning mot 2030 som föreslås av utredningen (se kapitel 13). Den globala potentialen för sådana åtgärder bedöms vida överstiga det nationella behovet av kompletterande åtgärder.

Priserna är svårbedömda

- Det är svårt att bedöma de framtida kostnaderna för enheter som förvärvas i enlighet med Parisavtalets artikel 6. Inledningsvis bedöms prissättningen bli fragmenterad och heterogen. Vid en begränsad ambitionsnivåhöjning globalt bedöms priserna generellt hamna på relativt låg nivå men över tidigare priser på CDM-enheter.

Höjd ambitionsnivå

- Om ambitionsnivån höjs kraftigt globalt, som IPCC:s 2- och framför allt 1,5-gradersscenarier förutsätter, för det sannolikt med sig ett betydande utbud av enheter från utsläppsbegränsningar från framför allt medelinkomstländer.
- Bedömningen förutsätter att höginkomstländernas sammanlagda åtaganden att bidra till ytterligare utsläppsminskningar både i och utanför respektive landsgränser, hamnar på nivåer som överstiger den genomsnittliga globala minskningstakten i 2- och 1,5-gradersscenarier, samtidigt som åtagandena från låg- och medelinkomstländer inte skalas upp i samma takt.

- Även vid en höjd ambitionsnivå bedöms den globala potentialen vida överstiga det nationella behovet av kompletterande åtgärder, givet den antagna fördelningen av minskningsåtaganden mellan länder. Kostnaderna för att förvärva enheter från verifierade utsläppsminskningar i andra länder stiger vid en höjd ambitionsnivå och kostnaderna för att genomföra ytterligare åtgärder konvergerar globalt.
- De modellerade globala marginalkostnaderna, s.k. skuggpriser, i globala 1,5-gradersscenarier närmar sig redan vid 2030 det som åtgärder och styrmedel i Sverige och andra höginkomstländer kostar på marginalen i dag. Nivån på marginalkostnaderna varierar mellan olika modeller.
- Skuggpriserna konvergerar senast vid seklets mitt i både 2- och 1,5-gradersscenarierna.

Skäl för utredningens bedömning

Om nuvarande klimatplaner inte skärps eller om ambitionsökningen blir begränsad till 2030

I nuläget har relativt få länder avsikten att nå sina nationella klimatplaner (*nationally determined contributions*, NDC:s) under Parisavtalet med bidrag från utsläppsbegränsningar i andra länder. Avstånden till målen i klimatplanerna i potentiella köparländer är i många fall inte heller så stora när de jämförs med ett referensscenario med dagens beslutade styrmedel. Mindre skärpningar av ambitionsnivån till 2030 behöver inte heller leda till en ökad efterfrågan på åtgärder i andra länder, eftersom det bedöms finnas potentialer för ytterligare utsläppsminskningar till relativt låga kostnader i flera av höginkomstländerna, inklusive länder inom EU.

Avståndet mellan s.k. ovillkorade och villkorade mål i nu gällande nationella klimatplaner bedöms sammanlagt uppgå till 2 miljarder ton koldioxidkvivalenter 2030, enligt analyser från hösten 2019.¹

¹ UNEP (2019).

De villkorade målen förutsätter dock i de flesta fall klimatfinansiering. De tillåter därmed inte att enheter från de genomförda utsläppsbegränsningarna mot de villkorade målen även används för måluppfyllelse i köparlandet.

Länder som skulle kunna vara värdländer och stå för ett utbud av utsläppsenheter är dessutom avvaktande eftersom de inte vet hur en eventuell överföring av enheter från utsläppsbegränsningar kan påverka uppfyllelsen av landets eget mål.

Ytterligare en svårighet är att det finns exempel på att nivån på målen i länders klimatplaner bedöms överstiga utsläppsnivån vid en utveckling med dagens beslutade styrmedel, vilket innebär att klimatplanerna innehåller s.k. hetluft. Mål med hetluft ställer inte krav på att additionella åtgärder genomförs för att de ska nås.

Preciseringen av regelboken under Parisavtalet och det utvecklingsarbete som pågår försöker överkomma många av de osäkerheter och hinder som finns i nuläget. Om det lyckas kan utbudet på några års sikt bli betydligt större än efterfrågan.

Det teoretiskt möjliga utbudet av enheter från ytterligare utsläppsbegränsningsresultat, som går utöver de villkorade målen, är betydande och överstiger vida ländernas (inklusive Sveriges) efterfrågan under Parisavtalet.

Efterfrågan på enheter från utsläppsbegränsningar från den Internationella civila luftfartsorganisationen, ICAO, genom klimatkompensationsprogrammet Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) och via frivilligmarknaderna uppstår redan i början av 2020-talet och bedöms tillsammans överstiga ländernas sammanlagda behov under samma tidsperiod, med nuvarande klimatplaner. De flygbolag som ingår i CORSIA kommer även behöva redovisa ett visst förvärv av enheter från åtgärder från klimatkompensering från och med 2021 och framåt, vilket gör att de behöver vara tidigt ute på marknaden. Den gräns som sätts för högsta tillåten ålder på befintliga kompensationsåtgärder som får generera enheter från utsläppsbegränsningar inom CORSIA, kommer vara av stor betydelse för hur flygbolagens efterfrågan på enheter från nya åtgärder utvecklas i närtid.

En första genomgång av pågående pilotprojekt under artikel 6 indikerar att de inledande insatserna under Parisavtalet kan komma att utgöras av projekt som utvecklats och satts igång under eller parallellt med Kyotoprotokollets regelverk för mekanismen för ren utveck-

ling (CDM, se kapitel 14). De åtgärder som omfattas av projekten saknar dock i många fall potential för systemomställning (se avsnitt 15.3.1) och har därmed begränsad möjlighet att bidra till ambitionsnivåhöjningar genom större omställningar samt spridnings- och läroeffekter under Parisavtalet.

Hur priserna på artikel 6-enheter kan komma att utvecklas är svårt att bedöma i förväg (se avsnitt 15.4 och kapitel 20.15).

Om den samlade ambitionen höjs i linje med Parisavtalets temperaturmål

Om ambitionsnivån globalt i stället höjs kraftigt, vilket 2- och framför allt 1,5-gradersscenarier förutsätter, för det sannolikt med sig ett betydande utbud av enheter från utsläppsbegränsningar i andra länder. Låg- och medelinkomstländer kommer sannolikt kräva ytterligare finansiering från rikare länder för att de ska vara beredda att gå upp i ambitionsnivå i sina nationella klimatplaner, i linje med principen om gemensamt men olikartat ansvar (*common but differentiated responsibility*), som uttrycks i Förenta nationernas ramkonvention om klimatförändringar (klimatkonventionen) och i Parisavtalet.²

För att de sammanlagda utsläppen vid en sådan utveckling ska kunna minska tillräckligt snabbt behöver höginkomstländernas sammanlagda åtaganden om utsläppsminskningar i och utanför respektive land hamna på nivåer som överstiger den globala genomsnittliga minskningen både till 2030 och 2045/2050, samtidigt som åtagandena från låg- och medelinkomstländer inte skalas upp i samma takt.

Resultat från modelleringar av 2- och 1,5-gradersscenarier från IPCC:s 1,5-gradersrapport visar att det behöver ske en snabb och omfattande ökning av systemomställande åtgärder globalt redan till 2030 inom framför allt elsektorn. Sådana åtgärder genomförs i viss utsträckning redan i dag, främst i eltillförselsektorn och i form av viss eleffektivisering. Insatserna behöver dock snabbt breddas till att omfatta även andra lågutsläppsåtgärder, både på tillförsel- och efterfrågesidan, i stor skala i samtliga sektorer i samhället, världen över. Större förändringar behöver även ske inom markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF-sektorn).

² I Parisavtalet är formuleringen: "Parternas gemensamma men olikartade ansvar och respektive förmåga, i ljuset av olika nationella förhållanden".

Åtgärderna är sådana som kan genomföras till relativt låga kostnader i dag men också sådana som av olika skäl ligger något högre upp på kostnadsstegen. Åtgärderna för ofta med sig sidonyttor men de förutsätter även tillgång till investeringskapital och kapacitet för att kunna genomföras.

Om utsläppsmarknader växer fram kan det sänka de globala kostnaderna för att nå temperaturmålen. Resultaten beror dock på hur åtagandena för de sammanlagda utsläppsminskningarna fördelas. En utsläppsmarknad kan sänka kostnaderna om höginkomstländer med högre marginalkostnader³ tar på sig mer omfattande åtaganden än det globala genomsnittet (se avsnitt 15.3.3).

Modellerade globala marginalkostnader för klimatpolitiken (s.k. skuggpriser) i globala 1,5-gradersscenarier närmar sig redan vid 2030 vad åtgärder som genomförs i Sverige och andra höginkomstländer i dag kostar på marginalen. Nivån på de resulterande skuggpriserna skiljer sig dock åt mellan olika modeller. Kostnaderna på marginalen konvergerar dessutom i scenarierna – i vissa fall redan 2030, i andra fall till 2050 (se avsnitt 15.3.1).

15.1 Scenarier för några möjliga marknadsutvecklingar från 2021 och framåt

15.1.1 Uppgiften och några viktiga utgångspunkter

Det ingår i utredningens uppdrag att uppskatta hur marknader för verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder kan komma att utvecklas från 2020 till mitten av detta sekel. Analysen kan enligt uppdraget:

med fördel belysa eventuella skillnader beroende på i vilken sektor och landkategori utsläppsminskningarna görs samt vilka mervärden investeringarna har vid sidan av utsläppsminskningarna. Analysen ska leda till en uppskattning av den realiserbara potentialen för Sverige att använda verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder för att bidra till uppfyllandet av klimatmålen. Olika scenarier kan med fördel redovisas. Utredningen ska även ge förslag på vilka insatser som kan behövas för att förvärva så kallade utsläpps begränsningsenheter från andra länder.

³ Länder med hög ekonomisk kapacitet, höga per capita-utsläpp, och länder som ansvarar för högre utsläpp historiskt jämfört med det globala genomsnittet, räknat per capita.

Utredningen finner, vid sidan av formuleringarna i utredningens uppdrag, det även lämpligt att ta utgångspunkt i det uppdrag som Energimyndigheten redan har på området, vilket är kopplat till det inledande arbetet med att bidra till utvecklingen av samarbetsformerna under artikel 6 i Parisavtalet. Uppdraget formuleras enligt följande i Energimyndighetens senaste regleringsbrev:⁴

De internationella insatserna på området [ska] bidra till en ökad ambition att nå Parisavtalets långsiktiga temperaturmål om att hålla den globala temperaturökningen till väl under 2 grader och att göra ansträngningar för att begränsa ökningen till 1,5 grader. Insatserna ska kunna bidra till resultatbaserad klimatfinansiering eller, jämte andra kompletterande åtgärder, bidra till att nå klimatmålen i det klimatpolitiska ramverket.

Insatserna ska framför allt ske på sektorsnivå samt i första hand riktas mot medelinkomstländer och energirelaterade utsläpp. Myndigheten ska även sträva efter att genomföra konkreta utvecklingsinsatser i internationell samverkan.

Den tolkning som utredningen gör av den ovan beskrivna inriktningen av Energimyndighetens uppdrag påverkar slutsatserna om marknadsutveckling, realiserbara potentialer, till vilka priser enheter från verifierade utsläppsminskningar kan förvärfvas och i förlängningen även de förslag till fortsatta insatser som utredningen väljer att lyfta fram i kapitel 13 för att förvärva enheter från verifierade utsläppsminskningar i andra länder.

Det mervärde som utredningen i första hand söker efter i analysen blir till följd av inriktningen ovan att insatserna internationellt ska vara av den karaktären att de ska kunna bidra till en ambitionsnivåhöjning i linje med Parisavtalets temperaturmål.

Ytterligare grundprinciper i utredningens analys och förslag är hämtade från Miljömålsberedningen, där den parlamentariska beredningen bl.a. var överens om följande:⁵

- Sverige ska vara ett ledande land i det globala arbetet med att förverkliga Parisavtalets målsättningar och ta ansvar för landets historiska utsläpp.
- Sverige ska fortsätta vara en internationell förebild genom landets nationella klimatarbete och genom att bidra till finansiering av utsläppsminskningar och anpassningsåtgärder i utvecklingsländer.

⁴ Regleringsbrev för budgetåret 2019 avseende anslag 1:12 Insatser för internationella klimatinvesteringar, M2018/02934/S (delvis) M2018/00954/Kl.

⁵ SOU 2016:21, 3 kap., Den globala klimatutmaningen och Sveriges ansvar.

- Sveriges främsta bidrag till det internationella arbetet med att förverkliga Parisavtalet är att agera som förebild. Det kan Sverige göra genom att delta och bidra aktivt i internationellt samarbete, genom att vara pådrivande för minskande utsläpp inom EU samt genom att genomföra en långsiktigt hållbar nationell klimatpolitik som helt eller delvis är möjligt att ta efter av andra länder.
- En förutsättning för genomförandet av klimatramverket är att världen ställer om i riktning mot temperaturmålen i Parisavtalet.

Enligt utredningen bör ovanstående principer även utgöra en grund för formuleringen av strategin för kompletterande åtgärder. Att den klimatpolitik Sverige bedriver ska kunna tjäna som exempel för andra att helt eller delvis ta efter förutsätts gälla alla områden av klimatpolitiken, inklusive strategin för genomförande av de kompletterande åtgärderna. Principerna är därför viktiga att utgå ifrån när bedömningar om marknadsutveckling och möjliga realiserbara potentialer ska göras och när förslag till inriktning inom strategins samtliga delområden ska formuleras.

15.1.2 Utbud och marknad för verifierade utsläppsminskningar i andra länder

Det behövs ett regelverk samt en efterfrågan och utbud för att det ska kunna uppstå en marknad för överföring av enheter från verifierade utsläppsminskningar över landsgränser. Under Parisavtalet benämns sådana enheter internationellt överförbara utsläpps begränsningsresultat (ITMOS) eller artikel 6.4 enheter.

I kapitel 14 redogör utredningen för hur ett sådant marknadsregelverk håller på att utformas under Parisavtalets artikel 6 i form av en regelbok. I kapitlet redogörs även för några centrala förslag som tagits fram för att nå en hög ambition och miljöintegritet⁶ med de åtgärder som genomförs samt olika pilotinsatser som inletts för att börja tillämpa de kommande reglerna i praktiken.

I detta kapitel går utredningen igenom hur situationen på efterfråge- och utbudssidan kan komma att se ut utifrån en omvärlds-

⁶ Med miljöintegritet avses bl.a. att de åtgärder som genomförs är additionella, dvs. inte skulle ha genomförts ändå om inte samarbetet ägt rum samt att åtgärderna inte dubbelräknas mot både värdlandets och köparlandets respektive klimatmål.

analys och några aktuella scenarier från 2018 och 2019. Genomgången tar främst sikte på utvecklingen fram till 2030.

Det är dock inte möjligt att göra någon detaljerad analys eller prognos för hur en marknad för internationellt överförbara utsläppsbegränsningsresultat skulle kunna utvecklas mot 2030 och därefter. Analysen försvåras av att betydelsefulla delar av det som krävs för att en marknad ska kunna utvecklas inte finns på plats. Dessutom blir analysen osäkrare ju längre fram i tiden den sträcker sig, men även på mycket kort sikt är bedömningarna förknippade med stora osäkerheter. År 2020, och sedan 2025, ska ambitionsnivåerna i klimatplanerna skärpas enligt Parisavtalet⁷ och för närvarande, i slutet av 2019, går det uppfatta en utveckling mot att ett antal länder världen över, inklusive länder inom EU, har för avsikt att föreslå sådana skärpningar.

Hur ländernas ambitionshöjningar kommer utformas i praktiken, och i vilken mån de kommer leda till en ökad efterfrågan på åtgärder i andra länder, kan dock utredningen i nuläget möjligen bara se konturerna av.

Utredningen har valt att beskriva och diskutera möjliga marknadsutvecklingar mot bakgrund av två huvudsakliga scenarion. Det första scenariot, *Nuvarande ambitionsnivå*, utgår från dagens utveckling, nu beslutade nationella klimatplaner under Parisavtalet och den användning av enheter från utsläppsbegränsningsresultat i andra länder som dessa planer förutsätter. I detta scenario diskuteras också vad som kan komma att hända i och med de skärpningar av länders klimatplaner som nu lagts fram eller aviserats de närmaste åren.

Det andra scenariot, *Höjd ambitionsnivå i linje med Parisavtalets temperaturmål*, består egentligen av ett brett intervall av scenarier som byggs upp av resultaten av en rad modellerade 2- respektive 1,5-gradersscenarier framtagna till IPCC:s 1,5-gradersrapport från 2018⁸. I dessa scenarier höjs den globala ambitionen på ett betydande sätt redan under 2020-talet och klimatplanerna världen över skärps så mycket att utsläppen minskar på de sätt som 2- respektive 1,5-gradersscenarierna förutsätter. Dessa scenarier ger oss en bild av omfattningen och inriktningen på de systemomställningar som kan komma att krävas samt hur utsläppen och eventuella utsläppsmarknader kan behöva

⁷ Planerna kan skärpas även vid andra tillfällen.

⁸ IPCC (2018).

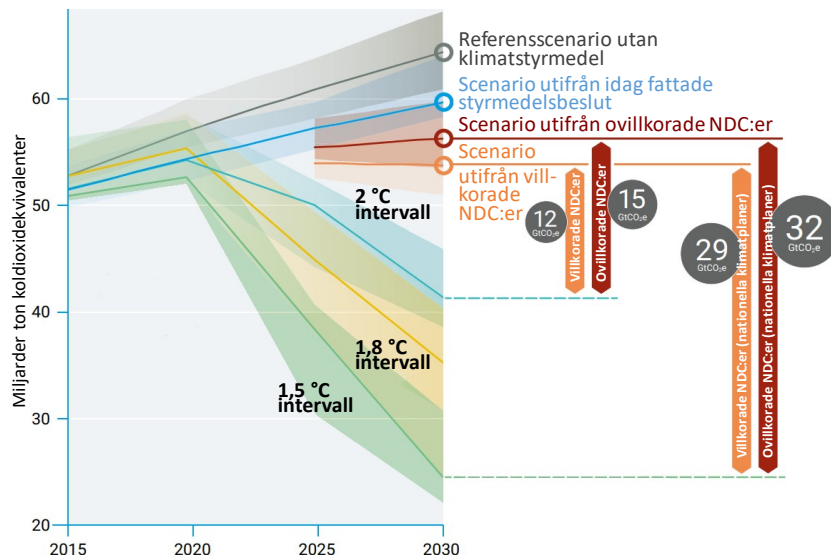
utvecklas fram till 2030 och mot 2050 för att utvecklingen ska vara förenlig med Parisavtalets temperaturmål.

Genomförandet av det svenska klimatramverket förutsätter den sistnämnda typen av omvärldsutveckling, se kapitel 3.

De två scenarierna

Bedömningarna av hur marknader för verifierade utsläppsminskningar kan komma att utvecklas görs alltså utifrån två huvudsakliga huvudfall, *nuvarande ambitionsnivå* och *höjd ambitionsnivå i linje med Parisavtalets temperaturmål*. Dessa två omvärldsutvecklingar tar i huvudsak sin utgångspunkt i de scenarier som FN:s miljöprogram UNEP och IPCC utvecklat för att analysera avstånd till uppsatta klimatmål.⁹ Scenarierna och avståndsbedömningarna i UNEP-rapporten från 2019 illustreras i figuren nedan:

Figur 15.1 Globala utsläpp av växthusgaser till 2030 vid olika scenarier i UNEP (2019). Beräknade avstånd mellan en utveckling där länderna uppfyller sina nationella klimatplaner under Parisavtalet och ett medianvärde av 2- respektive 1,5-gradersscenarier



Källa: UNEP (2019).

⁹ UNEP (2019) och IPCC (2018).

Så här beskrivs utsläppsutvecklingen och avstånden till de olika scenarierna i den senaste UNEP-rapporten från 2019:

- *Befintliga nationella klimatplaner (NDC:er) nås.* Enligt UNEP är avståndet till att ett scenario där dagens klimatplaner uppnås mellan 4–6 miljarder ton koldioxidekvivalenter per år globalt 2030 jämfört med ett referensscenario med dagens beslutade styrmedel samma år. En minskning i linje med scenariot där klimatplanerna uppnås innebär därmed att utsläppen av växthusgaser behöver hamna cirka 7–10 procent lägre jämfört med referensscenarioet. Avståndet mellan de ovillkorade respektive villkorade klimatplanerna bedöms uppgå till 2 miljarder ton. Scenarioet där klimatplanerna nås innebär att världens utsläpp fortsätter öka men med en något mer dämpad takt än i referensscenarioet. Utsläppen i scenariot hamnar 7–10 procent högre 2030 jämfört med utsläppsnivån 2017,¹⁰ och den globala medeltemperaturen uppskattas stiga med drygt 3 grader till århundradets slut, jämfört med den förindustriella nivån.¹¹ Därefter fortsätter uppvärmningen. Detta scenario är alltså långtifrån förenligt med Parisavtalets temperaturmål.

Till skillnad från de NDC-scenarier som analyseras av UNEP och IPCC väljer utredningen att utvidga scenariot *Nuvarande ambitionsnivå* till att även omfatta de skärpningar av länders klimatplaner som diskuteras och aviserats under senare tid, vilket gör att scenariot något närmar sig den utveckling som 2- och 1,5-gradersscenarierna kräver, dvs. utvecklingen vid *en höjd ambitionsnivå*.

¹⁰ På cirka 50,5 miljarder ton koldioxidekvivalenter.

¹¹ UNEP (2019).

- **Ambitionsnivåhöjning mot ett 2-gradersscenario.**¹² I 2-gradersscenariot bedöms medianvärdet ligga 19 miljarder ton (14–21 miljarder ton) under ett referensscenario med dagens beslutade styrmedel 2030, enligt UNEP:s analys från 2019. För att nå denna nivå behöver de globala utsläppen av växthusgaser minska med 20 procent jämfört med utsläppsnivån 2017 och ligga cirka 30 procent under motsvarande referensscenario 2030.¹³ Även i IPCC:s specialrapport om 1,5 graders temperaturökning ingår en utveckling i enlighet med detta temperaturscenario som referenspunkt. Enligt de tolkningar som gjorts av Parisavtalets temperaturmål i svensk klimatpolitik betraktas dock inte detta 2-gradersscenario vara förenligt med Parisavtalets temperaturmål.¹⁴
- **Ambitionsnivåhöjning mot ett 1,5-gradersscenario.** För att nå en utveckling som är förenlig mot ett 1,5-gradersscenario behöver utsläppen av växthusgaser minska med 35 miljarder ton som medianvärde (29–38 miljarder ton) jämfört med ett referensscenario 2030, dvs. cirka 60 procent under referensscenariot med dagens beslutade styrmedel eller cirka 50 procent under utsläppsnivån 2017.¹⁵

Bara genom att redovisa de avstånd som bedöms finnas mellan dagens utsläppsutveckling i världen och den utveckling som temperaturmålen i Parisavtalet ställer krav på förstås att det finns ett betydande utbud av ytterligare åtgärder för utsläppsminskningar i andra länder som Sverige skulle kunna vara med och genomföra.

¹² Scenariot bygger på en koldioxidbudget som med minst 66 procents sannolikhet kan begränsa temperaturökningen till högst 2 grader.

¹³ UNEP (2019).

¹⁴ Målet om att verka internationellt för att begränsa de globala utsläppen av växthusgaser så att den globala ökningen av medeltemperaturen begränsas till högst 2 grader Celsius jämfört med den förindustriella nivån gällde tidigare som precisering under det svenska miljö kvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan (400 ppm stab. med mer än 66 procents sannolikhet)*. När propositionen om det svenska klimatramverket behandlades i riksdagen våren 2017 (Prop. 2016/17:146) ställde riksdagen sig bakom en skärpning av temperaturmålet i preciseringen och Parisavtalets temperaturmål fick ersätta den tidigare formuleringen. Europeiska kommissionen (2018) och klimatkommittén, CCC (2019), i Storbritannien betraktar däremot en utveckling i enlighet med scenariot som en form av lägsta ambitionsnivå i förhållande till Parisavtalets temperaturmål.

¹⁵ UNEP (2019).

15.2 Scenario 1 *Nuvarande ambitionsnivå*

15.2.1 Avgränsning av analysen

G20-länderna i fokus för analysen

De 20 största ekonomierna i världen, de s.k. G20-länderna, står för knappt 80 procent av de globala utsläppen av växthusgaser. Eftersom Kina, Indien och Indonesien ingår bland G20-länderna ingår även de länder som bedöms ge upphov till de största framtida ökningarna av utsläppen (i absoluta tal räknat) de närmaste 10 åren, vid en utveckling med dagens beslutade styrmedel.¹⁶ I G20-gruppen ingår även EU med sina 28 (snart 27) länder.

En analys begränsad till denna grupp länder täcker ganska väl en möjlig utveckling, särskilt på efterfrågesidan, av en potentiell framtida marknad för åtgärder i andra länder och överföring av utsläppsbegränsningsresultat mellan länder.

Utöver G20-länderna finns det också anledning att analysera utvecklingen och det potentiella utbudet av utsläppsminskningar och åtgärder som ökar upptaget av koldioxid från ytterligare några större länder, se figur 15.2 nedan, som också har relativt höga och även stigande utsläpp. Utanför G20-gruppen finns dessutom några mindre höginkomstländer, främst Norge, Schweiz och Nya Zeeland, som kan komma att stå för viss efterfrågan av överföringar av utsläppsbegränsningar.

När det gäller möjliga åtgärder inom LULUCF-sektorn som kan öka kolinlagringen finns det även större potential i länder med små utsläpp och mindre framtida utsläppsökningar. Dessa åtgärdsalternativ behöver också vägas in.¹⁷

Figuren nedan illustrerar den ojämna fördelningen av utsläppen av koldioxid världen över. Exemplet omfattar de 24 länder med störst koldioxidutsläpp i världen samt utsläppen från EU28 som grupp. Individuella EU-länder med särskilt höga koldioxidutsläpp redovisas inte separat utan ingår i EU28.

¹⁶ Enligt NCI/PBL (2018) kan Kinas, Indiens och Indonesiens utsläpp tillsammans öka med mellan 3–6 miljarder ton per år till 2030 jämfört med dagens utsläppsnivåer, vid en utveckling med dagens beslutade styrmedel. I scenariot ingår ökade utsläpp från avskogning och från torvmarker i Indonesien.

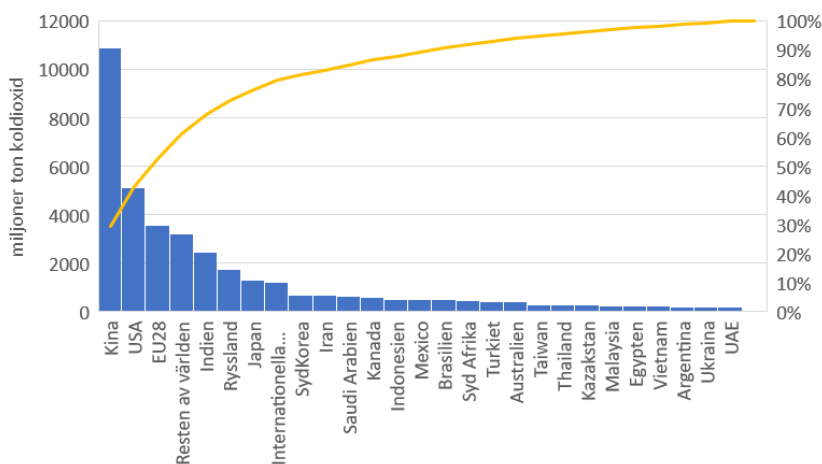
¹⁷ IPCC (2015 och 2018).

När de 24 ländernas och EU28:s utsläpp summeras tillsammans med utsläppen från internationell sjöfart och luftfart motsvarar det drygt 90 procent medan resten av världen (drygt 100 länder) tillsammans står för resterande knappt 10 procent av världens utsläpp av koldioxid från fossilbränsleanvändning och industriprocesser.

Bland de 24 länderna finns även de länder som bidrar med den dominerande delen av utsläppen från avskogning i världen (Brasilien, Indonesien, Malaysia) och de som bidrar mest till utsläppen av övriga växthusgaser i form av metan, lustgas och fluorerade växthusgaser. På det sistnämnda området är dock länderna med stora koldioxidutsläpp inte lika dominerande.¹⁸

Figur 15.2 Omkring femtio länder stod, tillsammans med internationella transporter för drygt 90 procent av utsläppen av koldioxid från fossilbränsleanvändning och industriprocesser i världen år 2017. I siffrorna ingår inte utsläpp från förändrad markanvändning, Land Use Change, LUC

Internationella=internationell sjöfart och flyg



Källa: JRC Edgar (2018).

¹⁸ https://edgar.jrc.ec.europa.eu/booklet2017/CO2_and_GHG_emissions_of_all_world_countries_booklet_online.pdf

15.2.2 G 20-ländernas klimatplaner och intresse för utsläppsmarknader

Tabellen nedan sammanfattar G20-ländernas utveckling mot målen i ländernas nationella klimatplaner samt deras intresse för att delta i växthusgasmarknader under Parisavtalet. Slutsatserna i tabellen baseras, där inget annat anges, på rapporter och sammanställningar från UNEP¹⁹, Climate Action Tracker²⁰, IEA²¹, UNFCCC, NCI och PBL²², IPCC²³, och IVL²⁴.

I tabellen används följande förkortningar:

- CDM (*Clean Development Mechanism*) – en av mekanismerna för handel mellan länder som utvecklades under Kyotoprotokollet (se avsnitt 14.2),
- Artikel 6-mekanismer – enheter från utsläppsbegränsningar i andra länder som ska kunna handlas under Parisavtalets artikel 6.2 eller 6.4 (se avsnitt 14.3.4).
- EU ETS (Emission Trading Scheme) – EU:s utsläppshandels-system.
- ESR (Effort Sharing Regulation) – EU:s ansvarsfördelnings-förordning. Systemet beskrivs närmare i kapitel 16.
- JCM (Joint Crediting System) – Japans eget krediteringssystem för åtgärder i andra länder.
- REDD+ (United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries) – ett FN-program för att begränsa avskogning och förstörelse av skog.

¹⁹ UNEP (2018 och 2019).

²⁰ www.climateactiontracker.org

²¹ IEA (2018).

²² NCI, PBL (2019).

²³ IPCC (2018).

²⁴ IVL (2019).

Tabell 15.1 Förutsättningar för marknadsutveckling i G20-länder utifrån ländernas befintliga klimatplaner hösten 2019

Land	Andel av de globala växthusgasutsläppen 2017, exklusive LULUCF	Cancunättagande 2020	Nationell klimatplan (NDC) (2025)2030	Förutsättningar för måluppfyllelse 2030 (nuvarande nationella klimatplan)	Deltagande i eventuell handel med utsläpps begränsningssektorer mellan länder
Kina	27 %	40–45 % lägre utsläpp av växthusgaser/BNP relativt 2005, 15 % icke fossil energi i primärenergi-konsumtion samt ökad skogsvolym <i>Kan klaras</i>	CO ₂ : utsläpp kulminerar omkring 2030, 60–65 % lägre utsläppsintensitet, 20 % icke fossil energi samt ökad skogsvolym <i>Bedöms klaras</i>	Kan komma att nå landets bidrag tidigare pga. striktare nationella mål och styrmedel. Hög kolanvändning i ekonomin. Fortsatta beslut kopplade till landets kolproduktion, kolanvändning samt storskaliga investeringar i infrastruktur och andra byggnadsprojekt är av avgörande betydelse. Stor producent av lågutsläppsteknik men även omfattande exportör av fossil energiteknik.	Omfattande världsland för CDM tidigare. Inte beroende av artikel 6 mekanismer. Planerar att införa ett nationellt handelssystem för energianläggningar 2020, systemet planeras därefter utvidgas stegvis.
USA (har anmält att landet ska dra sig ur Parisavtalet)	13 %	Omkring 17 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med 2005 <i>Uppfylls inte</i>	26–28 % lägre utsläpp av växthusgaser 2025 jämfört med 2005 <i>Uppfylls inte</i>	Federal politik nedrustas men delstatspolitik och teknikutveckling driver på.	Delstater genomför nationella off-set-projekt inom ramen för befintliga handelssystem på delstatsnivå. Viss länkning med system i Kanada. Ingen utsläppshandel utanför Nordamerika/Mexiko.
EU 28	9 % (inkl. UK)	20 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med 1990 <i>Kan klaras</i>	40 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med 1990 <i>Bedöms klaras</i>	Ytterligare åtgärder och skärpta förnybarhets- och energieffektiviseringsmål i 2030-ramverket bedöms leda till att nuvarande 2030-mål nås med viss marginal. Förhandlingsprocess pågår om ett skärpt 2050-mål samt dess konsekvenser för målet till 2030. Finns förslag om att skärpa 2030-målet till minus 50–55 %.	Tidigare CDM-köpare och JI-värd. Artikel 6.4 är inte med i nuvarande mål 2030 och ännu inte i diskussionen om skärpta mål (hösten 2019). Finns flera EU-interna flexibiliteter och handelssystem (ETS, ESR). I ETS ingår Schweiz, Norge, Liechtenstein och Island. Norge ingår även i ESR. <i>EU deltar därmed på sikt i artikel 6.2.</i>

Land	Andel av de globala växthusgasutsläppen 2017, exklusive LULUCF	Cancunåtagande 2020	Nationell klimatplan (NDC) (2025/2030)	Förutsättningar för måluppfyllelse 2030 (nuvarande nationella klimatplan)	Deltagande i eventuell handel med utsläppsbegränsningssenheter mellan länder
Storbritannien	1 %	Ingår i EU28	Utsläppsbudget mellan 2028 och 2032-ska revideras pga. mål om nettollutsläpp till 2050 <i>Ytterligare styrmedel behövs</i>	Skärpt klimatlagens mål till netto-noll 2050. De nationella styrmedlen behöver skärpas för att klimatbudgeten till 2028–2032 och därefter ska kunna klaras. Styrmedelsbeslut under 2019 och 2020 bedöms vara centrala för att netto-noll-målet ska kunna nås. (CCC 2019).	Användning av artikel 6 mot nationella klimatbudgetar är en reservplan. Bidrar i arbetet med att utveckla växthusgasmarknader internationellt. Pådrivande inom resultatbaserad finansiering. Planerar bl.a. att använda artikel 6 regelboken för detta ändamål.
Indien	7 %	20–25 % lägre utsläpp av växthusgas/BNP jämfört med 2005	33–35 % lägre utsläppsintensitet rel. 2005. 40 % icke-fossil energi av total energitillförelsekapacitet. Ökad skogsvolyym motsvarande ett ökat upptag på mellan 2,5–3 Gt CO ₂ <i>Bedöms klaras</i>	Kan ev. komma att nå landets tidigare pga. striktare inhemska mål. Fortsatta beslut kopplade till landets kolproduktion och -användning är avgörande.	Omfattande världland för CDM. Villkorad NDC, förutsätter bidrag från internationell finansiering bl.a. från den gröna klimatfonden. <i>Ev. även världland för artikel 6 samarbeten.</i>
Ryssland	5 %	Mellan 15 till 25 % lägre växthusgasutsläpp jämfört med 1990 <i>Kan klaras</i>	Mellan 25 till 30 % lägre växthusgasutsläpp jämfört med 1990 <i>Bedöms klaras</i>	Oklart om de program som introducerats nationellt kommer genomföras. Exportör av olja och naturgas. Ökande utsläppstrend. Landets NDC ligger över bedömd BAU-utveckling med dagens beslutade styrmedel.	Tänker inte använda marknadsmekanismer enligt landets INDC.
Japan	3 %	3,8 % lägre utsläpp av växthusgas jämfört med 2005 <i>Kan klaras</i>	26 % lägre utsläpp av växthusgas jämfört med 2013 <i>Uppfyls inte</i>	Utveckling i riktning mot att klara även landets 2030 bidrag. Osäkerhet kring kärnkraft i eltilförelsektorn.	Tidigare köpare av CDM, bilaterala avtal med ett tjugotal världsländer. <i>Avser delta i artikel 6, genom det japanska JCM-systemet som även har som syfte att bidra till spridning av japansk lågutsläppsteknik. (se Japans NDC).</i>

Land	Andel av de globala växthusgasutsläppen 2017, exklusive LULUCF	Cancunåtagande 2020	Nationell klimatplan (NDC) (2025)2030	Förutsättningar för måluppfyllelse 2030 (nuvarande nationella klimatplan)	Deltagande i eventuell handel med utsläpps begränsningssektorer mellan länder
Brasilien	2,3 %	Mellan 36,1 och 38,9 % minskning under ett baseline-scenari	37 % minskning (2025) av utsläppen av växthusgaser jämfört med 2005 och 43 % minskning (indikativt 2030) jämfört med 2005. Åtagandena inkluderar markanvändning och förändrad markanvändning (LUC).	Åtagandena i landets NDC är i hög grad kopplade till minskad avskogning. Brasilien nå eventuellt sina åtaganden men bedömningen är mycket osäker. Tidigare framgångar i form av minskad avskogning har fått en tillbakagång med ny politisk ledning i landet. Avskogningen har ökat under senare år, trots REDD+-finansiering.	Världland för CDM i relativt stor omfattning. Den indikativa NDC-nivån beror av internationell finansiering, <i>har intresse för artikel 6.8; (REDD+)</i> , vill ev. både sälja och råkna av minskningar som kan uppstå, dvs. erhålla klimatfinansiering.
Indonesien	1,7 %	26 % minskning av växthusgasutsläppen jämfört med en baseline	29 % minskning av växthusgasutsläppen jämfört med ett referensscenari (en baseline) (ovillkorat) eller 41 % minskning (villkorat) <i>Uppfylls inte/ osäker bedömning</i>	Landet har kolgruvor, ökad kolanvändning och export av kol. Landet kan ev. klara sin NDC med marginal eller så uppfylls den inte pga. ökad avskogning. NDC:n är i hög grad kopplad till minskad avskogning. Osäkert referensscenari högre än BAU. Hur utsläpp från torvbränder redovisas påverkar den totala nivån. Avskogningen har minskat under 2018 bl.a. till följd av internationell REDD+-finansiering.	Villkorad NDC, vill se klimatfinansiering. <i>Världland artikel 6-aktiviteter?</i>
Kanada	1,6 %	17 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med 2005 <i>Uppfylls inte</i>	30 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med 2005 <i>Uppfylls inte</i>	Svårt att nå landets NDC trots relativt ambitiös klimatpolitik, utsläppen från tjärsandsproduktion av olja bidrar till ökningarna. Vilken typ av bokföring landet väljer för utvecklingen i LULUCF-sektorn påverkar utfallet. Utvecklingen under senare år går i riktning mot att landet närmar sig NDC-åtagandet.	Intresse för artikel 6. <i>Potentieell köpare</i>

Land	Andel av de globala växthusgasutsläppen 2017, exklusive LULUCF	Cancunåtagande 2020	Nationell klimatplan (NDC) (2025/2030)	Förutsättningar för måluppfyllelse 2030 (nuvarande nationella klimatplan)	Deltagande i eventuell handel med utsläppsbegränsningssenheter mellan länder
Mexiko	1,5 %	30 % minskning av utsläppen av växthusgaser jämfört med ett baseline-scenari (villkorat)	27 % minskning (ovillkorat) respektive 36 % minskning (villkorat) av utsläppen av växthusgaser jämfört med ett baseline-scenari <i>Osäker bedömning</i>	Har infört koldioxidskatt och handels-system. Landet har stor potential för sol- och vindenergi och har infört innovativa styrmedel på området. Utveckling i riktning mot att klara landets NDC. Åtagandet omfattar LULUCF-sektorn.	Villkorad NDC, vill se marknadsbaserade mekanismer utvecklas kopplat till det villkorade målet. Tillåter utsläppsbegränsningssenheter från projekt i Mexiko i landets handelssystem. Systemet är också länkat till Kalifornien – Quebec. Vill se ett regionalt utsläppshandels-system (<i>artikel 6.2</i>).
Saudi Arabien	1,5 %		Utsläppsminskningar på 130 Mton årligen 2030, genom riktade åtgärder, öklar referensnivå <i>Bedöms klaras</i>	Svårbedömd utveckling. Landet har goda förutsättningar för solen men också för fortsatt oljeutvinning. Finns planer för omfattande utbyggnad av solen och kärnkraft i landet. NDC:n berende av om landet får fortsätta exportera olja eller inte.	Ställer krav på kompensationskopplad till genomförandet av artikel 6.
Sydkorea	1,6 %	30 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med ett BAU-scenari <i>Uppfylls inte</i>	37 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med ett baseline-scenari <i>Uppfylls inte</i>	Har infört ett handelssystem och styrmedel för att öka andelen förnybar el. Relativt stor importör av kol. Osäkerhet kring kol vs kärnkraft i elmixen. I framkant inom låg-utsläppsteknik.	Kan delvis komma att använda artikel 6 mekanismer för måluppfyllelse som köpare. Tillåter en begränsad användning av artikel 6 enheter och äldre CDM-projekt i landets handelssystem.

Land	Andel av de globala växthusgasutsläppen 2017, exklusive LULUCF	Concunåtagande 2020	Nationell klimatplan (NDC) (2025/2030)	Förutsättningar för måluppfyllelse 2030 (nuvarande nationella klimatplan)	Deltagande i eventuell handel med utsläppsbegränsningsenheter mellan länder
Australien	1,2 %	5 % minskning av utsläppen av växthusgaser jämfört med 2000. KP2 108 % av 1990-årsnivåer under perioden 2013–2020	26–28 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med 2005	Saknar utvecklad klimatpolitik. Goda förutsättningar för sol- och energilagrar, tekniker som expanderar i mycket snabb takt, har samtidigt kolgruvor och är den näst största kolexportören i världen. Exporterar även LNG. Landet är i stort behov att utveckla sitt elnät så det klarar sin effektbalans även vid hög efterfrågan exempelvis pga. kapacitetsbrist vid värmeböjor.	<i>Undersöker möjligheterna att förvärva utsläppsreduktioner i andra länder.</i> Använder off-setting inom landet.
Turkiet	1,2 %		<i>Uppfylls inte helt. Vill använda överskott från KP2-perioden för måluppfyllelse. Räknar med delar av LULUCF-sektorn</i>	Landets åtaganden möjliggör en kraftig utsläppsökning, landet bedöms som lämpligt för utbyggnad av sol- men har ökat importen av kol under senare år.	Kan i princip tänka sig att använda enheter från internationella marknader för att nå det uppsatta målet.
Sydafrika	1,1 %	34 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med ett BAU-scenario (villkorat) <i>Det villkorade målet uppfylls inte</i>	398–614 Mton CO ₂ e 2025 och 2030, villkorat åtagande <i>Bedöms klara den övre delen av intervallet 2030</i>	Finns planer om att införa en kol-dioxidskatt i Sydafrika.	Villkorad NDC, klimatfinansiering, <i>Värmland för artikel 6-aktiviteter?</i>

Land	Andel av de globala växthusgasutsläppen 2017, exklusive LULUCF	Cancunåtagande 2020	Nationell klimatplan (NDC) (2025)2030	Förutsättningar för måtoppfyllelse 2030 (nuvarande nationella klimatplan)	Deltagande i eventuell handel med utsläppsbegränsningsenheter mellan länder
Argentina	0,8 %		Begränsa utsläppen av växthusgas till 483 Mton (ovillkorat) respektive 369 Mton (villkorat) 2030 <i>Kan klara landets ovillkorade åtagande/missa det villkorade</i>	Finns både prognoser som pekar mot att landets åtagande kan missas med bred marginal eller nås som en följd av nya planerade styrmedel som ger incitament till en ökad introduktion av förnybar energi. Slutsatsen gäller det ovillkorade åtagandet. Det villkorade åtagandet ställer krav på klimatfinansiering. Både det ovillkorade och det villkorade åtagandet inkluderar LULUCF-sektorn.	Villkorad NDC som förutsätter klimatfinansiering, stöd för kapacitetsutveckling och tekniköverföring. <i>Eventuellt också värmland för artikel 6-aktiviteter?</i>

Hur kan efterfrågan utvecklas?

Relativt få uttalade köpare av utsläppsbegränsningsenheter bland G20-länderna

Genomgången i tabell 15.1 pekar mot att intresset för att förvärva resultat från utsläppsbegränsningar utanför det egna landet kan bli relativt begränsat vid en utveckling där G20-ländernas befintliga klimatplaner nås och enbart skärps i viss omfattning mot 2030.

Det är framför allt *Kanada* som uttrycker ett visst behov av att genomföra åtgärder i andra länder utöver insatserna i det egna landet kopplat till uppfyllandet av landets klimatmål 2030. *Australien* skulle kanske kunna utvecklas till en köpare och undersöker för närvarande förutsättningarna för det. *Japan* planerar i viss utsträckning att genomföra åtgärder utanför landet, inom ramen för landets eget system för krediter från åtgärder i andra länder. Ambitionen uttrycks tydligt i landets klimatplan och kopplas även till spridning av japansk lågutsläppsteknik. Även *Sydkorea* kan vara en potentiell köpare via landets handelssystem.

I EU har det under 2019 påbörjats en mer konkret diskussion om att skärpa unionens klimatplan och klimatmål till 2050, och i förlängningen även till 2030. Vid rådsmötet i december 2019 enades EU:s statschefer om att EU ska nå klimatneutralitet senast 2050. Polen kunde i detta skede inte åta sig att genomföra målet och det Europeiska rådet kommer därför återkomma till frågan i juni 2020.²⁵ Kommissionen presenterade samma vecka ett meddelande om *Den europeiska gröna given*²⁶ där bl.a. kommissionens plan för det fortsatta arbetet under de närmaste åren mot en skärpt europeisk klimatpolitik stakas ut.

Förslagen och den analys som gjorts har hittills uteslutande omfattat möjligheterna att skärpa EU:s mål genom ytterligare inhemska åtgärder i olika EU-länder, inklusive möjligheten till negativa utsläpp på längre sikt. I nästa avsnitt diskuteras denna utveckling ytterligare.

I tabell 15.2 nedan summeras en möjlig sammanlagd efterfrågan från länderna ovan, tillsammans med efterfrågan från några ytterligare höginkomstländer utanför G20 som har aviserat ett visst intresse för att genomföra delar av respektive lands åtaganden internationellt.

²⁵ Europeiska rådets slutsatser 12–13 december 2019.

²⁶ KOM (2019) 640 slutlig.

En höjning av ambitionsnivån i ett lands klimatpolitik behöver inte leda till ökad efterfrågan på åtgärder i andra länder

Om utvecklingen skulle gå i riktning mot en skärpt klimatpolitik bland några nyckelländer inom G20 behöver det inte samtidigt leda till att efterfrågan på internationella utsläppsbegränsningsenheter och samverkansprojekt med andra länder ökar under Parisavtalet. Skärpningen kan i stället komma att fokusera på landets eller, som i fallet EU, regionens inhemska utveckling och exempelvis inriktas mot en fortsatt omställning av framför allt elsystemet tillsammans med en ökad elektrifiering av transportsektorn och industrin i landet.

Att minska användningen av fossil elproduktion, framför allt kol, i elsystemet är en av de åtgärder som faller ut som mest kostnadseffektiv och genomförs tidigt i globala modelleringar av 2- och 1,5-gradersscenarier. Åtgärden för också med sig ett antal simultana sidonyttor och den genomförs i alla regioner världen över i modelleringarna. Till de åtgärder som genomförs tidigt hör sådana som minskar metanavgången från utvinning av fossila bränslen samt de som reducerar metanavgången från deponier med organiskt material. Till åtgärderna som genomförs till lägst kostnader i modellerna hör också minskad avskogning samt ökad beskogning och återbeskogning.²⁷

Både EU, Australien och USA har stora åtgärdspotentialer inom dessa områden, framför allt inom omställningen av elsystemen. Kostnadseffektiviteten förstärks dessutom ytterligare med tanke på att det handlar om reinvesteringar som ändå hade behövt göras, eftersom elsystemen och produktionsanläggningarna är relativt gamla i dessa länder och regioner.

Flera av höginkomstländerna inom och utanför kretsen av G20-länder har under senare år även valt att ta fram förslag till nettollmål för utsläppen av växthusgaser till 2050 – mål som i de flesta fall förutsätts nås genom inhemska åtgärder (se faktaruta nedan).

²⁷ JRC (2018).

Faktaruta

Höginkomstländer bland G20-länderna inför klimatlagar för att uppnå nationella nettonollutsläpp av växthusgaser runt seklets mitt.

Storbritannien antog 2008 en klimatlag med femårsbudgetar för utvecklingen av de nationella växthusgasutsläppen och ett långsiktigt klimatmål på 80 procent lägre utsläpp av växthusgaser till 2050 jämfört med 1990. Utsläppsminskningar via åtgärder i andra länder ingår inte direkt i målet utan ses som en försäkring om målet och koldioxidbudgetarna längs vägen skulle visa sig svårare att nå jämfört med tidigare bedömningar.

I maj 2019 föreslog den brittiska kommittén om klimatförändringar, CCC, skärpta långsiktiga mål för Storbritannien, Skottland och Wales. Förslaget antogs en månad senare i respektive parlament. Målet för Storbritannien har i enlighet med förslaget satts till netto noll 2050 genom inhemska utsläppsminskningar och ökade inhemska upptag genom främst bio-CCS och förstärkta kolsänkor. Nettonollmålet omfattar även utsläpp från internationella flyg- och sjöfartstransporter, vid sidan av utsläppen i landet. Planen framhåller samtidigt vikten av Storbritanniens internationella insatser. Den nationella strategin ska åtföljas av en strategi där insatserna som genomförs i landet kommuniceras och integreras med de insatser Storbritannien genomför internationellt.²⁸

I slutet av juni 2019 beslutade det franska parlamentet om att **Frankrike** ska nå klimatneutralitet 2050. Målet skrevs in i den franska klimatlagen samtidigt som det nationella klimatmålet till 2030 höjdes från minus 30 till minus 40 procent jämfört med 1990. Beslutet omfattar även ett antal styrmedelsskärpningar. Även i Frankrike har förslaget till skärpning av klimatstrategin tagits fram av ett oberoende klimatråd (le Haut Conseil pour le Climate). Enheter från utsläppsminskningar i andra länder får inte användas för måluppfyllelse mot det franska målet. Målet omfattar landets territoriella utsläpp; utsläpp från internationella transporter (flyg och sjöfart) ingår inte.²⁹

²⁸ Committee on Climate Change (2019).

²⁹ <https://energypost.eu/france-and-britain-race-for-carbon-neutrality-by-2050/>

I **Tyskland** pågår under 2019 koordineringar inom regeringen och ett särskilt klimatkabinett har inrättats med syfte att utveckla det förslag till klimatlag, med klimatmål till 2030 och 2050, som tagits fram av det tyska miljödepartementet. Klimatlagen omfattar enbart inhemska åtgärder och styrmedel, och lagen inkluderar även tidsatta mål för olika sektorer i ekonomin. Enligt nu gällande tidtabell ska lagförslaget läggas fram i alla delar före årsskiftet 2019/2020. Om Tyskland inte skulle nå de mål som föreslås till 2030 kan landet bli tvunget att förvärva enheter från utsläppsminskningar i andra EU-länder, eftersom det föreslagna nationella målet är jämförbart med det åtagande Tyskland har tilldelats enligt det gemensamma ansvarsfordelningsbeslutet i EU (se kapitel 16). Det föreslagna målet till 2050 innebär att utsläppen av växthusgaser ska minska med 95 procent jämfört med 1990 samtidigt som landet eventuellt också ska nå nettonollutsläpp.³⁰ Tyskland deltar i förberedande utvecklingsarbete för artikel 6-samarbeten, men det är för närvarande oklart om de kommer använda begränsningsresultat mot egna nationella mål. Insatserna finansieras med biståndsmedel och redovisas som klimatfinansiering.

Kanada, USA, Japan och Australien har inte tagit fram några liknande förslag. I Japan pågår ett arbete med en långsiktig nettonollstrategi som har som inriktning att uppnås ”så tidigt som möjligt” efter 2050.

Kanada och USA har tidigare tagit fram långsiktiga lågutsläppsplaner som även redovisats till FN:s klimatkonvention, UNFCCC, men dessa innebär enbart att utsläppen minskar med cirka 80 procent i respektive land, LULUCF-sektorn inräknad. USA har under 2019 officiellt ansökt om att lämna Parisavtalet.

³⁰ www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-climate-action-law-begins-take-shape

Avstånden till de nationella klimatplanernas mål är i många fall inte så stora

De avstånd som bedöms finnas mellan utvecklingen i referensscenarierna med dagens beslutade styrmedel och G20-ländernas respektive nationella klimatplaner är i många fall relativt små, vilket påverkar en möjlig kommande efterfrågan och det utbud som kan uppstå.

Det sammanlagda avståndet till G20-ländernas ovillkorade mål 2030 bedöms enligt UNEP för närvarande sammanlagt uppgå till omkring 1,0 miljarder ton medan avståndet uppskattas vara 3,0 miljarder ton till de villkorade målen.³¹

Det finns en del faktorer som talar för att G20-länderna sammantaget kan ligga närmare de ambitioner klimatplanerna avspeglar, jämfört med utvecklingen i en del av de referensscenarier som tagits fram. En del av G20-länderna har exempelvis infört ytterligare styrmedelsförstärkningar³² än de som tagits med i referensscenarierna och har dessutom i en del fall (Kina och Indien) formulerat mer långtgående nationella mål än de som uttrycks i de nationella klimatplanerna.

Det internationella rådet för förnybar energi, IRENA, konstaterar dessutom i en genomgång av alla inlämnade klimatplaner att den sammantagna tillväxttakten för förnybar el 2015–2030 (i genomsnitt 3,6 procent per år) som klimatplanerna resulterar i ligger betydligt under den genomsnittliga tillväxttakten globalt sedan 2010 (cirka 8,5 procent per år). IRENA konstaterar vidare att ländernas nationella förnybarhetsmål, program och styrmedel i många fall är mer ambitiösa än vad som framgår av ländernas klimatplaner. Om de nationella klimatplanerna hade integrerat dessa energipolitiska mål på ett bättre sätt hade det, enligt IRENA, även kunnat förbättra förutsättningarna för ytterligare finansiering.

Till saken hör också att delar av den utveckling som nu sker av några betydelsefulla lågutsläppstekniker (sol, vind, batterier och laddbara bilar) är transformativa till sin natur och därmed potentiellt kan utvecklas på ett icke-linjärt sätt, dvs. snabbare än i de flesta traditionella energiscenarier. Teknikerna är dock fortfarande beroende av att incitament för infrastruktur och teknikinvesteringar ges från det offentliga på olika nivåer.

³¹ UNEP (2019). Beräkningen utgår från resultat från scenarier från oberoende källor.

³² Gäller exempelvis lagstiftning till följd av Kigaliöverenskommelsen som förväntas leda till omfattande reduktioner av s.k. fluorerade växthusgaser. Se även NCI, PBL och IIASA (2019).

Ovanstående resonemang betyder dock inte att alla länders avstånd till målen i sina respektive klimatplaner kan vara på väg att slutas utan ytterligare styrmedelsskärpningar och förstärkta incitament av olika slag.

USA är det land som i nuläget ser ut att ha det största avståndet till landets klimatmål både i absoluta och relativa tal räknat.³³ Även Kanada och Sydkorea bedöms fortfarande (hösten 2019) ha ett avstånd till sina respektive mål på i genomsnitt cirka 15 procentenheter.

Sydkorea har samtidigt aviserat att landet avser skärpa sitt mål till 2030 medan USA befinner sig i en utveckling där den nuvarande ledningen av landet har för avsikt att lämna Parisavtalet.

Det finns även ett antal faktorer som skulle kunna leda till att utvecklingen går i motsatt riktning. Ytterst handlar det om den politiska utvecklingen i världen i stort och i vilken mån världens ledande länder tar hänsyn till behovet av minskade klimatutsläpp på ett konsekvent sätt i sina beslut. Utvecklingen i Kina och Indien är på grund av storleken på de två ländernas utsläpp och potentiella utsläppsökningar helt avgörande och de påverkar även många andra länders fortsatta agerande och förutsättningar. Utvecklingen i USA (avsikten att lämna Parisavtalet och nedmonteringen av den federala klimatpolitiken), Brasilien (ökad avskogning) och Indonesien (avskogning och torvbränder samt ökad kolanvändning) är också av stor betydelse för utsläppsutvecklingen och klimatpolitiken i världen. Därutöver har Australien också en betydelsefull roll i sammanhanget eftersom landet har höga per capita-utsläpp och är en stor exportör av kol och flytande naturgas.

Klimatförändringarna i sig är också en faktor som kan leda till att växthusgasutsläppen i världen skulle kunna öka mer än i gapanalyserna ovan. Perioder med extrem hetta bidrar exempelvis till särskilt höga utsläpp från länders elsystem och kylanläggningar samtidigt som de bränder som uppstår under värmeböljor även de bidrar till ökade utsläpp av växthusgaser.

³³ Se the Rhodium group (2019).

Hur kan utbudet utvecklas?

Osäkerheter om förutsättningarna att uppfylla landets egna klimatplaner är ett hinder för handel

Utbudet från länder som *Indien, Brasilien, Indonesien, Sydafrika, Argentina* och *Mexiko* kan potentiellt komma att bli betydligt större än efterfrågan. Dessa länder har också formulerat något mer ambitiösa villkorade mål som länderna åtar sig att nå, förutsatt att finansiering ges från andra parter. I volym omfattar de villkorade målen främst åtgärder inom skog och markanvändning i Brasilien och Indonesien, och de bedöms sammanlagt uppgå till omkring 1 miljard koldioxidekvivalenter 2030.

Det är relativt vanligt förekommande att de nationella klimatplanerna från låg- och medelinkomstländer är villkorade med någon form av finansiering från internationellt samarbete, även utanför kretsen av G20-länder.³⁴

Den sammanlagda potentialen för ambitionsnivåhöjningar genom att gå från ovillkorade till villkorade mål bedöms uppgå till 2 miljarder ton koldioxidekvivalenter 2030, varav omkring hälften bedöms finnas bland några G20-länder.

För att de villkorade målen i de nationella klimatplanerna ska leda till en global nettominskning av utsläppen kan dock inte enheterna från utsläppsbegränsningar samtidigt användas för att bidra till att ett köparland når sina befintliga mål; i så fall innebär överföringen enbart ett nollsummespel. Om finansieringen i stället sker genom en aktivitet under artikel 6.2 eller 6.4 i Parisavtalet behöver den sammanlagda utsläppsminskningen nå längre än det villkorade målet.

Några av G20-länderna, exempelvis Indien och Brasilien, har också formulerat villkor för att de nationella (villkorade)målen ska nås. Villkoren innebär att åtgärderna behöver bli föremål för internationell *klimatfinansiering* enligt Parisavtalets artikel 9 – inte handel med utsläppsbegränsningsenheter.

Ett sådant villkor förbättrar förutsättningarna för måloppfyllelse enligt värdlandets klimatplan utan att det land som bidragit med finansiering samtidigt använder resultaten för att nå sitt eget utsläppsbegränsningsresultat.

³⁴ I NCI, PBL och IIASA (2018) ges några exempel på hur låg- och medelinkomstländer med relativt stora utsläpp har formulerat sina NDC:er. Rapporten innehåller även en analys av hur de ligger till i förhållande till de mål som satts upp.

Erfarenheterna från de förberedande insatserna med att utveckla artikel 6.4-mekanismen och artikel 6.2-överföringarna (se kapitel 14) visar också att de potentiella värdländerna är avvaktande i sin hållning mot just försäljning och överföring av enheter från utsläppsbegränsningar, eftersom de inte vet om en eventuell försäljning och överföring av utsläppsbegränsningsresultat skulle äventyra landets egen möjlighet att klara de mål som satts upp i den nationella klimatplanen.

Faktorer som kan bidra till att förstärka osäkerheten är om klimatplanen bygger på en svag analytisk grund, om målen i planen inte har kvantifierats och analyserats på sektorsnivå samt om detaljutformningen av nationella styrmedel och annan styrning saknas.

Ytterligare en svårighet i sammanhanget är att det finns exempel på att nivån på målen i länders klimatplaner bedöms överstiga utsläppsnivån vid en utveckling med dagens beslutade styrmedel, dvs. att klimatplanerna innehåller s.k. hetluft. Sådana mål ställer därmed inte krav på att additionella åtgärder genomförs för att de ska nås och även delvis överträffas.

15.2.3 Potentiella köparländer utanför G20-länderna

Vid sidan av några av länderna i G20-kretsen samt Sverige har även Schweiz, Norge och Nya Zeeland visat intresse för att genomföra samarbetsinsatser enligt Parisavtalets artikel 6 som en del i genomförandet av sina nationella klimatplaner.

Norge och Schweiz har tidigare formulerat villkorade mål om klimatneutralitet 2030

Inför klimatmötet i Köpenhamn 2009 gjorde både Norge och Schweiz villkorade utfästelser om att nå klimatneutralitet till 2030 genom en kombination av åtgärder inom landet och investeringar i utsläppsbegränsningar i andra länder.

Det norska klima- och miljödepartementet har nu i uppdrag att presentera en rapport (*melding*) om målet om klimatneutralitet till Stortinget våren 2020. Tanken är att ambitionen ska vara knuten till utsläppen utanför EU:s handelssystem och att åtgärderna utomlands successivt ska avta i omfattning fram till 2050 då i stället utsläppen i Norge ska nå netto noll.

Hur bokföringen av upptaget i LULUCF-sektorn ska behandlas är inte klart ännu. Eventuellt kan även kolsänkan i LULUCF-sektorn kunna räknas med när målet om klimatneutralitet beräknas. Det skulle i så fall minska behovet av åtgärder i andra länder.

Om Norge väljer att finansiera ytterligare åtgärder i andra länder för att nå netto noll 2030 betraktar landet det som en resultatbaserad finansiering, eftersom ambitionsnivån höjs över nivån i landets ovillkorade klimatplan. Landet planerar oavsett detta att begära en justering av utsläppsutrymmet hos värdlandet för att undvika dubbelräkning.³⁵

I Schweiz har målet om klimatneutralitet ersatts av ett mål om att minska utsläppen med 50 procent till 2030 jämfört med 1990, varav minst 60 procent ska genomföras i landet och 40 procent utanför landet. Schweiz har infört en klimatlag som bl.a. föreskriver att leverantörerna av drivmedel ska ta ut en avgift och genomföra en viss andel klimatkompensation kopplad till drivmedelsförsäljningen i landet. Systemet ska träda i kraft 2021 och gälla perioden 2021–2030.

15.2.4 Hur kan efterfrågan från några möjliga köparländer utvecklas?

Om den möjliga efterfrågan från Norge, Schweiz, Nya Zeeland och Sverige perioden 2021–2030 och målåret 2030 summeras, tillsammans med efterfrågan som kan uppstå från några G20-länder, blir totalsumman inte så stor (se tabell 15.2).

³⁵ Sigurd Klakeg Klima- och miljödepartementet Norge, personlig kommunikation (2019).

Tabell 15.2 Avstånd till uppsatta mål hos köparländer med intresse för artikel 6-enheter 2030. Ackumulerad volym 2021–2030

Hösten 2019

Land	Målformulering 2030	Utsläppsmål 2030 (Mton CO2e)	Prognos 2030 (Mton CO2e) (WEM och WAM (Canada))	Gap 2030 (Mton CO2e)	Förvärv 2021–2030	Kommentar	Off-sets eller resultat-baserad klimatfinansiering, syn på artikel 6 ambition
Nya Zeeland	30 % jämfört med 2005 med grossnet beräkning för LULUCF	57	73	16	Punktmål?	Har en inhemsk kolsänka som minskar i omfattning. Har antagit ett nettonoll mål 2050 för inhemska utsläpp och upptag av växthusgaser 2019. Målet omfattar inte metan från djurhållning.	Avser använda internationella marknadsmekanismer och samverkansformer under artikel 6 för att nå landets mål förutsatt att de uppfyller vissa grundläggande kvalitetskrav. Undertecknare av San Jose Principerna vid COP (25) i Madrid.
Norge	40 % jämfört med 1990 (nettonoll)	31 (nettonoll)	48 (om hela ekonomin) 23 om enbart utanför ETS	0–23	Programmet föreslås gälla över tidsperioden 2021–2030 och därefter fram till att klimatneutralitet uppnås i landet	Nettonoll är villkorat. 40 % förutsätter genomförande inom EU.	Nettonoll räknas som resultatbaserad klimatfinansiering. Undertecknare av San Jose Principerna vid COP (25) i Madrid.
Schweiz	50 % jämfört med 1990	27 (hela ekonomin)	35 (om hela ekonomin) ca 25 om enbart utanför ETS (NC7)	8	Landets off-set program gäller perioden 2021–2030 och omfattar sammanlagt drygt 50 miljoner ton utsläppsminskningsenheter	Målet om 50 % utsläppsminskning kan till två femtedelar nås med skyldiga att genomföra kompensationsåtgärder. För att genomföra skyldigheten har en särskild fond inrättats, Klic-fondation, Fonden genomför upphandlingar av artikel 6 projekt i andra länder. Undertecknare av San Jose Principerna vid COP (25) i Madrid.	Inköp av off-sets regleras i landets klimatlag. Landets drivmedelsleverantörer är skyldiga att genomföra kompensationsåtgärder. För att genomföra skyldigheten har en särskild fond inrättats, Klic-fondation, Fonden genomför upphandlingar av artikel 6 projekt i andra länder. Undertecknare av San Jose Principerna vid COP (25) i Madrid.

Land	Målformulering 2030	Utsläppsmål 2030 (Mton CO ₂ e)	Prognos 2030 (Mton CO ₂ e) (WEM och WAM (Canada))	Gap 2030 (Mton CO ₂ e)	Förvärv 2021–2030	Kommentar	Off-sets eller resultat-baserad klimatfinansiering, syn på artikel 6 ambition
Japan	26 % jämfört med 2013 inkl. LULUCF	1042	1079	37	50–100 miljoner ton per år i NDC:n	Siktat på ytterligare åtgärder inom landet. Antar en användning av JCM på mellan 50 och 100 miljoner enheter per år i NDC:n.	Kombinerat deltagande i internationella mekanismer med spridning av japansk lågutsläppsteknik.
Australien	26–28 % jämfört med 2005 in-klusive LULUCF	431–443	570	Svårbedömt pga. LULUCF och annan bokföring		Utredar åtgärder utomlands, vill använda LULUCF bokföring och KP2-överskott för målfyllnelse istället.	
Kanada	30 % jämfört med 2005 inkl. LULUCF-bidrag	540	616–701	(76–161) 52–137 med LULUCF-bidrag på 24 miljoner ton	Punktmål	Betonar genomförande av ytterligare åtgärder i landet, kommer räkna med bidrag från LULUCF-sektorn, 20–40 miljoner ton.	Ingen särskild inriktning mot att bidra till ambitionshöjning med artikel 6.
Sverige	63 % jämfört med 1990, exklusive LULUCF och ETS-sektorn	17	27	max 3,7 av 10	Successiv uppbyggnad?	Se kapitel 3 om det svenska klimatramverket.	
Totalt 2030				ca 140–225 miljoner år 2030, alla utom Australien, medräknade		Intervall 2021–2030 påverkas främst av omfattningen av det japanska systemet. Intervall 2030 påverkas främst av utvecklingen i Kanada.	
Perioden 2021–2030					900 miljoner ton		

Källa: Egen bearbetning av underlag från Climate Action Tracker (2018), Canadas Greenhouse gas and air pollutants emissions projections (2019), UNFCCC 7th national communication reports samt ländernas nationella klimatplaner.

Vid sidan av de möjliga köparländerna i tabellen ovan finns även några länder som vill verka för att de bidrag landet ger till klimatfinansiering blir mer resultatbaserade genom regelverket under artikel 6. Till denna grupp hör främst Tyskland och Storbritannien.

Den sammanlagda efterfrågan på mellan 140 och 250 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år 2030 som sammanräkningen i tabell 15.2 resulterar i, kan exempelvis jämföras med avståndet mellan de (ovillkorade) klimatplanerna och IPCC:s 2- respektive 1,5-gradersscenarer, se ovan. Totalt 200 miljoner ton minskade utsläpp motsvarar omkring 1 procent av gapet mellan en bana där de nationella klimatplanerna uppnås och en bana som tar sikte på att begränsa den globala temperaturökningen med högst 2 grader.

För att den här marknaden ska kunna bidra till en global ambitionsnivåhöjning behöver ländernas mål bli betydligt ambitiösare, samtidigt som de potentiella värdländerna öppnar för handel med utsläppsbegränsningsenheter i högre utsträckning än i nuläget. Om formerna för artikel 6-samarbeten också utvecklas på ett sätt som understödjer styrmedelsskärpningar och andra ambitionsnivåhöjningar i värdländernas klimatplaner (se kapitel 13 och 14) kan handeln dessutom potentiellt ge en större utväxling, dvs. bidra till en ökad ambitionsnivå som överstiger antalet utsläppsenheter som förvärvas. Bestämmelser om att delar av förvärven måste annulleras skulle också kunna bidra till en global ambitionshöjning.

Vid klimatmötet i Madrid 2019 COP (25), tillhörde Schweiz, Norge, Tyskland, Storbritannien, Sverige och Nya Zeeland den grupp av ett trettiotal länder som skrev under ett gemensamt dokument med ett antal principer som växthusgasmarknader under Parisavtalets artikel 6 behöver uppfylla för att säkerställa en hög miljöintegritet och möjliggöra ett ambitiöst resultat, de s.k. San Jose principerna.³⁶ Bland de som undertecknade dokumentet märktes även en rad ytterligare EU- länder.

Det är dock sammantaget svårt att se, utifrån situationen 2019, att länder inom G20-gruppen och andra höginkomstländer kommer efterfråga några större mängder utsläppsbegränsningsenheter från andra länder enligt Parisavtalets artikel 6 utifrån nuvarande nivå på

³⁶ <https://cambioclimatico.go.cr/press-release-leading-countries-set-benchmark-for-carbon-markets-with-san-jose-principles/>

ländernas klimatplaner och de potentiella skärpningar som kan vara aktuella och diskuteras i närtid.

År 2020 och sedan 2025 ska ambitionsnivåerna i klimatplanerna skärpas enligt Parisavtalet.³⁷ Då skulle den flexibilitet som åtgärder i andra länder bidrar med dels kunna erbjuda en väg framåt för länder, och potentiellt även regioner, som vill skärpa sina nationella bidrag, dels ha goda chanser att leva upp till dem, även om utvecklingen nationellt inte skulle lyckas helt i enlighet med de uppsatta skärpta målen.

Om fler höginkomstländer dessutom skulle inrikta sig på att kanalisera delar av sina bidrag till klimatfinansiering på ett sätt som innebär att minskningsåtgärderna uppfyller artikel 6-regelverket, s.k. resultatbaserad klimatfinansiering, skulle de möjliga volymerna kunna öka ytterligare.

15.2.5 Internationell flygfart en större köpare av internationellt verifierade utsläppsminskningar än länder under Parisavtalet

FN:s gemensamma luftfartsorganisation ICAO beslutade 2016 att införa det globala, marknadsbaserade styrmedlet CORSIA.

CORSIA innebär att ökade koldioxidutsläpp från flyget, utöver utsläppsnivån 2020, efter 2021 måste kompenseras med utsläppsminskande åtgärder. Eftersom åtgärderna inom flygsektorn bedöms som mer kostsamma relativt sett, ger överenskommelsen möjlighet att helt eller delvis kompensera ökningen med utsläppsbegränsningsenheter från åtgärder utanför flygsektorn.³⁸

CORSIA omfattar endast internationellt flyg och reglerar endast utsläppen av koldioxid, inte flygets höghöjdseffekter, och det inleds med två infasningsperioder: en pilotfas 2021–2023 och en första fas 2024–2026. Systemet blir obligatoriskt 2027. En stor del av parterna till avtalet, motsvarande uppemot 90 procent av utsläppen, har dock uttalat att de avser delta i systemet från start.

³⁷ Parter kan genomföra skärpningar även vid andra tillfällen.

³⁸ Om systemet även hade omfattat det internationella flygets befintliga utsläpp från 2020 och framåt hade kompensationsåtgärderna i stället behövt uppgå till cirka 550 miljoner ton koldioxid per år redan från startåret.

Systemet kommer att ses över vart tredje år och ändras vid behov. Det finns därmed i princip möjlighet att skärpa systemet efter hand. Kraven på de minskningsenheter som ska få handlas inom systemet har fastställts inom ICAO.³⁹ Det åligger sedan varje medlemsstat att genomföra dessa regler i sina nationella regelverk.

För att ett klimatkompensationsprogram eller system ska få sälja sina verifierade utsläppsminskningar till flygbolag inom CORSIA krävs bl.a. att utsläppsminskningarna inte redan planerats att genomföras inom ramen för andra åtaganden. Utsläppsminskningarna måste alltså vara additionella för att accepteras. Både enheter framtagna inom ramen för olika FN-system, nationella system och sådana som utvecklats för den s.k. frivilligmarknaden kan komma att godkännas inom CORSIA.

En stor del av de CDM-projekt och program som fortfarande är aktiva och som har startats under senare år (se avsnitt 15.2.8 nedan) kan komma att bli den typ av projekt som de flygbolag som ingår i CORSIA förvärvar utsläppsminskningenheter från i inledningen. Även insatser inom REDD+ är uppe till diskussion. Det pågår även en diskussion om hur gamla redan aktiva program kan tillåtas vara för att godkännas inom CORSIA, denna gränsdragning kommer bli betydelsefull för hur efterfrågan på nya åtgärder kan komma att utvecklas under de närmaste åren.⁴⁰ Även enheter från nya insatser som utvecklas i enlighet med bestämmelserna under Parisavtalets artikel 6 kan på sikt bli aktuella.

Flygbolagen kan på detta sätt komma att vilja förvärva enheter från utsläppsbegränsningsåtgärder som de (i nuläget ganska få) länder som under Parisavtalet också kan komma att efterfråga.

I och med ikraftträdandet av Parisavtalet förutsätts i stort sett alla världens länder behöva minska sina utsläpp i enlighet med sina egna klimatplaner (se kapitel 14).

Flygbolagens egna regler ställer bl.a. krav på att det ska gå att verifiera att de projekt som ingår i olika typer av klimatkompenseringsprogram eller system som godkänns för CORSIA verkligen bidrar

³⁹ De kvalitetskriterier som enheterna måste uppfylla anges i ett särskilt kriteriedokument. (Attachment B to SL ENV 6/1 – 18/110). Enligt kriterierna ska enheterna vara: additional, based on a realistic and credible baseline., quantified, monitored, reported and verified, have a clear and transparent chain of custody, represent permanent emissions reductions, assess and mitigate against potential increase in emissions elsewhere, only counted once towards a mitigation obligation, do no net harm.

⁴⁰ Therese Sjöberg Transportstyrelsen. Personlig kommunikation (2019).

med additionella utsläppsminskningar. Flygbolagen finner det också angeläget, men ser det inte primärt som deras ansvar, att de utsläppsenheter som förvärfvas inte samtidigt också tas i anspråk av det värmland där utsläppsminskningen genomförs.⁴¹ Det är denna risk för dubbelräkning (*double claiming*) som regelboken under Parisavtalet försöker hantera med s.k. *corresponding adjustments* när det gäller överföringar av enheter från utsläppsbegränsningar mellan parter under avtalet (se kapitel 14).

Enligt tidigare beräkningar kan CORSIA behöva förvärva utsläppsminskningseenheter motsvarande 1,6–3,7 miljarder ton⁴² under perioden 2021–2035. Under perioden 2021–2030 kan systemet sammanlagt komma att efterfråga omkring 1 miljard ton utsläppsenheter.

Om efterfrågan från det internationella flyget antas öka linjärt, men med en något lägre anslutningsnivå under systemets första två faser, kan efterfrågan uppskattas komma att uppgå till omkring 200–300 miljoner ton 2030. Det innebär i så fall att CORSIA kan komma att stå för en något större efterfrågan än den möjliga efterfrågan som summerats i tabell 15.2 från några höginkomstländer, dvs. 140–220 miljoner ton just 2030. Noteras bör också att flera av de potentiella köparländerna under Parisavtalet enbart har formulerat punktmål till 2030, varför ländernas kumulativa efterfrågan perioden 2021–2030 blir lägre jämfört med flygbolagens.

Flygbolagen inom CORSIA behöver dessutom kunna förvärva utsläppsenheter i god tid eftersom systemet startar 2021.

Det är i nuläget osäkert i hur hög utsträckning CORSIA kan komma att påverka efterfrågan av enheter under artikel 6. Hur stort detta samspel kommer bli påverkas bl.a. av om flygbolagen inom CORSIA kommer att kunna välja att förvärva enheter från redan aktiva projekt som startat tidigt samt projekt inom markanvändning och skogsbruk (REDD+) samt hur strikta reglerna om *corresponding adjustments* kommer att bli.

⁴¹ IATA inlägga till ICAO-möte hösten 2019.

⁴² Ökoinstitut (2017).

15.2.6 Utsläppshandelssystem och annan koldioxidprissättning driver i viss utsträckning på utvecklingen av marknader för åtgärder i andra länder

Genomgången i tabell 15.1 ovan pekade i några fall även på att handelssystem som införts på delstatsnivå i USA och Kanada samt på nationell nivå, exempelvis i Sydkorea, även skulle kunna bidra till viss efterfrågan av utsläppsbegränsningar genom projekt i andra länder.

Världsbankens genomgång av utvecklingen av marknader med koldioxidprissättning världen över visar att den här typen av system ökar i omfattning och nu täcker cirka 15 procent av de samlade utsläppen av växthusgaser i världen.⁴³ Andelen bedöms dessutom komma att öka till 20 procent om Kina inför sitt planerade utsläppshandelssystem 2020.

Koldioxidprissättningen världen över utgörs i 28 fall av utsläppshandelssystem, främst regionala sådana, och i 29 fall i form av koldioxidkattning, främst på nationell nivå. De regionala handelssystemen ökar förutsättningarna för att utveckla internationell handel och inkluderar även ofta vissa möjligheter att delta i system för klimatkompensation.

Koldioxidpriserna i systemen är på en nivå som ligger relativt långt under den nivå som bedöms krävas för en utveckling i linje med Parisavtalets temperaturmål. Prisnivåerna har dock gått upp sedan 2017. Några av systemen har därtill kopplingar till internationella mekanismer (Sydkorea, Mexiko) eller mekanismer i regioner (Kalifornien, Quebec).

Industri- och energianläggningar i Norge, Island, Liechtenstein och Schweiz ingår i EU:s utsläppshandelssystem. Handelssystemen i Nordamerika har också vissa länknings mellan sig.

I drygt 50 procent av de nationella klimatplanerna uttrycks dessutom tankar och ambitioner i riktning mot att använda koldioxidprissättning som ett av styrmedlen för att nå uppsatta mål.⁴⁴

⁴³ Världsbanken (2019).

⁴⁴ Men det är fortfarande betydligt vanligare att tillämpa andra styrmedel för att ge incitament till åtgärder och indirekt prissätta koldioxidutsläpp på olika marknader. Inom energipolitikens område finns det exempelvis förnybarhetsmål i 179 länder på någon nivå. Så kallade feed-in-tariffer används i 113 länder medan omvända auktioner används i 84 länder. Produktlagstiftning driver på en utveckling mot successivt ökande energieffektivitet och lägre koldioxidutsläpp från olika varor på allt fler marknader (byggnader, energieffektivare apparater, bränsleförbruknings- och CO₂ krav på personbilar och lastbilar). Förbud har också börjat tillämpas på några områden (F-gaser, glödlampor).

15.2.7 Osäkert hur frivilligmarknaden för klimatkompensation utvecklas

Begreppet frivilligmarknad har uppstått för att tydliggöra skillnaden mot den reglerade marknaden för utsläppsminskningar i andra länder som skapades genom Kyotoprotokollet, där länderna med utsläppsbegränsningsåtaganden har kunnat förvärva och använda utsläppsrätter för att möta del av sina bindande åtaganden. Frivilligmarknaden utgörs av enskilda system för att utfärda verifierade och certifierade utsläppsminskningenheter som kan förvärfas av privata köpare (individer eller organisationer) som vill kompensera sin klimatpåverkan. Frivillig klimatkompensation har förekommit sedan början av 2000-talet och ett flertal standarder har utvecklats, exempelvis The Verified Carbon Standard (VCS)⁴⁵ och Gold Standard. Även utsläppsminskningenheter från CDM-aktiviteter kan förvärfas respektive annulleras⁴⁶ för frivillig klimatkompensation.

Frivilligstandarder saknar internationell tillsyn, och de standarder som förekommer skiljer sig åt när det gäller metodutformning, men de inkluderar som regel krav om additionalitet, permanens och läckage av utsläpp⁴⁷.

I princip alla utsläppsminskningenheter som utfärdas inom ramen för frivilligstandarder har verifierats av en oberoende tredje part. Några få standarder dominerar marknaden i stort; 2016 svarade enheter som certifierats genom VCS för 58 procent av alla transaktioner på frivilligmarknaden, Gold Standard för 17 procent samt CDM och Climate Action Reserve för 8 procent vardera⁴⁸.

De årliga volymer som har omsatts på frivilligmarknaden har varierat avsevärt över tid. År 2005 omsattes 12,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter på marknaden, vilket växte till toppnoteringen 134,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter 2008. Efter några år med över 100 miljoner ton koldioxidekvivalenter årligen började marknaden krympa från 2013 och har därefter legat på mellan 60 och 85 miljoner ton koldioxidekvivalenter årligen. Under den senaste tiden har storleken på frivilligmarknaden ökat igen, trots de osäkerheter som finns om regelboken under Parisavtalet.⁴⁹

⁴⁵ Tidigare kallad Voluntary Carbon Standard.

⁴⁶ <https://offset.climateneutralnow.org>

⁴⁷ Med läckage menas i det här sammanhanget när utsläpp som minskas genom en aktivitet i stället uppstår (som en konsekvens av den aktuella aktiviteten) någon annanstans.

⁴⁸ Hamrick och Gallant (2017).

⁴⁹ Voluntary Carbon market insights (2018).

Bland de projektkategorier som dominerar på frivilligmarknaden märks projekt som bidrar till att förhindrad avskogning, ökad energi-effektivisering och förnybar energi på hushållsnivå samt vindkraft och projekt som förhindrar utsläpp av metan. Ungefär hälften av alla utsläppsminskningensenheter som såldes 2016 hade sitt ursprung i Asien, en fjärdedel i Nordamerika och resterande marknadsandel delades lika mellan Latinamerika och Afrika.

Under våren 2019 startades en experimentell handelsplats för projekt för negativa utsläppstekniker i Skandinavien.⁵⁰ Eftersom det än så länge saknas utvecklade officiella metoder för att mäta, rapportera och verifiera den här typen av åtgärder har de inblandade företagen påbörjat en egen metodutveckling. Inledningsvis ingår biokol, användning av trä som byggmaterial och användning av konstruktionsmaterial som delvis fångar in koldioxid från atmosfären bland de tre projekttyper som kan generera minskningensenheter för frivillig klimatkompensation på den nya marknadsplatsen.

Förutsättningarna för frivillig klimatkompensation kommer att förändras i grunden i och med att Parisavtalet börjar gälla från 2020. Länder som tidigare inte har haft några utsläppsbegränsningsåtaganden kommer att hamna i en ny situation, när de kommer att behöva räkna av utsläppsbegränsningsåtgärder som genomförts i det egna landet men som överlåtits till någon annan part, mot mål i den egna klimatplanen. Eftersom utsläppsbegränsningensenheter inte får dubbelräknas kan utsläppsbegränsningar inte både räknas mot ett världslands mål under Parisavtalet och säljas för kompensation av någon annans utsläpp.

I teorin kan klimatkompensationsprojekt genomföras i sektorer som inte täcks av mål i den nationella klimatplanen, men det innebär en minskning av den totala potentialen. Successivt bör även en allt större del av de globala utsläppen täckas av mål i nationella klimatplaner.

Frivilligmarknadens aktörer kommer att behöva anpassa sig till den nya policykontext som uppstår genom Parisavtalet. Detta är en diskussionsfråga, där två huvudalternativ förekommer i diskussionen⁵¹.

⁵⁰ www.fortum.com/media/2019/04/worlds-first-marketplace-co2-removals-launched-reverse-climate-change

⁵¹ Hermwille och Kreibich (2016), Gold Standard Foundation (2018).

En möjlighet är att *utveckla rutiner som säkerställer att utfärdande och överföring av utsläppsbegränsningsenheter hanteras i värdländers nationella bokföring och rapportering av växthusgaser* och att det i samband med detta görs adekvata justeringar i relation till mål i ländernas nationella klimatplaner. Länders vilja att ingå sådana överenskommelser kan dock vara begränsade, eftersom sådan överföring kan äventyra värdländers möjligheter att klara egna nationella klimatmål. Barriären kan dessutom bedömas bli allt större allteftersom potentiella värdländers egna mål i de nationella klimatplanerna skärps.

Frivilligmarknaden kan då som ett alternativ gå över från klimatkompensation till *stöd för utsläppsbegränsningar som räknas mot värdländers nationella klimatplaner*. I det senare fallet vore det dock inte tillåtet (falsk marknadsföring) för köpare av utfärdade ”stödcertifikat” att kommunicera detta som kompensation för egna utsläpp. Inriktningen skulle i stället kunna ses som frivilligmarknadens bidrag till internationell klimatfinansiering.

15.2.8 Enheter från aktiva CDM-projekt kan komma att godkännas under Parisavtalets artikel 6

New Climate Institute m.fl. har i ett diskussionspapper⁵² undersökt hur stora volymer i form av ytterligare utsläppsminskningenheter som pågående CDM-projekt⁵³ skulle kunna bidra med fram till 2020 samt till vilka marginalkostnader. Enligt studien finns det en omfattande potential på uppemot 3,7 miljarder ton, vars marginalkostnad är lägre än 1 euro per ton, främst från pågående projekt för förnybar elproduktion i form av vindkraftverk och vattenkraftverk. Sådana projekt betraktas som robusta, dvs. de skulle inte tas ur drift om CDM-intäkterna skulle utebli⁵⁴. Ytterligare 0,7 miljarder ton reduktionsenheter kommer från mer sårbara projekt till högre marginalkostnader.

De mer sårbara CDM-projekten kan komma att stoppas om inte ytterligare CDM-intäkter erhålls. Bland dessa finns t.ex. projekt som samlar in och destruerar metangas samt program för introduktion av hushållsspisar med lägre bränsleförbrukning.

⁵² UBA (2018).

⁵³ CDM-projekt kan maximalt krediteras under en period av tio år eller alternativt under tre perioder på sju år.

⁵⁴ Investeringarna är redan gjorda och den främsta intäktskällan kommer inte från försäljning av utsläppsminskningenheter.

I diskussionspapperet konstateras att om ingen inskränkning görs i hur enheter från projekt som inte bedöms behöva ytterligare stöd för sin fortsatta drift får användas framöver, t.ex. inom CORSIA, så kan den bedömda efterfrågan från CORSIA fram till 2035 potentiellt helt täckas av den här typen av enheter.⁵⁵

I de internationella förhandlingarna om Parisavtalets regelbok kopplad till artikel 6 är frågan om överföring av CDM-enheter under Parisavtalet fortfarande en öppen fråga.

15.2.9 Pågående pilotprojekt ger en inledande bild av handeln under Parisavtalets artikel 6

Sammanställningar och analyser av inledande piloter i form av gemensamma samarbeten mellan länder enligt artikel 6.2, och aktiviteter för att utveckla mekanismen under artikel 6.4, visar att det finns ett växande antal nyligen startade samarbeten av den här typen i Latinamerika, Afrika och Asien.⁵⁶ De är mestadels konceptuella i sin utformning, dvs. i grunden virtuella testpiloter som inte behöver resultera i konkreta insatser. Den vanligaste projekttypen är åtgärder inom småskalig energiteknik (energieffektiva spisar och mikronät med solel) och åtgärder inom avfallssektorn (insamling och omhändertagande av deponigas, i vissa fall för elproduktion). Några exempel på mer storskaliga energiprojekt finns också, t.ex. på området energieffektivare byggnader. Piloterna är lokaliserade i medelinkomstländer men i mindre utsträckning i länder med relativt stora utsläpp.

Bland initiativen finns också sådana som startade innan Parisavtalet kom på plats men som bedöms kunna komma att uppfylla de kommande kraven under artikel 6. Till denna kategori hör energiprojekt i Asien som utvecklats kopplat till den japanska mekanismen för gemensam kreditering (*Joint Crediting Mechanism*, JCM). Till denna kategori hör också aktiva CDM-projekt och CDM-program för att utveckla CDM-projekt som nu kan komma att omformas så de uppfyller kraven under artikel 6.4 eller 6.2 om så blir möjligt.

Slutligen finns också några samarbeten som har inletts för att bidra till kapacitetsutveckling i länder och förberedelse för växthusgasmarknader på olika sätt.

⁵⁵ UBA (2018).

⁵⁶ Climate Focus (2019), Climate Finance Innovators (2019).

För att undvika avskogning och bidra till ökade kolsänkor genom beskogning och återbeskogning finns också ett antal bilaterala och multilaterala initiativ som utvecklats under FN-programmet för att minska utsläppen från avskogning och ohållbar skogsskötsel i utvecklingsländer, REDD+. Det är dock högst oklart om den sistnämnda typen av initiativ kommer kunna räknas under artikel 6 (6.2 eller 6.4) eller som resultatbaserad klimatfinansiering.

Intrycket av de inledande pilotaktiviteterna är att de i relativt hög utsträckning bygger vidare på de åtgärdsområden där sena CDM-projekt befann sig, dvs. i mindre låginkomst- och medelinkomstländer, av typen småskalig energiteknik samt metangasinsamling i avfallssektorn.

15.3 Scenario 2 *höjd ambitionsnivå*

I inledningen av kapitlet konstaterades att avståndet är betydande mellan dagens klimatplaner och de ambitioner som behöver sättas upp för att de samlade utsläppen i världen ska utvecklas i linje med Parisavtalets temperaturmål. Parisavtalet förutsätter samtidigt att parterna successivt skärper sina bidrag över tid för att försöka överbrygga dessa ambitionsgap.

Men vilken typ av systemomställande åtgärder behöver genomföras i stor skala enligt globala utsläppsminskningsscenarioer om sådana skärpningar skulle ske de närmaste åren, så att ambitionen sammantaget ökar betydligt? Och var behöver åtgärderna ske vid en kostnadsoptimerande ansats? Genomgången nedan syftar till att besvara dessa frågor.

15.3.1 Hur minskar utsläppen i globala 1,5- och 2-gradersscenarier?

FN:s klimatpanel IPCC redovisar och analyserar resultat från modellerade kostnadsoptimerande globala utsläppsscenarioer som med viss sannolikhet kan vara förenliga med en begränsning av den globala temperaturökningen till 2 respektive 1,5 grader Celsius jämfört med den förindustriella nivån.

Den främsta skillnaden mellan de två ambitionsnivåerna är *minskningstakten* de närmaste decennierna som påverkas av att den återstående koldioxidbudgeten är betydligt mindre i de mer ambitiösa scenarierna. I 2-gradersscenarierna minskar utsläppen i medeltal med 25 procent till 2030 jämfört med dagens nivåer, medan de minskar med mer än det dubbla i 1,5-gradersscenarierna. Växthusgasutsläppen når nettonollutsläpp omkring 2070 respektive omkring 2050 i 2-graders respektive 1,5-gradersscenarierna.

Men även den lägre minskningstakten i 2-gradersscenarierna innebär ett betydande trendbrott jämfört med den nuvarande utvecklingen. I scenarierna tre- respektive femfaldigas investeringarna i fossilfri energitillförsel, främst i eltillförselsektorn och genom energieffektiviseringar på efterfrågesidan jämfört med dagens utveckling.⁵⁷

Stora och snabba systemomställningar

Skillnaden i utsläppsutveckling mellan 2- respektive 1,5-gradersscenarierna gäller främst växthusgasen koldioxid. De ytterligare utsläppsreduktioner som behövs för det ambitiösare temperaturmålet (1,5 grader jämfört med 2 grader) åstadkoms enligt modelleringarna genom en större minskning av utsläppen från användning av fossila bränslen för transporter, i industrin och i byggnader världen över.

Utsläppen från eltillförselsektorn minskar till mycket låga nivåer till 2050 redan i 2-gradersscenarierna. 1,5-gradersscenarierna utmärks av en ännu snabbare reduktionstakt inom eltillförsel till 2035, samtidigt som mycket mer omfattande utsläppsminskningar sker på efterfrågesidan.⁵⁸

1,5-gradersscenarierna karaktäriseras också av större bidrag från negativa utsläpp från bioenergi med avskiljning och lagring av koldioxid (bio-CCS), varav merparten sker efter 2050, samt ett ökat upptag av koldioxid genom förstärkning av sänkor, genom att avskogning upphör och kolinlagringen ökar genom främst markrestaurering⁵⁹ och ökad beskogning. De sistnämnda åtgärderna har en betydligt tidigare introduktion än bio-CCS i scenarierna och genomförs i hög grad redan före 2030; de genomförs även delvis i 2-gradersscenarierna.

⁵⁷ UNEP (2018).

⁵⁸ Rogelj m.fl. (2015), Rogelj m.fl., IPCC (2018).

⁵⁹ I senare års litteratur benämns den här typen av åtgärder "natural climate solutions".

Åtgärder som möjliggör en hög integrering av variabel förnybar elproduktion är också centrala i 1,5-gradersscenarierna och på lite längre sikt även i 2-gradersscenarierna.

Ovan nämnda åtgärder är både sådana som kan genomföras till relativt låga kostnader redan i dag och sådana som av olika skäl är något dyrare att genomföra. Åtgärderna för ofta med sig sidonyttor men de ställer krav på investeringskapital och kapacitet för att kunna genomföras.⁶⁰ Att åtgärder kostar mer kan ha flera förklaringar – dels kan det bero på att de rent tekniska åtgärdskostnaderna skiljer sig åt mellan sektorer, bl.a. beroende på hur långt den tekniska utvecklingen nått, dels är barriärerna för genomförande av åtgärder olika stora.

Resultaten från modelleringar av lågutsläppsscenarioer visar även att de globala genomsnittspriserna på marginalen vid omställningar i enlighet med 1,5-gradersmålet kan komma att närma sig, och till och med överstiga, nivån på styrningen⁶¹ relativt snabbt, framemot 2030, och kostnaderna för åtgärder i Sverige och andra höginkomstländer på marginalen i dag.

De resulterande marginalkostnaderna (de s.k. skuggpriserna⁶² för att minska utsläppen av växthusgaser påverkas av en rad faktorer, bl.a. av hur den globala energiefterfrågan antas utvecklas i det aktuella scenariot, hur detaljerad modellens teknikrepresentation är samt hur aktörernas prisförväntningar modelleras⁶³.⁶⁴ Även socioekonomiska antaganden och antaganden om hur harmoniserad den globala klimatpolitiken är påverkar prisnivån.

I IPCC-scenarierna görs olika antaganden om hur snabbt nivån på styrningen konvergerar världen över. Om scenarierna bygger på den gemensamma socioekonomiska utvecklingen i det s.k. SSP1-scenariot⁶⁵ sker denna konvergens redan före 2030, medan den socioekonomiska utvecklingen i det s.k. SSP2-scenariot tillåter en mer fragmenterad utveckling under längre tid.

⁶⁰ Se exempelvis JRC (2018). Enligt IPCC:s 1,5-gradersrapport är det främst åtgärder på efterfrågesidan som för med sig många samtidiga nyttor i förhållande till FN:s hållbarhetsmål.

⁶¹ I form av direkta och indirekta koldioxidpriser.

⁶² Dessa skuggpriser kan inte översättas direkt till koldioxidskattenivåer eller till utsläppsrättspriserna i utsläppshandelssystem. Se Rogelj m.fl., IPCC (2018) kapitel 2 s. 152.

⁶³ Med närsynhet eller med s.k. *perfect foresight*.

⁶⁴ Rogelj m.fl., IPCC (2018) kapitel 2 s. 152–154.

⁶⁵ SSP är en förkortning för *shared socioeconomic pathways*.

I 2-gradersscenarierna sker ökningen av priserna på marginalen långsammare och priserna sammanlagt stiger inte till lika höga nivåer som i 1,5-gradersscenarierna. Den främsta förklaringen till denna skillnad är att den sammanlagda utsläppsbudgeten är större för dessa scenarier än för motsvarande 1,5-gradersscenarier.

Utsläppsminskningar inom befintligt system

Det genomförs även en del åtgärder av karaktären ”*end of pipe*” i befintliga sektorer i både 2- och 1,5-gradersscenarierna. Sådana åtgärder kan dock inte betecknas som systemomställande, eftersom de inte bidrar till att användningen av eller koldioxidutsläppen från fossila bränslen fasas ut eller att inriktningen på markanvändningen inom jord- och skogsbruk förändras i någon större omfattning.

Exempel på åtgärder inom befintligt system (s.k. inkrementella åtgärder) är sådana som sänker utsläppen av lustgas, metan och fluorerade växthusgaser från olika industriprocesser. Kostnaderna för att genomföra den typen av åtgärder är i en del fall mycket låga och genomförs därför tidigt i modelleringarna.

Ett annat exempel gäller efterbehandling av utsläpp av metan från utvinning av fossil energi. Dessa utsläpp minskar i både 2- och 1,5-gradersscenarierna till följd av övergången till andra energibärare. På väg mot en sådan reduktion kan metan som uppkommer vid utvinning av fossil energi facklas bort, dvs. brännas. Åtgärder som ökar verkningsgraden minskar även metanutsläppen från förbränning av såväl fossila som förnybara bränslen.⁶⁶

Åtgärden att samla in metan från avfallsdeponier för destruktion, eller för att nyttja energivärdet i gasen, är också en lågkostnadsåtgärd inom befintligt system som förutsätts genomföras i högre takt och tidigt i både 2- och 1,5-gradersscenarierna.⁶⁷

⁶⁶ JRC (2018).

⁶⁷ JRC (2018).

Mycket snabba utsläppsminskningar i hela världen i 1,5-gradersscenarierna

Den ytterst begränsade koldioxidbudgeten i 1,5-gradersscenarierna leder till att de karaktäriseras av en mycket begränsad flexibilitet i var utsläppsminskningarna behöver ske i världen (se avsnitt 15.3.2 nedan). Styrning och styrmedel behöver införas för att skyndsamt åstadkomma utsläppsminskningar i alla sektorer världen över.

Enligt de kostnadsoptimerande modelleringarna har 2-gradersscenarierna något större utrymme för skillnader i hur mycket utsläppsminskningar som genomförs i olika regioner över tid. Denna flexibilitet förstärks av att även 2-gradersscenarierna tillåter negativa utsläpp på längre sikt, som kompensation för att utsläppsbudgeten överskrids i närtid.

Om denna möjlighet hade begränsats i modelleringen hade även 2-gradersscenarierna resulterat i större utsläppsminskningar i närtid i alla sektorer och regioner världen över.

15.3.2 Störst utsläppsminskningar i medelinkomstländer enligt de modellerade scenarierna i IPCC:s rapporter

En genomgång⁶⁸ av ett flertal av de lågemissionsscenarier som användes som underlag till IPCC:s femte utvärderingsrapport visar bl.a. att sammanlagt endast mellan en femtedel och en tredjedel av utsläppsminskningarna i scenarierna äger rum i Annex 1-länder (dvs. länder som ingick i OECD 1990) fram till 2100.⁶⁹

Det finns två huvudsakliga anledningar till den höga andelen utsläppsminskningar i framför allt medelinkomstländer. För det första är de årliga utsläppen i denna grupp sammanlagt högre än i höginkomstländerna i utgångsläget och i en antagen referensbana väsentligt högre på grund av att utsläppstrenden, utan ytterligare styrmedel, bedöms vara ökande för dessa länder. Bedömningen gäller särskilt Kina, Indien och några ytterligare länder. För det andra bedöms utsläppsminskningspotentialen till lägre kostnader sammanlagt vara större än för länderna inom OECD.

Rogelj m.fl. noterar samtidigt att det sker en svag men konsistent ökning av höginkomstländernas andel av de globala utsläppsminsk-

⁶⁸ Rogelj m.fl. (2015).

⁶⁹ Ibid.(2015).

ningarna i den egna regionen, vid en rörelse från 2-graders- till 1,5-gradersscenarier.

I scenarier som bara tillåter en begränsad användning av negativa utsläppstekniker, främst bio-CCS i modelleringarna, blir denna förskjutning ännu större. Men behovet av omfattande investeringar i utsläpps begränsande åtgärder i medelinkomstländer finns även i dessa scenarier.

I IPCC:s 1,5-gradersrapport⁷⁰ redovisas inte fördelningen av utsläppsminskningar mellan olika regioner för de 1,5- respektive 2-gradersscenarier som modellerats. De mer detaljerade modellresultaten finns dock tillgängliga i en öppen databas⁷¹ som studerats av utredningen. Underlaget till figurerna nedan är hämtade från denna databas. Figur 15.3 visar den regionala fördelningen av nettoutsläppsminskningarna och upptaget av koldioxid i en av de s.k. illustrativa utsläppsbanorna (scenario P1) som lyftes fram i IPCC:s 1,5-gradersrapport. Figur 15.4 visar den regionala fördelningen av utsläppsutvecklingen i ett 2-gradersscenario framtaget med samma modell.

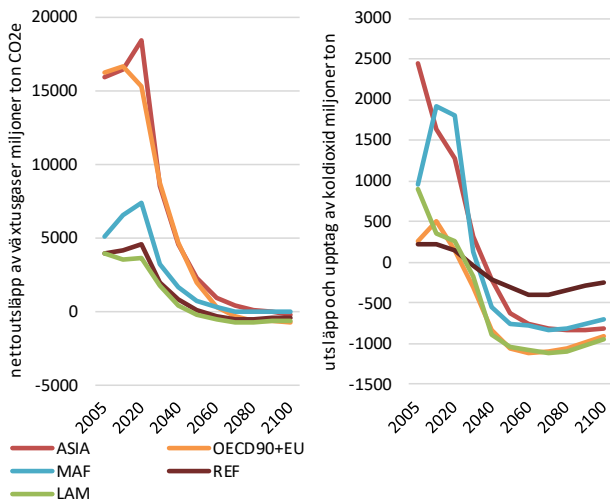
I 1,5-gradersscenariot, där användningen av negativa utsläppstekniker (bio-CCS i modelleringen) begränsats, minskar nettoutsläppen av växthusgaser i ungefär samma snabba takt, i samtliga regioner i världen, jämfört med utsläppsnivån 2010. I regioner som *Mellanöstern och Afrika* (MAF i figurerna nedan), *reforming countries* (REF, länder från den forna Warszawapakten) och *Latinamerika* (LAM) ger ett ökat upptag av koldioxid från markanvändningssektorn genom minskad avskogning, ökad beskogning och återbeskogning ett inte obetydligt bidrag till den snabba sänkningen av nettoutsläppen av växthusgaser redan till 2030, vid sidan av minskningarna i energisektorn.⁷² I 2-gradersscenariot sjunker nettoutsläppen av växthusgaser till noll i ungefär samma takt i de stora utsläppsregionerna Asien och OECD90+EU men når netto noll först mot slutet av århundradet, medan utsläppen i Latinamerika och i länderna som ingick i den före detta Warszawapakten (REF) når netto noll tidigare. Även i detta scenario ger åtgärder som ökar upptaget av koldioxid i jordbruk, skogsbruk och övrig markanvändning ett betydande bidrag till resultatet i dessa regioner.

⁷⁰ IPCC (2018).

⁷¹ Daniel Huppmann, Elmar Kriegler, Volker Krey, Keywan Riahi, Joeri Rogelj, Steven K. Rose, John Weyant, m.fl., IAMC 1.5 °C Scenario Explorer and Data hosted by IIASA. Integrated Assessment Modeling Consortium & International Institute for Applied Systems Analysis (2018). doi: <https://doi.org/10.22022/SR15/08-2018.15429> url: <https://data.ene.iiasa.ac.at/iamc-1.5c-explorer>

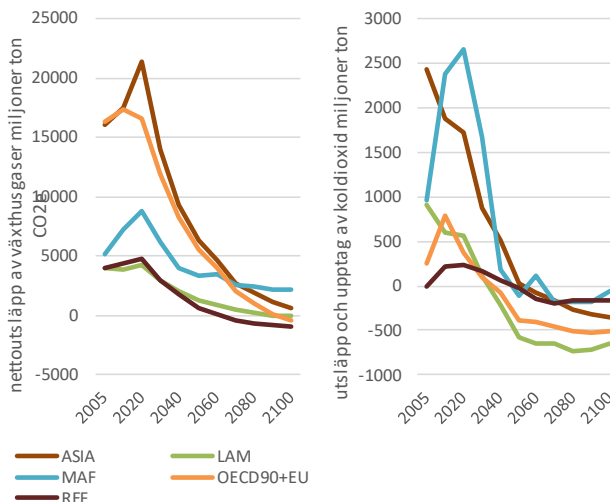
⁷² Ibid.

Figur 15.3 Regional utveckling av nettoutsläpp upptag av växthusgaser i ett 1,5-gradersscenario. Scenario P1 modell AIM/CGE2.0



Anm. Figuren till vänster visar utvecklingen av nettoutsläpp av växthusgaser och figuren till höger visar utsläpp och upptag i jordbruk, skogsbruk och annan markanvändning.
 Källa: Bearbetning av Huppmann m.fl. (2018).

Figur 15.4 Regional utveckling av nettoutsläpp och upptag av växthusgaser i ett 2-gradersscenario. Modell AIM/CGE2.0



Anm. Figuren till vänster visar utvecklingen av nettoutsläpp av växthusgaser och figuren till höger visar utsläpp och upptag i jordbruk, skogsbruk och annan markanvändning.
 Källa: Bearbetning av Huppmann m.fl. (2018).

Modellresultatens regionala fördelning beror i hög utsträckning av de bedömningar som gjorts av framtida tekniska utsläppsminskningspotentialer i olika regioner världen över på olika kostnadsnivåer.

Bedömningarna tar dock mindre hänsyn till att det kan finnas större barriärer, och därmed högre kostnader, för genomförande av investeringar i praktiken, i länder med svagare ekonomier och sämre utvecklad styrning och kapacitet, jämfört med motsvarande situation i åtminstone några av höginkomstländerna.⁷³

Modelleringarna är kostnadsoptimerande och tar därmed liten hänsyn till globala fördelnings- och rättvisaspekter så som de uttrycks i klimatkonventionen och i Parisavtalet.

Fördelningen av ansträngningar ändras jämfört med modellresultaten om höginkomstländer (främst inom OECD90+EU i modelleringen) åtar sig större inhemska utsläppsminskningar än vad modellresultaten visar och/eller gör ytterligare åtaganden om åtgärder i andra länder, genom klimatfinansiering och/eller mer ambitiösa globala minskningsåtaganden som tillåter att utsläppsminskningarna delvis genomförs utanför landets gränser.

Olika s.k. ansträngningsfördelningsprinciper⁷⁴ används i forskningen för att beräkna och regionalt fördela återstående utsläppsutrymmen under globala 2- och 1,5-gradersscenarier på ett sätt som väger in olika aspekter på hur en rättvis fördelning av utrymmet skulle kunna se ut.

Tillämpningen av de olika fördelningsprinciperna ger genomgående till resultat att höginkomstländernas utsläppsutrymmen blir mer begränsade än vad modellerade kostnadsoptimerade resultat visar.

En del fördelningsprinciper, framför allt de som baseras på ländernas historiska utsläpp, ger resultat som inte är möjliga att nå om inte höginkomstländernas inhemska utsläppsminskningar kombineras med klimatfinansiering och/eller utsläppshandel som bidrar till utsläppsminskningar även i andra länder.⁷⁵

⁷³ Committee on Climate Change (2019).

⁷⁴ Baserade på rättvisa, jämställdhet och effektivitet. Fördelningen kan utgå från per capita konvergens på sikt (till 2050 exempelvis) eller direkt, kumulativ per capita konvergens (väger in historiska utsläpp), fördelning utifrån bnp per capita (ability to pay) m.m.

⁷⁵ van den Berg m.fl. (2019).

Större potential att bidra till den globala utsläppsutvecklingen genom ett ökat upptag av koldioxid än minskade utsläpp i de minst utvecklade länderna i världen

Utvecklingen av utsläppen i de minst utvecklade länderna i världen är i kvantitativa termer av mindre betydelse för utsläppsutvecklingen globalt. År 2012 stod de minst utvecklade länderna (MUL) i världen gemensamt för under 5 procent av de globala utsläppen av växthusgaser inklusive utsläpp från markanvändning, markanvändningsförändring och skogsbruk. År 2015 hade denna andel sjunkit.

Litteraturen med resultat från studier med kopplade globala klimat-, markanvändnings- och energisystemmodeller innehåller relativt sparsamt med information om MUL-länders roll i utvecklingsvägar som är förenliga med ambitiösa klimatmål. IPCC konstaterar att baserat på den begränsade litteratur som finns tillgänglig förutses MUL-ländernas bidrag till de globala växthusgasutsläppen bli högst begränsade även fram till 2050, även om utsläppens tillväxttakt i dessa länder förväntas överstiga det globala genomsnittet.⁷⁶ Enligt scenarier utvecklade av Enerdata⁷⁷ kan koldioxidutsläppen från länder i Afrika söder om Sahara utom Sydafrika ackumulerat för perioden 2015–2050, komma att utgöra knappt 3 procent av de globala utsläppen i ett referensscenario utan ökade klimatambitioner, trots att utsläppen i de berörda länderna i scenarierna antas öka mer än sex gånger under perioden.

Dessa förhållanden innebär inte att det inte också är viktigt att även de minst utvecklade ländernas ekonomier utvecklas på ett sätt som innebär att växthusgasutsläppen begränsas och utvecklingen sker mot en s.k. lågkolekonomi redan från start.

Även de minst utvecklade länderna i världen har mycket att vinna på en energisystemutveckling och en ekonomisk utveckling i övrigt som gör dem oberoende av fossila bränslen, särskilt om utvecklingen går hand i hand med en hållbar utveckling i övrigt för landet. Att undvika inlåsning i fossila energikällor och i stället dra nytta av ny lågutsläppsteknik vars kostnader blir allt mer konkurrenskraftiga torde vara en klok investeringsstrategi.⁷⁸ Även låginkomstländer utvecklar nu utvecklingsstrategier för lågutsläpp (s.k. LEDS) under Parisavtalet. Dessa planer har ofta ambitionen att integrera åtgärder som kan be-

⁷⁶ Clarke m.fl. (2014).

⁷⁷ Enerdata (2016).

⁷⁸ WRI(2018), AID *Whats the role for developing countries in enabling sustainable transitions?* 2019.

gränsa framtida utsläpp av växthusgaser med åtgärder för ökad klimatresiliens på ett sätt som betjänar en hållbar utveckling för landet i stort.⁷⁹

Av större kvantitativ betydelse för den globala utsläppsutvecklingen enligt globala 1,5- och 2-gradersscenarier är däremot den potential som kan finnas för ökat upptag av kol inom markanvändningssektorn i dessa länder, t.ex. genom program för s.k. agroforestry, i form av inlagring av biokol i jordbruksmark och genom återbeskogning och andra åtgärder för markrestaurering. Sådana åtgärder har i forskningsartiklar från senare tid fått benämningen *natural climate solutions*.⁸⁰ Under senare år har även möjligheterna att bidra till ett ökat koluttag i akvatiska ekosystem uppmärksamrats, s.k. *blue-carbonproject*, bl.a. i låginkomstländer.

Faktaruta

Om biokolinlagring i låginkomstländer

I litteraturen framhålls fördelar med biokolinlagring i jord, som gör tekniken särskilt lämpad att genomföras i mindre utvecklade länder. Forskning har visat att afrikanska småbrukare har möjlighet att med bränslesnåla hushållsspisar producera eget biokol i samband med matlagning. Biokolet har gett goda resultat när det använts för jordförbättring, i form av förbättrade skördar och större resiliens mot klimatförändringar.⁸¹

Biokolsystem i form av förgasningsspisar för matlagning som resulterar i biokol för jordförbättring bedöms vara ett kostnads- mässigt konkurrenskraftigt alternativ jämfört med flera andra tekniker för negativa utsläpp och kan genomföras med annan relativt enkel teknik.⁸² Socioekonomiskt betingade barriärer talar dock för att biokolssystem inte kommer att få stor spridning som ger globala bidrag till utsläppsbegränsningar utan omfattande främjandeinsatser. I en diskussion om möjliga stödmekanismer för negativa utsläppstekniker av den här typen framhåller Honegger och Reiner att artikel 6-insatser under Parisavtalet kan ha en potential att bidra med ekonomiska incitament.⁸³

⁷⁹ WRI(2018).

⁸⁰ Griscom m.fl. (2017), Griscom m.fl. (2019).

⁸¹ Kätterer m.fl. (2019).

⁸² Sundberg m.fl. (2019).

⁸³ Honegger, Reiner (2018).

15.3.3 Växthusgasmarknader kan sänka kostnaderna för att nå globala klimatmål förutsatt att länder med högre per capita-utsläpp och högre ekonomisk kapacitet tar på sig mer omfattande åtaganden

Resultat från modelleringar av effekter av växthusgasmarknader i linje med 2-gradersscenarier indikerar att de sammanlagda utsläppsminskningarna globalt skulle kunna nås till en lägre total kostnad när handel möjliggörs, än om lika stora utsläppsminskningar skulle nås enbart genom inhemska utsläppsminskningar utan handel.⁸⁴

Hur stor vinsten med utsläppsmarknaderna blir enligt modelleringarna beror bl.a. på hur minskningsåtagandena antas fördelas mellan länderna. Värdet av utsläppsmarknaden blir större ju högre åtaganden om sammanlagda utsläppsminskningar som länder med höga per capita-utsläpp, och högre marginalkostnader för åtgärder, har tagit på sig. Det omvända gäller också, dvs. ju lägre åtaganden om inhemska utsläppsminskningar som länder med låga per capita-utsläpp och lägre marginalkostnader för åtgärder tar på sig, desto större blir värdet av utsläppsmarknaden vid samma globala utsläppsmål⁸⁵ ⁸⁶.

Kostnadsbesparingen med handel, om ländernas åtaganden förutsätts konvergera till lika per capita-utsläpp, blir lägre ju ambitiösare de globala klimatmålen är. Marginalkostnaden för utsläppsminskningar i rikare och fattigare länder konvergerar när det sammanlagda utsläppsutrymmet närmar sig netto noll.⁸⁷

För att nå nettonollutsläpp behövs även någon form av negativa utsläppstekniker. Vid en överskriden koldioxidbudget kan utsläppen under en period även behöva vara nettonegativa för att kompensera för denna utveckling.

Förutsättningarna för negativa utsläppstekniker kan dock variera mellan regioner och länder.

⁸⁴ Se bl.a. Världsbanken (2016) som i sin modellering utgår från att uppsatta mål enligt ländernas nationella klimatplaner ska nås till 2030 med eller utan handel samt att åtaganden motsvarande lika per capita utsläpp av koldioxid ska nås 2050, även det med eller utan utsläppshandel. En litteraturgenomgång görs även i Naturvårdsverket (2012b) och i underlag från IVL (2019) till denna utredning.

⁸⁵ Ju lägre andel åtgärder till lägre kostnader som omfattas av minskningsåtaganden. Kan också uttryckas som att värdet av utsläppshandel ökar ju större skillnaderna i åtgärds-kostnader antas vara på marginalen mellan olika länder, vid samma globala minskningsmål.

⁸⁶ Världsbanken (2016).

⁸⁷ Se ovan Rogelj m.fl., IPCC(2018) kapitel 2.

Resultaten från några av de scenariomodelleringar som utredningen tagit del av indikerar att förutsättningarna för ett ökat upptag i skogs- och markanvändningssektorn och användning av bio-CCS skulle kunna vara mer fördelaktigt i vissa regioner i världen (framför allt i Latinamerika) jämfört med i OECD-regionen i genomsnitt.⁸⁸

Det finns dock även exempel på länder som saknar eller kan ha betydligt sämre förutsättningar för den ovan nämnda typen av åtgärder.⁸⁹ I Världsbankens modellering var det länder i Mellanöstern och Syd Korea som saknade möjlighet att nå netto-nollutsläpp.

Nya tekniker, främst i form av direktinfångning och avskiljning av koldioxid i atmosfären (*direct air carbon capture and storage*, DACCS) ingår bara i begränsad omfattning i scenariomodelleringarna. Om sådana tekniker förs in i modellberäkningarna kommer de regionala förutsättningarna för negativa utsläpp i olika regioner världen över troligen ändras.

De befintliga scenariorisultaten indikerar dock att samarbeten mellan regioner och länder genom handel och finansiering av åtgärder utanför den egna regionen kan förbättra förutsättningarna att nå netto noll och nettonegativa utsläpp till lägre kostnader oavsett teknisk lösning, så länge förutsättningarna att åstadkomma negativa utsläpp skiljer sig åt i olika delar av världen.

De modelleringsresultat som refereras ovan bygger dock samtliga på förenklingar av olika slag och gäller framtida förhållanden, vilket gör att det finns anledning att vara medveten om att resultaten innehåller en hög osäkerhet.

15.4 Vad kan artikel 6 enheterna komma att kosta?

Som redogörs för i kapitel 14 skapades en internationell utsläppsmarknad i inledningen av 2000-talet, med en efterfrågan som drevs av länders utsläppsbegränsningsåtaganden under Kyotoprotokollet och den efterfrågan som uppstod inom näringslivet i Japan och inom EU:s

⁸⁸ PBL (2018), IVL (2019), Jämför med kommentar ovan om skillnader i investeringsförutsättningar och andra barriärer.

⁸⁹ Världsbanken (2016).

utsläppshandelssystem. Då utvecklades s.k. primär- och sekundärmarknader⁹⁰ för utsläppsminskningenheter från CDM-projekt.

Perioden 2005–2011 fungerade det s.k. spotpriset på sekundärmarknaden som referensnivå för prissättningen på primärmarknaden. Privata aktörer förvärvade enheter på primärmarknaden i syfte att sälja vidare på sekundärmarknaden, varvid relationen mellan prisnivåerna på de två marknaderna etablerades. Eftersom handeln på primärmarknaden inte var standardiserad förekom dock en prisvariation mellan olika förvärvsavtal beroende på en rad faktorer. Prissättningen avseende förvärvsavtal berodde under denna period, förutom på sekundärmarknadspriset, även bl.a. på bedömningar avseende det enskilda projektet samt köparens och säljarens preferenser.

I mitten av 2011 handlades enheter på sekundärmarknaden för upp mot 13 euro per ton, vilket resulterade i höga primärmarknadspriser och starka incitament att skapa nya CDM-projekt inom ett relativt brett spektrum av åtgärdstyper. Under andra halvan av 2011 började priserna sjunka på utsläppsmarknaden. Priserna föll sedan kraftigt och vid årsskiftet 2011/2012 handlades enheterna på sekundärmarknaden för drygt 4 euro per ton. Prisfallet fortsatte, och 2013 fluktuerade sekundärmarknadspriset kring 0,5 euro per enhet för att under 2014 sjunka till ännu lägre nivåer.

Det fortsatta prisfallet förklarades bl.a. med osäkerheter om länders vilja att anta bindande utsläppsminskningensåtaganden inom ramen för ett nytt globalt klimatavtal.

Sekundärmarknadspriset kraftiga fall medförde att det sedan slutet av 2011 inte längre har spelat någon roll som referenspris för primärmarknaden, eftersom intäkter från försäljning av enheter till så låga priser inte gav tillräckliga ekonomiska tillskott för att kunna göra nya CDM-projekt inom förnybar energi och energieffektivisering lönsamma.

Primärmarknadens kvarvarande aktörer började därför tillämpa nya prissättningskoncept. Ett dominerande angreppssätt blev s.k. kostnadsprissättning – en projektspecifik ansats där de finansiella förutsättningarna för enskilda projekts genomförande bedöms, för

⁹⁰ CDM-marknaden har varit uppdelad i en primärmarknad och en sekundärmarknad. På primärmarknaden har förvärvsavtal till största delen tecknats i tidiga skeden av projektcykeln och avsett framtida leveranser av utsläppsminskningenheter. Sekundärmarknaden åsyftar standardiserad börshandel för utfärdade utsläppsminskningenheter vilka redan sålts av projektägare till aktörer på primärmarknaden.

att på så sätt bestämma den prisnivå som krävs för att projekt ska bli genomförbara på kommersiella grunder.

Med Parisavtalet är förutsättningarna annorlunda. Avtalet har en uppbyggnad nerifrån och upp (*bottom up*) och målen ska nås genom att Parisavtalets parter lägger fram klimatplaner. Dessa skiljer sig åt till sin form och omfattning, och sådana skillnader skapar utmaningar för internationell utsläppshandel. Totalt 88 parter har dock lagt fram nationella bidrag med planer eller överväganden om att använda prissättning av växthusgasutsläpp som ett verktyg för att uppfylla målen i planen⁹¹. Runt om i världen har närmare 60 olika initiativ tagits för att prissätta växthusgasutsläpp genom utsläppshandelssystem och kol-dioxidbeskattning.

Det finns samtidigt stora skillnader mellan länders nationella klimatplaner, inte minst när det gäller ambitionsnivå. Skillnader i design m.m. avseende befintliga initiativ inom prissättning av växthusgasutsläpp innebär en hög grad av fragmentering och heterogenitet, vilket i sin tur medför att artikel 6-enheter som ingår i avtal om internationella överföringar mellan stater inte kommer att vara enhetliga. Detta försvårar utvecklingen mot en global utsläppshandel. På kortare sikt är det sannolikt att följande metoder kommer att användas vid prissättning av artikel 6-enheter:

- *Administrativ prissättning.* Här enas köpare och säljare om ett pris baserat på data och antaganden om kostnader och nyttor med en viss insats. För att bestämma priset kan olika analyser användas. Tillvägagångssättet passar för enskilda insatser med potentiella investerare vars investerings- och finansieringsparametrar och teknikval är tillräckligt väl definierade för att jämföra scenarierna med respektive utan betalning för artikel 6-enheter.
- *Ekonomisk utvärdering.* Klassisk mikroekonomisk teori hävdar att varje köpare och säljare har en unik betalningsvilja respektive acceptansvilja. Två parter måste sedan förhandla fram ett pris mellan dessa två nivåer, förutsatt att acceptansviljan ligger under betalningsviljan. I samband med artikel 6-förhandlingar kommer värdländers och köparländers acceptansvilja respektive betalningsvilja sannolikt att vägledas av tänkta marginalkostnadskurvor för inrikes utsläppsbegränsningsåtgärder.

⁹¹ Världsbanken (2019).

- *CORSIA påverkar prisutvecklingen.* Om utbudet av artikel 6-enheter begränsas inledningsvis och flygbolagen via CORSIA agerar på samma marknad kan en tänkbar utveckling också vara att köpare inom CORSIA blir prissättare. Flygbolagens alternativkostnader i form av åtgärder inom flyget kan då tänkas vägleda de priser som sätts på ett liknande sätt som priserna inom EU:s utsläppshandelsystem, där systemet påverkade prissättningen på CDM-krediter.
- *Omvända auktioner.* I en omvänd auktion lämnar potentiella leverantörer av artikel 6-enheter prisbud avseende leverans av en viss mängd enheter. Omvända auktioner kan bidra med konkurrens och kostnadsreduktion.

En viktig skillnad är vidare att Parisavtalet lägger mycket större vikt vid klimatfinansiering än vad Kyotoprotokollet gjorde. Det kommer därför att bli allt vanligare att pengar från olika länders klimatbudgetar kombineras för att finansiera insatser. Till skillnad från det som gällde för CDM-enheter kommer inte alltid hela utsläppsminskningseffekten från en insats kunna fördelas till de medel som betalas för utsläppsminskningenheter, eftersom samma utsläppsminskningar inte får hänföras till flera finansieringskällor. Detta leder till nya frågeställningar om metoder för allokering av utsläppsminskningar till olika finansieringskällor, och metoder för detta kommer att behöva utvecklas. Detta kan även komma att påverka prissättningen av artikel 6-enheter.

I utvecklingsvägar som är kompatibla med högst 1,5–2 graders temperaturökning är det nödvändigt med en generell ambitionshöjning. Men en mer jämn ambitionsnivå i de nationella klimatplanerna på sikt, utifrån ländernas respektive förmåga och förutsättningar och sannolikt en större likformighet i åtagandenas utformning, förbättras förutsättningarna att nyttja de möjligheter till länkning av handelsystem som artikel 6.2 ger. På sikt kan det då bli möjligt att det utvecklas system för att utvärdera och jämföra de relativa värdena hos artikel 6-enheter på marknaden, vilket skulle kunna skapa förutsättningar för en global prissättning.

Enligt resultat från modelleringar av 1,5- och 2-gradersscenarier kan det genomsnittliga skuggpriset/marginalkostnaden för att nå utsläppsminskningarna till 2030 i 2-gradersscenarier hamna på nivåer runt 50 US-dollar per ton. Resultaten indikerar att minskningenheter

vid denna tid, vid en globalt mer enhetlig prissättning, kan komma att hamna något under dagens kostnader på marginalen i exempelvis Sverige. På lite längre sikt försvinner dock denna skillnad helt i modelleringarna. Motsvarande marginalkostnad hamnar betydligt högre i 1,5-gradersscenarierna (se avsnitt 15.3.1 ovan).

I avsnitt 20.15 i utredningens konsekvensanalys diskuteras den möjliga framtida prisutvecklingen på utsläppsbegränsningsenheter under artikel 6 ytterligare.

16 Förvärv av enheter från verifierade utsläppsminskningar inom EU

Utredningens bedömning vid nuvarande klimatmål och regelverk inom EU

Inköp och annullering av utsläppsrätter i utsläppshandelssystemet som kompletterande åtgärd under klimatramverket

- Det är osäkert om ytterligare inköp av utsläppsrätter för annullering av Sverige i praktiken bidrar till additionella åtgärder genom att utsläppsutrymmet i utsläppshandelssystemet minskar ytterligare, eftersom det redan i dag ska ske en villkorad automatisk annullering i systemet.
- För att säkerställa additionalitet kan annulleringen i så fall behöva genomföras längre fram i tiden, när överskottet i utsläppshandelssystemet reducerats betydligt och inte kommer att annulleras ytterligare till följd av EU-regelverket.
- Priserna för utsläppsrätter bedöms uppgå till 30 euro per ton eller något lägre under 2020-talet för att därefter stiga.

Förvärv av enheter från utsläppsminskningar i andra EU-länder inom ramen för ansvarsfördelningsförordningen (ESR)

- Efterfrågan på utsläppsenheter i systemet med ansvarsfördelning av utsläppsminskningar mellan medlemsländerna (ESR) kan komma att underskrida det möjliga utbudet, om EU:s medlemsländer med mer omfattande minskningsåtaganden, når sina EU-mål och nationella mål med inhemska utsläppsminskningar.

- Ett växande antal medlemsländer har även valt att införa nationella klimatmål genom nationella klimatlagar som huvudsakligen förutsätter utsläppsminskningar inom landet.
- Utvecklingen i Tyskland är av central betydelse och kommer påverka förutsättningarna att nå och även skärpa EU:s klimatmål till 2030. Om Tyskland inte lyckas fullt ut med att nå sitt klimatmål med inhemska åtgärder kan landet komma att behöva köpa relativt stora volymer utsläppsenheter från andra medlemsländer.
- Bland de EU-länder som kan sälja överskott av utsläppsenheter finns sådana som redan i utgångsläget inte bedöms behöva genomföra ytterligare åtgärder för att nå sina mål, samtidigt som de även har potential för ytterligare kostnadseffektiva åtgärder, framför allt i bostadssektorn.
- Störst miljöintegritet och möjlighet att bidra till ambitionshöjningar inom EU bedöms de förvärv av utsläppsminskningar ha som direkt kan kopplas till genomförande av särskilda klimatprojekt i värdlandet. Effekten av projekten får dock inte dubbelräknas.
- Priserna för enheterna är svårbedömda men har bedömts kunna hamna i intervallet 50–100 euro per ton.

Utredningens bedömning vid ett skärpt EU-mål till 2030

- Priserna antas stiga i utsläppshandelssystemet samtidigt som överskottet blir mindre. Inköp och annullering av utsläppsrätter av ett enskilt medlemsland behöver i ett sådant läge inte alltid ersätta en annullering som annars hade skett inom marknadsstabilitetsreserven (MSR), utan skulle i högre grad kunna betraktas som additionell. En osäkerhet är dock om annulleringen i stället kan bidra till att delar av tidigare överskott inom utsläppshandelssystemet som inte annullerats utan sparats inom MSR åter kommer ut på marknaden.
- Priserna på enheter inom ESR antas stiga vid en sådan utveckling. Hur stort utbudet blir beror på hur ansvaret för den tillkommande utsläppsminskningen fördelas mellan medlemsländerna.

Skälen för utredningens bedömning

Skälen för utredningens bedömningar rörande inköp och annullering av utsläppsrätter i utsläppshandelssystemet som kompletterande åtgärd under klimatramverket vid nuvarande klimatmål och regelverk utvecklas i avsnitt 16.1.3 *Effekter av om Sverige köper utsläppsrätter från utsläppshandelssystemet som en kompletterande åtgärd under perioden 2021–2030*. Skälen till bedömningarna rörande förvärv av enheter från utsläppsminskningar i andra EU-länder inom ramen för ansvarsfördelningsförordningen (ESR) återfinns i avsnitt 16.1.5 *Sverige som köpare av enheter inom ESR-sektorn*. Under avsnitt 16.1.6 *Om EU-länderna skärper sina gemensamma klimatmål till 2030* återfinns skälen till utredningens bedömning i denna del.

16.1.1 Genomförandet av klimat- och energipaket till 2020 utgör startpunkten

EU:s klimatmål till 2020 innebär att utsläppen av växthusgaser ska minska med minst 20 procent jämfört med 1990 års nivå. Målet har delats upp i två delar:

- *Utsläpp som omfattas av EU:s utsläppshandelssystem*, dvs. utsläpp från större industri- och energianläggningar och flyg, vars utsläppsutrymme sammantaget ska minska med 21 procent mellan 2005 och 2020.
- *Övriga utsläpp*, dvs. utsläpp från transporter, arbetsmaskiner, jordbruk, småskalig uppvärmning av bostäder och lokaler, avfallsdeponier m.m. Dessa utsläpp omfattas av ett särskilt ansvarsfördelningsbeslut mellan medlemsländerna (ESD)¹ som innebär att utsläppsutrymmet i respektive medlemsland ska hålla sig under på förhand bestämda nivåer för varje år 2013–2020. Ansvarsfördelningen syftar sammantaget till att utsläppsutrymmet utanför utsläppshandelssystemet ska minska med 10 procent jämfört med 2005.² Utsläpp och upptag från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) omfattas inte.

¹ Europaparlamentets och rådets beslut nr 406/2009/EG av den 23 april 2009 om medlemsstaternas insatser för att minska sina växthusgasutsläpp i enlighet med gemenskapens åtaganden om minskning av växthusgasutsläppen till 2020.

² Styrningen både inom och utanför utsläppshandelssystemet baseras på successivt sänkta kvoter (utsläppsutrymmen) med flexibiliteter av flera olika slag vilket innebär att de inte kan säkerställa att de faktiska utsläppen ett enskilt år hamnar på eller under en viss nivå.

Medlemsländerna ser sammantaget ut att klara målen enligt ansvarsfördelningsbeslutet med relativt god marginal

Ansvar för att minska utsläppen utanför den handlande sektorn delas alltså mellan medlemsländerna. Fördelningen innebär att utsläppsutrymmet för EU:s rikare medlemsländer minskar medan utsläppen i medlemsländer med lägre bnp per capita tillåts öka. Utsläppsmålen 2020 motsvarar minskningar på som mest 20 procent upp till ökning på högst 20 procent jämfört med basåret 2005. Irland och Luxemburg har tilldelats den största minskningen av sitt utsläppsutrymme medan Bulgarien och Rumänien tillåts öka sina utsläpp mest. Sveriges utrymme minskar med 17 procent enligt beslutet. Sveriges nationella mål till 2020 är betydligt ambitiösare – minus 40 procent till 2020 jämfört med 1990 – vilket motsvarar en minskning med omkring 33 procent jämfört med 2005.

Ansvarsfördelningsbeslutet tillåter att medlemsländerna vid behov kan uppfylla delar av sina åtaganden genom att antingen föra över överskott mellan år (använda ett tidigare sparade utsläppsutrymme eller låna av ett framtida) eller köpa överskott från ett annat medlemsland. Beslutet ger även visst utrymme att använda åtgärder utanför EU i form av utsläppsminskningseenheter från flexibla mekanismer under Kyotoprotokollet, för måluppfyllelse.

Behovet att handla med utsläppsutrymme mellan medlemsländer har i praktiken visat sig bli mycket litet och inget medlemsland har använt utsläppsminskningseenheter från internationella mekanismer för sin måluppfyllelse. Malta och Bulgarien har avtalat om överföring av enheter, för att Malta inte ska överskrida sitt tilldelade utsläppsutrymme för 2013, 2014 och 2015. Det har dock inte offentliggjorts vilka villkor som gällde för det bilaterala avtalet.³

Den flexibilitet som kommit till störst användning är överföring mellan år. De länder som 2018 låg relativt nära sina tilldelade utsläppsutrymmen 2019 och 2020 bedöms i de flesta fall (Österrike, Belgien, Cypern, Finland och Luxemburg) kunna använda tidigare överskott för att nå målen.⁴

Vid sidan av Malta kan även Tyskland och Irland behöva köpa in enheter från andra EU-länder eller från internationella projekt för

³ EEA (2018).

⁴ Se EEA (2018).

att inte överskrida sina respektive utsläppsutrymmen 2018, 2019 och 2020. Finansdepartementet i Tyskland har även budgeterat för förvärv av utsläppsenheter inom EU för 2018, 2019 och 2020.⁵ Ansvarsfördelningsbeslutet bedöms däremot som helhet komma att uppnås med ett relativt stort överskott.⁶

16.1.2 EU:s klimat- och energiramverk till 2030 kom på plats i alla delar 2019

Europeiska rådet formulerade i oktober 2014 rådslutsatser där bl.a. nivåerna för tre av de mest centrala målen i EU:s klimat- och energiramverk till 2030 preciserades:⁷

1. EU:s utsläpp av växthusgaser skulle minska med minst 40 procent till 2030 jämfört med 1990.
2. Andelen förnybar energi skulle öka till minst 27 procent av den slutliga energianvändningen (brutto).
3. Energianvändningen effektiviseras med minst 27 eller 30 procent jämfört med ett tidigare referensscenario.

Europeiska kommissionen lade 2015 och 2016 fram en rad förslag till lagstiftning som tillsammans syftade till att genomföra ramverkets alla delar. Förslagen har förhandlats färdigt vintern 2018/2019.

Förnybarhetsmålet och energieffektiviseringsmålet skärptes i förhandlingsprocessen, när Europaparlamentet och rådet 2018 enades om att dessa mål i stället ska uppgå till minst 32 procent (förnybar energi) respektive 32,5 procent (energieffektivisering).⁸

Målen i klimatramverket utgör EU:s första gemensamma nationella bidrag till utsläppsminskningar och bevarande av kolsänkor under Parisavtalet (se kapitel 14).

Parisavtalet innebär även att de deltagande parterna successivt ska se över sina respektive bidrag i syfte att skärpa dessa, så att det sammanlagda globala bidraget kan bidra till att avtalets temperaturmål

⁵ www.cleanenergywire.org/factsheet/germanys-climate-obligations-under-eu-effort-sharing-scheme

⁶ Se EEA (2018), figur 3.3 s 28.

⁷ Europeiska rådet (2014), *European Council Conclusions* 23–24 oktober 2014.

⁸ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/directive_renewable_factsheet.pdf och https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/energy_efficiency_factsheet.pdf

nås. EU:s nuvarande bidrag bedöms dock inte vara tillräckligt i förhållande till denna ambition.⁹ Europaparlamentet har av den anledningen föreslagit att EU:s klimatmål till 2030 borde skärpas till minus 55 procent.

Europeiska kommissionen har 2018 tagit fram ett underlag om hur unionen skulle kunna nå nettonollutsläpp 2050 och därmed skärpa unionens långsiktiga klimatmål, som en del i en höjd ambitionsnivå för EU under Parisavtalet. Enligt kommissionens scenarioanalys kopplad till den långsiktiga strategin bedöms EU sammanlagt kunna nå längre än det nuvarande målet på 40 procents utsläppsminskning till 2030 när länderna genomför klimat- och energiramverkets alla delar.¹⁰ Kommissionens scenarioanalys förutsätter då att bl.a. medlemsländerna i östra Europa når betydligt lägre utsläpp jämfört med ländernas egna referensscenarier och de klimatmål de tilldelats enligt ansvarsfördelningsförordningen (se figur 16.1) nedan.

Markanvändning och skogsbruk har nu länkats till klimatmålet

I klimat- och energiramverket till 2030 ingår nu även mål och regelverk för utsläpp och upptag från området markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF-sektorn).

Utsläppsminskningarna mot målet på minus 40 procent har fördelats så att utsläppsutrymmet inom utsläppshandelssystemet sammantaget ska sänkas med 43 procent medan utsläppen i verksamheter som inte omfattas av utsläppshandelssystemet, i det följande benämnd ESR-sektorn,¹¹ ska minska med 30 procent. Basåret för dessa minskningar är 2005. För LULUCF-sektorn gäller ett särskilt regelverk¹² som syftar till att ländernas sammanlagda nettoupptag inom jordbruk, skogsbruk och annan markanvändning inte ska bli lägre jämfört med en i förväg bestämd och antagen referensutveckling.

⁹ Se exempelvis <https://Climate Action Tracker.org>.

¹⁰ KOM (2018)773 slutlig.

¹¹ Se nedan under ansvarsfördelningsförordningen.

¹² Europaparlamentets och rådets beslut nr 529/2013/EU av den 21 maj 2013 om bokföringsregler för utsläpp och upptag av växthusgaser till följd av verksamheter i samband med markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk och om information beträffande åtgärder som rör dessa verksamheter.

EU:s system för handel med utsläppsrätter har skärpts

Ett antal skärpningar av EU:s system för handel med utsläppsrätter har beslutats 2018.¹³ Ändringarna ska träda i kraft under systemets fjärde handelsperiod 2021–2030.

Ändringarna skärper systemet på flera sätt. Bland de mest betydelsefulla förändringarna märks att den s.k. linjära faktorn skärps så att utsläppsutrymmet (tak) i utsläppshandelssystemet sänks med 2,2 procent per år från 2021, vilket motsvarar en fast summa på 42 miljoner ton per år. Med början 2019 går dessutom 24 procent av det sammanlagda överskottet i systemet till en s.k. marknadsstabilitetsreserv (MSR). Från 2024 minskar det årliga avdraget till MSR till 12 procent. Avdraget till reserven görs så länge den sammanlagda volymen utsläppsrätter i omlopp i systemet överstiger 833 miljoner ton per år. Från 2023 kommer delar av överskottet i MSR annulleras upp till den mängd utsläppsrätter som auktioneras ut året innan.¹⁴ Medlemsländerna får också frivilligt annullera utsläppsrätter ur landets auktioneringsvolym för att kompensera effekten av nationella åtgärder som reducerar den fossila elproduktionskapaciteten i landet.

Annulleringen 2023 kan komma att bli relativt omfattande och uppgå till över två miljarder utsläppsrätter enligt de flesta bedömare. Ytterligare annulleringar kan därefter komma att ske om överskottet i systemet åter börjar växa och så länge volymen utsläppsrätter i omlopp överstiger 833 miljoner ton.

Förändringarna bedöms sammantaget kunna leda till något högre priser eller priser i nivå med dagens. Utsläppsrättspriserna har stigit betydligt 2018 och 2019, upp till nivåer som närmar sig 30 euro per ton, men har därefter sjunkit något. Prisprognoser mot 2030 är mycket osäkra och hamnar inte så mycket högre jämfört med dagens nivåer.¹⁵ Ett av de främsta skälen är att kolanvändningen i energianläggningar bedöms komma att fasas ut helt under perioden i en rad europeiska

¹³ Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/410 av den 14 mars 2018 om ändring av direktiv 2003/87/EG för att främja kostnadseffektiva utsläppsminskningar och koldioxidsnåla investeringar, och Europaparlamentets och rådets beslut (EU) 2015/1814 av den 6 oktober 2015 om upprättande och användning av en reserv för marknadsstabilitet för unionens utsläppshandelssystem.

¹⁴ Naturvårdsverket(2019a), Konjunkturinstitutet (2018).

¹⁵ Sandbag (2019), Refinitiv (2018), EU-kommissionen (2018).

länder, vilket i sin tur bedöms kunna leda till att överskottet i systemet hålls uppe trots de skärpningar som införts.¹⁶

Bland förändringarna av utsläppshandelssystemet märks också att det inrättats nya finansieringsmekanismer för investeringar i utveckling och demonstration av ny teknik med särskilt låga utsläpp. Medel från dessa fonder kan i en del fall även användas till investeringar som sänker utsläppen och effektiviserar energianvändningen i sektorer som inte ingår i utsläppshandelssystemet.

Fonderna finansieras med intäkter från auktioneringen av utsläppsrätter. Medlen i fonderna ökar därmed i omfattning om priserna går upp i systemet.

Ansvarsfördelningsförordningen ersätter ansvarsfördelningsbeslutet

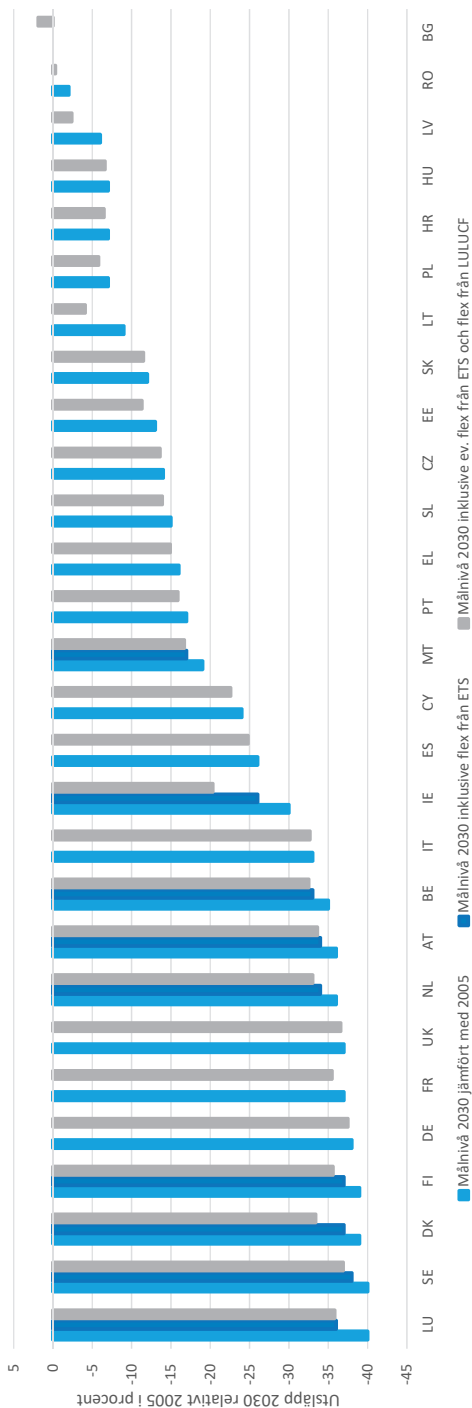
Ansvarsfördelningsförordningen¹⁷ (ESR) bygger vidare på det regelverk som infördes i det tidigare ansvarsfördelningsbeslutet till 2020. ESR innehåller även den en fördelning av bindande årliga utsläppsminskningar per medlemsland som nu ska gälla 2021–2030. Utsläppsutrymmet startåret 2021 bestäms av medlemsländernas genomsnittliga utsläppsnivåer 2016–2018 – inte av det utsläppsutrymme de hade 2020 enligt det tidigare ansvarsfördelningsbeslutet. Endast en begränsad del av det överskott som uppstått enligt ansvarsfördelningsbeslutet under perioden fram till och med 2020 får därmed föras över till nästa period.

Den successiva skärpningen av det sammanlagda utsläppsutrymmet inom systemet ska bidra till att utsläppen minskar med minst 30 procent inom systemet till 2030. Utrymmet har även denna gång fördelats utifrån medlemsländernas ekonomiska kapacitet (bnp per capita-nivå), men med viss hänsyn tagen till att kostnaderna för utsläppsminskningar skiljer sig åt mellan medlemsländerna och är högre på marginalen i EU:s rikare länder. Medlemsländernas utsläppsmål 2030 hamnar i intervallet –40 procent till +/-0 procent jämfört med utsläppen 2005. Figur 16.1 nedan redovisar fördelningen av målnivåerna 2030 mellan medlemsländerna.

¹⁶ Sandbag (2019), Refinitiv (2018).

¹⁷ Europaparlamentets och rådets förordning 2018/842/EU av den 30 maj 2018 om medlemsstaternas bindande årliga minskningar av växthusgasutsläpp under perioden 2021–2030 som bidrar till klimatåtgärder för att fullgöra åtaganden enligt Parisavtalet.

Figur 16.1 Medlemsländernas målnivåer 2030 enligt ansvarsfördelningsförordningen, med respektive utan flexibiliteter från utsläppshandelsystemet och LULUCF-sektorn



Källa: Egen bearbetning baserad på uppgifter från Europeiska kommissionen, https://ec.europa.eu/clima/policies/effort/regulation_en

De flexibiliteter som fanns tidigare, med undantag för användning av minskningsenheter från internationella projekt, behålls även 2021–2030.

Två nya flexibiliteter har därtill tillkommit – dels i form av enheter från utsläppshandelssystemet, dels från LULUCF-sektorn. Hur mycket respektive medlemsland får använda av respektive flexibilitet regleras i ESR. Överskott i ESR-sektorn kan även behöva användas för måluppfyllelse enligt LULUCF-förordningen.

16.1.3 Effekter av att Sverige köper utsläppsrätter från utsläppshandelssystemet som en kompletterande åtgärd under perioden 2021–2030

Det är osäkert om nationella inköp av utsläppsrätter från utsläppshandelssystemet som senare annulleras bidrar till additionella åtgärder inom utsläppshandelssystemet om inte annulleringen sker långt fram i tiden

Det åstadkoms i princip inte någon ytterligare minskning av utsläppsutrymmet i utsläppshandelssystemet om även ett medlemsland skulle välja att på egen hand förvärva och annullera utsläppsrätter från utsläppshandelssystemet under samma period som den särskilda marknadsstabilitetsreserven successivt drar bort delar av överskottet på marknaden för att sedan, med start 2023, annullera överskottet över en viss nivå.

Konjunkturinstitutet har analyserat möjliga effekter av sådana extra förvärv med annullering och funnit att annulleringen, för att ge en additionell effekt, behöver genomföras längre fram i tiden när det inte längre sker någon automatisk annullering i utsläppshandelssystemet.¹⁸

När i tiden en sådan situation kan uppstå är dock osäkert. Den automatiska annulleringen kan, enligt en del bedömningar, komma att bestå relativt långt fram i tiden, till och med långt in på 2030-talet,¹⁹ med nuvarande regelverk och vid en fortsatt snabb utsläppsminskning från framför allt energianläggningarna i systemet på grund av att anläggningar som använder kol fasas ut.²⁰ Den svenska annul-

¹⁸ Konjunkturinstitutet (2018).

¹⁹ Naturvårdsverket (2019a) och Sandbag (2019).

²⁰ 10 medlemsländer har beslutat om stoppdatum för användning av kol före 2030 i landets energianläggningar.

leringen kan vid en sådan utveckling kanske behöva ske tidigast 2035, om utsläppsrätterna köps in de närmaste åren, vilket måste ses som en relativt lång bindningstid för ett framtida politiskt beslut.

16.1.4 Möjligheterna att förvärva enheter från andra medlemsländer i EU 2021–2030

Som ett led i genomförandet av energi- och klimatramverket har medlemsländerna 2018 tagit fram utkast till nationella energi- och klimatplaner som redovisats för Europeiska kommissionen.²¹ Planerna innehåller bl.a. ländernas senaste referensscenarier för utvecklingen av utsläppen av växthusgaser och ländernas energisystem. Planerna innehåller även analyser av hur stora avstånden bedöms vara till medlemsländernas klimatmål samt ländernas bidrag till de EU-gemensamma målen på energiområdet. Kommissionen har granskat utkastet och gett rekommendationer,²² och utkastet till energi- och klimatplaner ger, tillsammans med kommissionens granskning, en inblick i om det finns förutsättningar för att det utvecklas en handel mellan medlemsländerna för att nå ESR-målen 2021–2030.

När det gäller utvecklingen av utsläppen som omfattas av ESR ger kommissionen ett antal medlemsländer, framför allt bland dem som tilldelats de lägsta målnivåerna enligt förordningen, rekommendationen att nyttja de möjligheter som ytterligare åtgärder och styrmedel i framför allt bostadssektorn ger, för att på så sätt bl.a. frigöra ytterligare utsläppsutrymme för försäljning till andra medlemsländer.

Kommissionen framhåller även att den här typen av åtgärder kan bidra till ytterligare arbetstillfällen, modernisering och tillväxt i ekonomin och även potentiella intäkter från överföringar av utsläppsöverskott till andra medlemsländer. Det är sammanlagt åtta medlemsländer (Bulgarien, Tjeckien, Lettland, Portugal, Grekland, Slovenien, Kroatien och Slovakien) som ges den här typen av rekommendationer, formulerade på lite olika sätt. Bland länderna som skulle kunna överprestera till 2030 i förhållande till målnivåerna i ESR rekommenderas dessutom flera att använda medel från EU-gemensamma fonder för ändamålet. Kommissionen ger samtidigt

²¹ Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2018/2066 av den 19 december 2018 om övervakning och rapportering av växthusgasutsläpp i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG.

²² <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/governance-energy-union/national-energy-climate-plans>

inte något medlemslandrekommendationen att agera som köpare av enheter från andra EU-länder för att nå sina mål.

Kommissionens genomgång pekar vidare på att Tyskland är det land som i nuläget ser ut att ha det största avståndet, både i absoluta och relativa tal, mellan den bedömda utsläppsutvecklingen med dagens styrmedel enligt landets senaste referensscenario och det mål på minus 38 procent 2030 som landet tilldelats enligt ESR. Kommissionen konstaterar dock att Tysklands ESR-mål överensstämmer väl med landets nationella mål till 2030 men att det i nuläget saknas konkreta styrmedel som visar hur landet kan nå målet med bidrag från olika sektorer.

I Tyskland pågår för närvarande ett omfattande politiskt förhandlingsarbete för att precisera hur de nationella klimatmålen till främst 2030 men också 2050 ska kunna nås, och en klimatlagstiftning för genomförande av 2030-målen, med tillhörande styrmedel, har successivt lagts fram hösten 2019. Klimatlagstiftningen omfattar även sektormål och särskilda strategier och styrmedel för respektive sektor. Många bedömare pekar på att utvecklingen i transportsektorn är särskilt betydelsefull för möjligheterna till måluppfyllelse 2030, inte bara för Tyskland utan även för utvecklingen i övriga EU.²³

Utsläppen har ökat något från denna sektor under senare år, både i Tyskland och i EU som helhet,²⁴ och den fortsatta utvecklingen kommer ha stor betydelse på många olika sätt. Ytterst handlar det om takten i den omställning från fossila drivmedel och förbränningsmotordrift till framdrift med främst el eller vätgas som energibärare som biltillverkarna i Tyskland och i världen i övrigt har inlett. Det handlar även om vilka förutsättningar som samhället tillskapar för att underlätta för en snabb omställningstakt. Omställningen av fordonsparken behöver ske i kombination med förstärkta styrmedel och åtgärder som kan bidra till ökad transporteffektivisering, bl.a. för att underlätta skiften till mer energieffektiva transportslag.

Den nya tyska lagstiftningen omfattar bl.a. en form av kvot- och certifikatsystem för de fossila bränslen och drivmedel i sektorer som omfattas av ESR-målen, dvs. främst inom bostads- och transportsektorerna. Det nya styrmedlet innebär att det i förväg sätts ett successivt högre pris på koldioxidutsläppen i dessa sektorer. Ambi-

²³ www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-climate-law

²⁴ EEA (2018).

tionen är att priserna på sikt ska motsvara de priser som då bedöms gälla i utsläppshandelssystemet i EU.

Under andra hälften av 2020-talet kan priserna i systemet i stället komma att bestämmas genom att certifikaten auktioneras ut och ett tak (en kvot) sätts på de sammanlagda volymerna, samtidigt som handel kan komma att genomföras även med andra EU-länder.²⁵ Auktionspriserna ska enligt det nya styrmedlet inte tillåtas hamna över respektive under i förväg fastställda tak- och golvpriser.

I den tyska handlingsplanen ingår även bidrag, bl.a. till lågutsläppsfordon, energieffektivisering i bostäder och företag och byte av uppvärmnings- och kylsystem, bl.a. till värmepumpar.²⁶

Utvecklingen i Tyskland kommer påverka den potentiella handeln inom ESR-sektorn, möjligheterna att skärpa EU:s klimatmål samt förutsättningarna för andra EU-länder att nå sina mål i transportsektorn och i ESR-sektorn som helhet.²⁷

Eftersom avståndet är långt mellan dagens referensscenarier och de klimatmål Tyskland ska uppfylla inom EU har även analyser gjorts av vilka konsekvenserna skulle kunna bli om landet tvingas köpa in utsläppsenheter från andra länder 2021–2030 för att uppfylla sina åtaganden.²⁸ Öko-Institut, som bedriver forskning och konsultverksamhet, bedömer exempelvis att Tyskland kan komma att behöva köpa in enheter motsvarande 300–410 miljoner ton koldioxidekvivalenter under perioden.²⁹ Den tyska tankesmedjan Agora Energiewende³⁰ gör bedömningen att behovet kan bli ännu större om nuvarande trend fortsätter. I dessa två studier konstateras vidare att det är högst osäkert vad utsläppsenheterna kan komma att kosta. I studien från Agora Energiewende konstateras att alternativkostnaderna för åtgärder i bostads- och transportsektorn ligger mellan 60 och 130 euro per ton koldioxid inom EU. I det räkneexempel som tankesmedjan tar fram antas priserna på enheterna hamna något under dessa nivåer, i intervallet 50–100 euro per ton.

²⁵ www.cleanenergywire.org/

²⁶ www.cleanenergywire.org/factsheets

²⁷ Om styrmedlen i Tyskland ger incitament till en ökad användning av biodrivmedel så påverkar det efterfrågan i hela EU och även ekonomin för nya anläggningar exempelvis i Sverige.

²⁸ www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-climate-obligations-under-eu-effort-sharing-scheme

²⁹ www.oeko.de/en/up-to-date/2018/effort-sharing-high-costs-of-insufficiently-ambitious-climate-action-1/

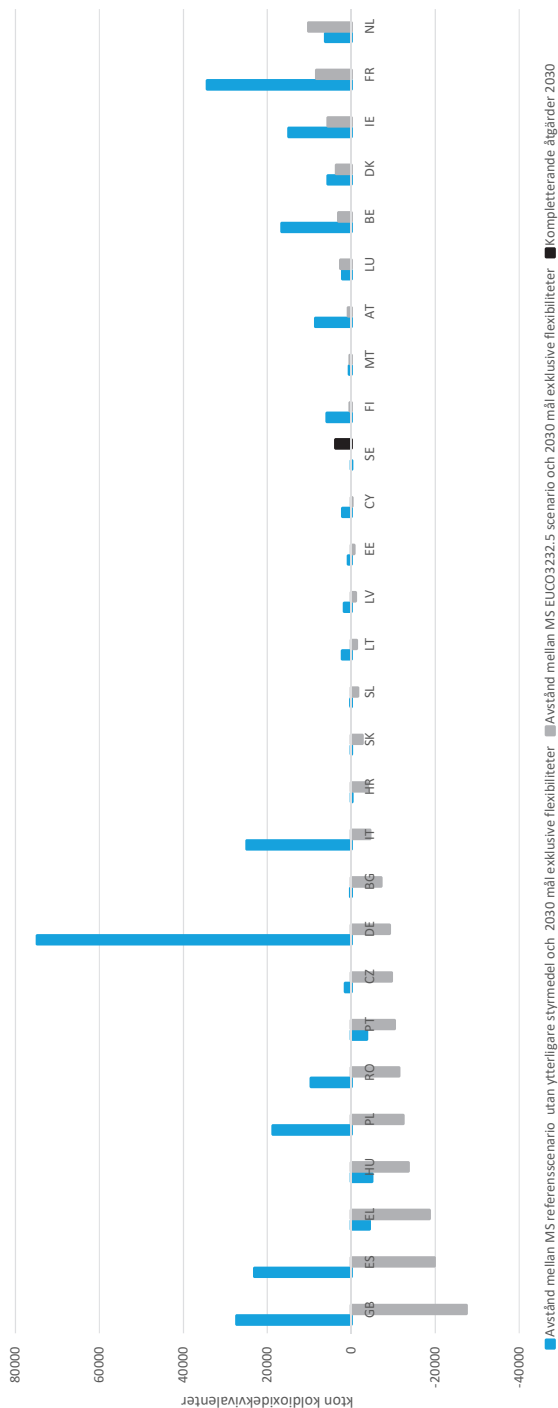
³⁰ www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Non-ETS/142_Nicht-ETS-Papier_WEB.pdf

Vid sidan av Tyskland och Sverige har även Frankrike, Nederländerna, Danmark, Finland, Storbritannien, Portugal och Irland antagit eller lagt fram förslag till nationella klimatlagar där tonvikten läggs vid ytterligare inhemska åtgärder. Utvecklingen gör det mindre troligt att dessa länder kommer agera som större köpare inom ESR-sektorn vid dagens målnivåer, men dessa länder behöver, enligt kommissionens granskning, i flera fall dels precisera hur måluppfyllelse ska kunna nås, dels införa kompletterande styrmedel. Även Spaniens klimatplan går ut på att landet ska överprestera i förhållande till landets EU-mål. Italien redovisar också planer för styrmedel som syftar till att landet ska uppfylla landets åtagande med inhemska åtgärder.

Figur 16.2 nedan illustrerar hur efterfrågan från medlemsländer med mer ambitiösa mål kan komma att bli relativt begränsad givet att ambitionerna genomförs, jämfört med det potentiella utbudet från medlemsländer med mindre ambitiösa mål. Tysklands centrala betydelse för utfallet framgår också. Enligt Tysklands referensscenario från 2018 är avståndet mellan en utveckling med då beslutade styrmedel och landets EU-mål omkring 75 miljoner ton år 2030. Enligt kommissionens modellering EUCO3232,5 är samtidigt åtgärds-potentialerna stora i landet så i det scenariot når landet sitt EU-mål med viss marginal. Länderna med mer ambitiösa mål har dessutom även tillgång till ytterligare flexibiliteter (se figur 16.1 ovan), som även de kan användas för måluppfyllelse och fungera som alternativ till handel med andra medlemsländer. För Tysklands del räcker dock inte dessa flexibiliteter särskilt långt.

Scenariot EUCO3232.5 i figuren är det scenario som kommissionen modellerat där beslutade energimål och EU-gemensamma styrmedel inom energi- och klimatramverket genomförs på ett kostnads-effektivt sätt inom EU.

Figur 16.2 Bedömda utsläppsunderskott (+) respektive överskott (-) i förhållande till medlemsländernas utsläppsutrymme 2030. Beräkningarna tar inte hänsyn till eventuell användning av flexibiliteter från utsläppshandelssystemet eller LULUCF-sektorn



Källa: Egen bearbetning av EEA 2018 (medlemsländernas referensscenarier) och Europeiska kommissionen 2019 (EUCO32325) samt medlemsländernas utkast till energi- och klimatplaner från våren 2019.

16.1.5 Sverige som köpare av enheter inom ESR-sektorn

Utredningen bedömer att Sverige i princip skulle kunna förvärva enheter från andra medlemsländer genom bilaterala avtal inom ramen för ESR, men inte för att uppfylla Sveriges åtagande enligt förordningen utan mot det längre gående nationella målet. Sverige bedöms mot bakgrund av den möjliga utveckling som beskrivs ovan inte behöva hamna i någon omfattande konkurrenssituation med andra potentiella köparländer. Bedömningen förutsätter dock att Tyskland lyckas skärpa landets klimatpolitik och vända de senaste årens utsläppsutveckling så att utsläppen i ESR-sektorn i stället börjar minska. Om det inte lyckas, förändras däremot situationen och Tyskland kommer i stället behöva genomföra relativt stora förvärv av utsläppsminskningenheter från andra EU-länder. Priserna kan då tänkas stiga.

Bland medlemsländerna med potentiella överskott finns flera som redan från start 2021 inte bedöms behöva skärpa de befintliga styrmedlen ytterligare för att klara sina nuvarande åtaganden med viss marginal. Att enbart förvärva utsläppsenheter av detta överskott har dock en tveksam miljöintegritet, eftersom köpet inte behöver leda till att ytterligare åtgärder genomförs, överskottet kan på sikt genom andra beslut komma att försvinna från marknaden, på liknande sätt som de gjorde när överskotten som uppstod under perioden 2013–2020 bara delvis fick föras över in under det nya beslutet om ESR, se avsnitt 16.1.2.

Enligt kommissionens analyser har dessa länder ytterligare potential till ytterligare kostnadseffektiva åtgärder, framför allt i bostadssektorn, som de uppmuntras genomföra.³¹ Medel för att investera i den här typen av åtgärder finns också att söka på EU-nivå.

ESR (artikel 5, 4–8 p.) ger medlemsländerna möjlighet att träffa överenskommelser om överföringar på flera olika sätt:

1. genom att avtala om en överföring av enheter utan ytterligare villkor
2. genom att avtala om att intäkterna från försäljningen går till åtgärder som minskar utsläppen, i eller utanför landet, förutsatt att dubbelräkning undviks eller
3. genom att koppla överföringen till genomförandet av ett särskilt utsläppsminskande projekt i värdlandet, förutsatt att dubbelräkning undviks.

³¹ Sandbag (2018).

Alternativ 2 och 3 bedöms av utredningen vara de två alternativ som har störst möjlighet att bidra positivt till värdlandets utveckling mot en lågkolekonomi och kan därmed också potentiellt förbättra förutsättningarna för att EU:s gemensamma mål på sikt kan skärpas medan alternativ 1 riskerar att ha låg miljöintegritet och inte förbättra förutsättningarna för ambitionshöjningar vare sig i värdlandet eller på EU-nivå.

16.1.6 Om EU-länderna skärper sina gemensamma klimatmål till 2030

Om EU beslutar om skärpta klimatmål till 2030 och skärpningen genomförs på ett sätt som innebär att de nuvarande bestämmelserna om vilka verksamheter som ingår i EU:s utsläppshandelssystem, vilka aktiviteter som omfattas av ESR och av LULUCF-förordningen behålls, kan det nationella målet i klimatramverket till 2030 komma att hamna mer i linje med ett möjligt svenskt åtagande i en skärpt ansvarsfördelning. Förvärv av enheter genom överenskommelser med andra EU-länder kommer då även i princip kunna genomföras som en del i uppfyllandet av det svenska EU-åtagandet, om det blir ambitiöst satt. Handeln mellan EU-länderna kommer i sådana fall troligen bli mer omfattande och priserna stiga.

Förvärv och annullering av utsläppsrätter i utsläppshandelssystemet kommer, vid ett skärpt EU-mål, i högre grad kunna betraktas som additionella, samtidigt som priserna i systemet kan förväntas bli högre, åtminstone på lite längre sikt. En osäkerhet i sammanhanget är om en svensk annullering i denna situation kan komma att bidra till att delar av det tidigare överskottet i utsläppshandelssystemet som dragits bort och sparats inom ramen för MSR successivt förs ut på marknaden när överskottet på marknaden sjunker under vissa förutbestämda volymer.

DEL V

Andra kompletterande åtgärder

17 Andra tekniska åtgärder för upptag av växthusgaser

Potential för andra tekniska åtgärder

Utredningens bedömning

- Den realiserbara potentialen för andra tekniker för negativa utsläpp utöver ökad kolsänka samt avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung (bio-CCS) är mycket osäker, eftersom flera av teknikerna är under utveckling och i hög grad oprövade. Det är därför svårt att bedöma vilka tekniska åtgärder som kan vara relevanta för upptag av koldioxid i Sverige före mitten av detta sekel. Flera av teknikerna bedöms resultera i långsiktig inbindning av koldioxid.

Tekniker som bedöms kunna bidra signifikant till negativa utsläpp i Sverige före mitten av detta sekel

- Biokol bör kunna bidra till långvarig kolinlagring. I Sverige pågår redan i dag småskalig produktion och användning av biokol. Kolinlagringen bedöms kunna öka ytterligare upp till cirka en miljon ton koldioxid per år om det införs ekonomiska incitament för att främja användning av biokol som kolsänka.
- Finkrossad rivningsbetong som exponeras för luft kan långsiktigt binda in koldioxid från atmosfären genom karbonatisering med upp till ungefär 0,1 miljoner ton koldioxid per år.
- Slagg från avfallsförbränning kan långsiktigt binda in en mindre mängd koldioxid från atmosfären genom karbonatisering med ungefär 0,04 miljoner ton koldioxid per år.

- Potentialen för avskiljning och användning av koldioxid (CCU) är osäker. Endast en bråkdel av dagens utsläpp av fossil och biogen koldioxid används; så gott som all koldioxid som orsakas av människor släpps ut till atmosfären. CCU har potential att dels ersätta fossila bränslen och fossila material med koldioxidbaserade produkter, dels skapa en marknadsmässig grund till att förbättra avskiljningstekniken för koldioxid. För att koldioxidanvändningen ska betraktas som ett negativt utsläpp krävs att koldioxiden är biogen (bio-CCU) eller atmosfärisk samt lagras in långsiktigt. I dagsläget finns dock ingen vedertagen definition av långsiktig kolinlagring i klimatrapporeringen. I de flesta fall återgår den infångade koldioxiden relativt snabbt till atmosfären och CCU kan därmed betraktas som en mer cirkulär användning av koldioxid för att fördröja utsläppen. Det kan dock finnas viss potential till långsiktig kolinlagring i byggnadsmaterial men mer forskning behövs på detta område.

Tekniker som inte bedöms kunna bidra signifikant till negativa utsläpp i Sverige före mitten av detta sekel

- Direktinfångning och avskiljning av atmosfärisk koldioxid (DACCS) kommer med stor sannolikhet fortsätta att vara dyrare och mer energikrävande än bio-CCS i Sverige och bedöms därför inte vara av betydelse för uppfyllandet av Sveriges klimatmål.
- Påskyndad vittring av mineral genom gruvbrytning, krossning och spridning av finfördelat mineral för att kemiskt binda in koldioxid från atmosfären bedöms vara för resurs- och energikrävande för att bidra till att Sveriges klimatmål nås.
- Havsgödsling bedöms inte ha potential att bidra till att uppfylla Sveriges klimatmål, eftersom det finns betydande osäkerheter vad gäller effekter på ekosystem samt kolinlagringens permanens.

Incitament för andra tekniska åtgärder

Utredningens förslag

- Det bör fortsatt vara möjligt att få investeringsstöd till biokolsanläggningar genom Klimatklivet och landsbygdsprogrammet.
- Möjligheterna att på sikt ge stöd till användning av biokol för kolinlagring bör utredas inom ramen för landsbygdsprogrammet. Om ett sådant stöd införs behöver behovet av och formerna för investeringsstöd till biokolsanläggningar ses över.

Utredningens bedömning

- Det finns fördelar med långsiktiga teknikneutrala ekonomiska incitament för negativa utsläpp med liknande egenskaper och permanens, eftersom det är oklart vilka tekniker som har förutsättningar att bidra till kostnadseffektiva åtgärder på lång sikt. Även i framtiden kan det dock finnas skäl att ge särskilt stöd till nya tekniker som är under utveckling. Incitament bör ges till åtgärder som resulterar i långsiktig lagring av biogen och atmosfärisk koldioxid.
- Ytterligare insatser inom tillämpad forskning, tester och utvärdering av svenska biokolsprojekt behövs för att avgöra i vilken utsträckning användning av biokol som kolsänka kan bidra till att uppfylla Sveriges klimatmål.
- Kvalitetskrav bör ställas vid statligt stöd till biokolsprojekt som syftar till ökad kolinlagring. Ett godkänt biokols sammanfattning ska vara stabil. Förväntad kolsänka ska beräknas utifrån vetenskaplig grund. Dessutom bör det ställas krav på att endast hållbart producerad råvara används vid produktionen samt att användningsområdet bidrar till kolsänka, t.ex. användning i jord, åkermark, djurfoder och senare spridning som gödsel på åkermark, strömaterial till djurbäddar och senare spridning på åkermark samt inblandning i byggnadsmaterial.
- Den frivilliga marknaden för klimatkompensation kan bidra till att utveckla nya tekniker för negativa utsläpp. Åtgärder som resulterar i långsiktig kolinlagring och som sker på svenskt territorium kan bidra som kompletterande åtgärd för att uppnå Sveriges klimatmål.

Skäl för utredningens förslag och bedömning

Svensk potential för andra tekniker för negativa utsläpp utöver ökad kolsänka samt bio-CCS är osäker

Den realiserbara potentialen för andra tekniker för negativa utsläpp utöver ökad kolsänka samt bio-CCS är osäker, eftersom flera av de potentiella teknikerna är under utveckling och i hög grad oprövade. Det är därför svårt att bedöma vilka tekniska åtgärder som kan vara relevanta för upptag av koldioxid i Sverige i mitten av detta sekel.

En sammanställning av den bedömda svenska potentialen för olika tekniker redovisas nedan. Flera av teknikerna bedöms resultera i långsiktig inbindning av koldioxid. Potentialen för andra tekniker att bidra med negativa utsläpp bedöms dock vara betydligt lägre jämfört med bio-CCS och inom sektorn markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF), se kapitel 6 och 9. Vissa av åtgärderna bedöms kunna genomföras till en låg kostnad.

Utredningen bedömer att användning av biokol som jordförbättringsmedel är den teknik som har störst realiserbar potential att bidra till negativa utsläpp i Sverige i mitten av detta sekel.

Tabell 17.1 Övergripande bedömning av andra tekniker för negativa utsläpp

Teknik	Potential Mton CO ₂ /år	Kostnad	Permanens	Kommentar
Biokol jordförbättring	<1	0,9–2,8 kr per kg CO ₂	Medel–Hög	Det pågår småskalig produktion och användning av biokol i Sverige. Sidonyttor: förbättrad jordstruktur och ökad infiltration. Negativa effekter: storskalig produktion kan innebära konkurrens om biomassa.
Biokol byggnadsmaterial	?	?	Medel–Hög	Oprövad teknik i Sverige. Teoretisk potential som inblandning asfalt och betong.
Upptag i krossad betong	<0,1	Låg	Hög	Oprövad teknik i Sverige.
Upptag i slagg	0,04	Låg	Hög	Oprövad teknik i Sverige.
DACCS	0–?	Hög	Hög	Oprövad teknik i Sverige. Energikrävande och kostsam teknik.
Havsgödsling	0	?	Låg	Oprövad teknik.
CCU byggnads- material	?	?	10–100 tals år	Oprövad teknik i Sverige. Karbonatisering i mineral kan resultera i permanent kolinlagring.

Biokol som kolsänka

I Sverige pågår redan i dag en småskalig produktion och användning av biokol. Biokolet används framför allt som jordförbättringsmedel i parker och trädplanteringar, men kolsänkor genom användning av biokol redovisas inte i Sveriges klimatrapporering.

Det är en utmaning att uppskatta potentialen för biokol som kolsänka i Sverige; en sådan uppskattning kan möjligen göras utifrån såväl tillgänglig råvara som användning.

Om sammanlagt 500 000 ton biokol produceras genom pyrolysis med samtida energiutvinning, och biokolet sprids på i första hand jordbruksmark, kan kolsänkan komma att öka med en miljon ton koldioxid per år.¹ För att producera denna mängd biokol beräknas cirka 5,4 TWh biomassa gå åt, främst grenar och toppar samt park- och trädgårdsavfall.

Vid framställningen av biokol kan också energi, främst i form av värme produceras. En översiktlig bedömning är att mellan 2–4 TWh värme kommer att kunna produceras vid samtidig tillverkning av cirka 500 000 ton biokol. Denna värmeproduktion minskar behovet av andra biobränslen i fjärrvärmesystemet. Systemlösningen kan alltså som helhet leda till en ökning av efterfrågan på biomassa i form av skogsrester och avfall av biogent ursprung på uppemot 2,5–3 TWh per år. Det krävs dock omfattande investeringar i pyrolysanläggningar och i maskiner för spridning av biokol i jordbruket om produktionen ska uppgå till 500 000 ton biokol årligen.

Omfattande styrmedel behövs för att främja såväl produktion som användning av biokol. En möjlighet för att främja produktion av biokol är att ge investeringsstöd till anläggningar som producerar biokol, och en möjlighet för att främja användning av biokol är att den som köper in och använder biokol i rätt applikation så att en kolsänka uppstår, typiskt sett en lantbrukare, får en ersättning som gör att köpkraft uppstår.

Klimatklivet enligt förordningen (2015:517) om stöd till lokala klimatinvesteringar är ett investeringsstöd till lokala och regionala åtgärder som minskar utsläppen av koldioxid och andra gaser som påverkar klimatet. Andra önskade effekter är spridning av ny teknik, marknadsintroduktion, bättre hälsa och sysselsättning samt att fler

¹ Underlaget till räkneexemplet är hämtat från inlaga till utredningen från Stockholm Exergi, 2019-02-08.

miljömål än målet om *Begränsad klimatpåverkan* påverkas positivt. Produktionsanläggningar för biokol har tidigare fått investeringsstöd från Klimatklivet och sådant stöd får även ges under den innevarande programperioden. Det gjordes även en förordningsändring den 15 juli 2019 som kan underlätta för vissa ansökningar där biokol är en del. Ändringen innebär att Klimatklivet ska ge stöd till de åtgärder som bedöms ge störst utsläppsminskning per investerad krona. Åtgärder inom jordbruket ska prioriteras extra vid likvärdiga utsläppsminskningar.

EU:s utsläppshandelssystem kan begränsa möjligheterna att ge stöd till biokolsproduktion. Enligt 6 § förordningen om stöd till lokala klimatinvesteringar får stöd ges till en verksamhet som är tillståndspliktig enligt 17 a § förordningen (2004:1205) om handel med utsläppsrätter endast om stödet avser åtgärder som innebär ökad användning av spillvärme. Även EU:s regler om statligt stöd blir i vissa fall tillämpliga om stöd ska ges till biokolsproduktion (se vidare om regelverket i kapitel 12).

Klimatklivet beviljade 2015–2018 totalt 4,7 miljarder kronor i stöd till 3 200 åtgärder, varav flera gällde biokolsanläggningar. I vårbudgeten för 2019 avsattes ytterligare 750 miljoner kronor till investeringsstöd inom Klimatklivet. Det innebär att det totala anslaget för 2019 är 1,5 miljarder kronor och att nya ansökningar för biokolsanläggningar därmed kan få stöd.

Inom landsbygdsprogrammet går det inte att få stöd för tillförsel och användning av biokol som kolsänka. Däremot går det att få investeringsstöd för anläggningar som producerar biokol. Även om det inte finns något exempel på det i landsbygdsprogrammet har Klimatklivet gett stöd till något eller några jordbruksföretag som satsat på sådana anläggningar.

När det gäller EU:s nya gemensamma jordbrukspolitik (CAP) har klimatfrågan, inklusive kolinlagring, funnits med i diskussionerna. Arbetet med nya CAP är dock fortfarande på väldigt övergripande nivå och vad som kommer att vara stödberättigat har inte beslutats än, vilket innebär att det teoretiskt sett fortfarande finns en möjlighet att få med användning av biokol som kolsänka under nästa period som sträcker sig 2021–2027.

Eftersom det fortfarande saknas tillräcklig kunskap om biokol och effekter under svenska förhållanden bedöms det inte vara realistiskt att utveckla och införa ett stöd för tillförsel av biokol på svensk

jordbruksmark redan i början av perioden 2021–2027. Däremot kanske det kan tas med senare i programperioden under CAP. Möjligheterna att på sikt ge stöd till användning av biokol för kolinlagring bör därför utredas inom ramen för landsbygdsprogrammet. Om ett sådant stöd införs behöver behovet av och formerna för investeringsstöd till biokolsanläggningar ses över.

Den som använder biokol som kolsänka kan även få betalt från den frivilliga kompensationsmarknaden. På senare tid har det nämligen vuxit fram en frivillig marknad för negativa utsläpp, vilket kan främja användning av biokol som kolsänka. På denna frivilliga kompensationsmarknad kan företag, organisationer och privatpersoner i dag köpa biokolskrediter till relativt lågt pris. Detta kan bero på att köparen i samband med förvärv av klimatkompensation många gånger inte betalar i närheten av åtgärdskostnaden när en åtgärdskategori levererar flera nyttor som el, värme eller ökad bördighet. För projektägaren blir intäkterna från försäljningen av klimatkompensation därmed ett tillskott till kassaflödet, som på marginalen kan bidra till att göra åtgärden lönsam.

Finkrossad rivningsbetong behöver exponeras för luft för att binda in koldioxid från atmosfären

Betongstrukturer som exponeras för luft tar upp atmosfärisk koldioxid under sin livstid genom en kemisk process som kallas karbonatisering. Karbonatiseringen sker långsamt i betongens ytskikt och beror på hur varje byggdelen exponeras för luft och fukt. Karbonatisering sker både på utvändiga och invändiga väggytor men är minimal vid plastmatta, klinker, parkett eller laminatgolv. Inbindning av koldioxid i svenska betongkonstruktioner uppskattas till ungefär 0,1 miljoner ton koldioxid per år, vilket är betydligt lägre än de årliga processutsläppen från svensk cementproduktion.

I dagsläget återanvänds rivningsbetong i vägkonstruktioner under asfalt eller i betong, vilket innebär ett på nationell nivå försumbart klimatpositivt bidrag från inbindning i rivningsbetong eftersom karbonatiseringen i dessa miljöer bedöms vara små.

Om rivningsbetongen i stället hade finkrossats och exponerats för luft hade karbonatiseringen kunnat öka betydligt.² En förbättrad

² Se Stripple m.fl. (2018).

hantering av rivningsbetong där finkrossad betong ligger exponerad för luft under åtminstone fyra månader bedöms kunna fördubbla karbonatiseringen. Genom att finkrossa rivningsbetongen skapas en större exponerad betongyta, vilket främjar karbonatiseringen. För att det ska ske en karbonatisering behöver dock den finkrossade betongen ligga exponerad för luft under flera månader, vilket kan försvåra hanteringen och återanvändningen av den finkrossade rivningsbetongen. Det är därför inte troligt att all rivningsbetong kommer att kunna finkrossas och exponeras för luft.

Den tekniska potentialen att binda in koldioxid genom att finkrossa rivningsbetong och exponera den för luft ligger förmodligen runt 0,1 miljoner ton koldioxid per år. Ytterligare studier behövs för att bättre uppskatta den realiserbara potentialen för ökad inbindning av koldioxid i finkrossad rivningsbetong.

Formella hinder mot slagg från avfallsförbränning som koldioxidupptag

Förbränning av avfall genererar årligen en miljon ton bottenaska i Sverige. Restprodukten, som kallas slagg, har visat sig kunna ta upp koldioxid från atmosfären när den lagras för att senare användas som konstruktionsmaterial.

I dagsläget antas slagg kunna lagra mellan 12 och 251 kg koldioxid per ton. Undersökningar utförda av ett svenskt avfallsbolag visar att upptagen mängd koldioxid i deras slagg uppgår till ungefär 37 kg per ton slagg efter lagring. För hela Sverige blir motsvarande siffra 37 000 ton koldioxid per år, baserat på undersökningens resultat för koldioxidupptag per ton slagg och att Sverige 2014 producerade en miljon ton slagg. Möjligheten att allt material kan användas bör dock tas med försiktighet.

Lagring, och med den inbindning av koldioxid i materialet som sker, förutsätter i dag ett användande av materialet för att det ska vara ekonomiskt och praktiskt gångbart. Om inte efterfrågan på det mognade materialet slaggrus finns, riskerar slagget att gå direkt till deponering, och då uteblir i stort sett materialets funktion som koldioxidsänka. Livscykelanalyser av slaggrus visar att användande av materialet i vägkonstruktioner bidrar till att minska utsläpp av koldioxid, jämfört med deponering av materialet. I många länder i Europa används slaggrus som byggnadsmaterial. I Sverige används dock slaggrus

i större skala endast i täckmaterial på avslutade deponier. Om t.ex. specifikationer gällande gränsvärden och riktlinjer utvecklades, vilket också är rekommenderat i Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall (avfallsdirektivet), skulle användandet av slaggrus underlättas.

För avfallsförbränningsanläggningar som ingår i EU:s utsläppshandelssystem är det av intresse att sänka utsläppen, för att på så sätt sänka kostnaderna för utsläppsrätter. Däremot är det i dag inte möjligt att tillgodoräkna sig negativa utsläpp från lagringen av slagg till slaggrus för att minska kostnaderna för utsläppsrätter.

Genom att i framtiden tillåta industrier med CCU att tillgodoräkna sig de negativa koldioxidekvivalenter som inbindande av koldioxid kan medföra skulle det möjliggöra en sänkning av dessa företags kostnader för utsläppsrätter och därmed motivera verksamheter att på alla sätt arbeta för att minska sina nettoutsläpp. Att ta fram internationella standarder för negativa koldioxidvärden per material skulle därtill förmodligen underlätta ett inkluderande av negativa utsläpp i utsläppshandelssystemet.

En annan lösning skulle vara att införa krav på slaggproducenter att i tillräckligt hög grad lagra det slagg som produceras och därmed även låta materialet karbonatiseras för att binda in koldioxid.

Påskyndad vittring av mineral kräver energi och resurser

Det är möjligt att binda in koldioxid från atmosfären genom att påskynda en naturlig vittringsprocess där koldioxiden reagerar med mineralet och bildar en stabil produkt. Påskyndad vittring av mineral genom gruvbrytning, krossning och spridning av finfördelat mineral kräver mycket energi och resurser. Om fossil energi används finns en risk för ökade utsläpp av växthusgaser. Att fånga in koldioxid genom påskyndad vittring av mineral ingår därför inte i scenarierna i Europeiska kommissionens förslag till EU:s långsiktiga klimatstrategi³.

³ Europeiska kommissionen (2018).

DACCS är dyrt och energikrävande

DACCS omfattar flera olika metoder för att kemiskt filtrera ut koldioxid direkt från atmosfären utan att använda sig av växternas fotosyntes. Eftersom koldioxidkoncentrationen är betydligt lägre i atmosfären än i rökgaser krävs betydligt mer energi för att fånga in koldioxiden genom DACCS jämfört med bio-CCS eller CCS. Den koldioxid som fångas in genom DACCS kan lagras permanent på samma sätt som för bio-CCS eller CCS.

I dagsläget bedrivs DACCS endast i mycket liten skala. Det finns en pilotanläggning i Schweiz och två anläggningar i Kanada med en kapacitet på 300–900 ton koldioxid per år. Merparten av den koldioxid som fångas in i dessa anläggningar återanvänds i exempelvis växthusodling och kolsyrade drycker och lagras därmed inte permanent. På Island har ett projekt, CarbFix, utvecklat en metod där koldioxid injiceras i bergarten basalt och lagras permanent. Inom detta projekt har man även tagit i drift en DACCS-anläggning med en kapacitet på 90 kg koldioxid per dag. Koldioxiden fångas upp av DACCS-anläggningen från den omgivande luften, upplöses därefter i vatten och pumpas sedan ner under jord där koldioxiden mineraliseras och lagras permanent. DACCS-anläggningen togs i drift i oktober 2018 och den planerade driftsfasen på ett år förlängdes sedan med ytterligare ett år.

DACCS är för närvarande en kostsam och energikrävande metod; enligt de företag som använder DACCS är kostnaden ungefär 300–400 euro per ton koldioxid. Grunden för koldioxidinfångning är olika typer av gasseparation. Ju mer utspädd den gas är som ska fångas in, desto större blir arbetet med att fånga in den. Det behövs helt enkelt mer energi. Ju mer utspädd koldioxiden är, desto mer gas behöver behandlas för att fånga in en given mängd koldioxid. När koldioxid fångas in från en rökgas är koldioxidkoncentrationen ungefär 15 procent, medan koncentrationen koldioxid i luft är 0,04 procent. Vid DACCS är koldioxidkoncentrationen ungefär 300–400 gånger lägre än i rökgaser, vilket kräver mycket mer energi. Mängden gas som ska hanteras i avskiljningsprocessen är också 300–400 gånger högre. För att fånga in en kubikmeter koldioxid behövs ungefär 6 kubikmeter rökgas men 2 500 kubikmeter luft. Att DACCS och bio-CCS skulle kunna ha samma (lägsta) kostnad i Sverige är därför inte särskilt troligt.

DACCS bedöms inte ha en realiserbar potential i Sverige, eftersom tekniken med största sannolikhet kommer att förbli dyrare och mer energikrävande än bio-CCS. Enligt vissa internationella bedömningar kommer dock kostnaden för DACCS att minska i framtiden, och tekniken bedöms därför kunna vara relevant i andra länder med tillgång till förnybar energi och lagringsmöjligheter för infångad koldioxid. DACCS ingår i flera av scenarierna i Europeiska kommissionens förslag till EU:s långsiktiga klimatstrategi⁴. Det är dock osäkert om och när storskalig DACCS kommer att finnas på plats.

Havsgödsling medför risker för biologisk mångfald och ekosystem

En möjlig åtgärd för att avlägsna koldioxid från atmosfären är att gödsla haven för att öka produktionen av växtplankton. En stor del av det kol som tas upp av växtplankton bedöms stanna i vattenkolonnen en kortare tidsperiod, vilket begränsar mängden kol som lagras långsiktigt. Även havens surhet ökar eftersom koldioxid löser sig i vatten på grund av den höga omsättningen av organiskt kol. Havsgödsling förväntas förändra lokala näringsvävar till regionala näringsvävar genom ökad produktion av växtplankton, och den okända effekten på ekosystemen medför stora risker för biologisk mångfald och ekosystemen. Konventionen för biologisk mångfald avråder därför från denna typ av åtgärd. Nästan hela det svenska havsområdet är övergött, och därför bedöms havsgödsling inte ha någon realiserbar potential i Sverige.

Haven kan dock bidra i klimatarbetet på andra sätt, exempelvis genom att skydda och restaurera kolrika kustekosystem som mangroveskogar och ålgräsängar. Det pågår restaureringsförsök av ålgräsängar i Sverige men det är kostsamt och förknippat med betydande osäkerhet vad gäller effekterna på kolinlagring. Även odling av alger som råvara för drivmedel, kemikalier och högvärdiga produkter kan bli aktuellt på sikt. Ytterligare insatser inom tillämpad forskning och utvärdering av svenska restaureringsprojekt behövs för att avgöra i vilken utsträckning skydd och restaurering av kustekosystem kan bidra som kompletterande åtgärd i Sverige.

⁴ Europeiska kommissionen (2018).

Den svenska potentialen för CCU är osäker

Avskild koldioxid kan användas i olika produkter, s.k. CCU, i stället för att lagras permanent genom CCS och bio-CCS. Den avskilda koldioxiden kan antingen användas direkt, t.ex. som kolsyra i livsmedelsindustrin, omvandlas biologiskt eller kemiskt eller mineraliseras till nya produkter. Olika CCU har därtill olika permanens.⁵ I de flesta fall återgår den infångade koldioxiden relativt snabbt till atmosfären igen och CCU kan därmed betraktas som en mer cirkulär användning av koldioxid för att fördröja utsläppen. Det kan dock finnas viss potential till långsiktig kolinlagring i byggnadsmaterial, men mer forskning krävs inom detta område.

CCU har potential att dels ersätta fossila bränslen och fossilbaserade material med koldioxidbaserade produkter, dels skapa en marknadsmässig grund till att förbättra avskiljningstekniken för koldioxid.

Endast en bråkdel av dagens utsläpp av fossil och biogen koldioxid används; så gott som all koldioxid som orsakas av människor släpps ut till atmosfären.

För att koldioxidanvändning ska betraktas som ett negativt utsläpp krävs att koldioxiden är biogen eller atmosfärisk samt lagras in långsiktigt. I dagsläget finns ingen vedertagen definition av begreppet långsiktig kolinlagring i klimatrapporteringen till klimatkonventionen.

Inom klimatrapporteringen bör man skilja på CCU som innebär kortsiktig respektive långsiktig kolinlagring. För kortlivade produkter skulle standard kunna vara att inte redovisa negativa utsläpp, medan kolinlagring i långlivade produkter skulle kunna ha olika halveringstider i likhet med rapportering av kolförrådsförändringar i avvercade träprodukter. Storskalig CCU ingår i flera av scenarierna i Europeiska kommissionens förslag till EU:s långsiktiga klimatstrategi.⁶

Långsiktiga incitament för negativa utsläpp bör vara teknikneutrala

Det kan finnas fördelar med att på sikt utveckla teknikneutrala långsiktiga ekonomiska incitament för negativa utsläpp med liknande egenskaper och permanens, eftersom det är oklart vilka tekniker som har förutsättningar att bidra till kostnadseffektiva åtgärder på lång

⁵ Zero emission platform (2017).

⁶ Europeiska kommissionen (2018).

sikt. Även i framtiden kan det dock finnas skäl att ge särskilt stöd till nya tekniker som är under utveckling.

På kort sikt kan det behövas ett särskilt stöd för att utveckla teknikerna. Investeringsstöd skulle kunna ges till anläggningar, tester och samarbeten med näringslivet för att identifiera vilka andra tekniker för negativa utsläpp som har förutsättningar att långsiktigt binda in koldioxid i Sverige på ett kostnadseffektivt sätt. Relevanta tekniker förutom biokol kan vara inbindning av koldioxid i krossad betong samt inbindning av koldioxid i slagg från avfallsförbränning.

På senare tid har det vuxit fram en frivillig marknad för negativa utsläpp, vilken kan bidra till att utveckla nya tekniker för negativa utsläpp. Åtgärder som resulterar i långsiktig kolinlagring och sker på svenskt territorium kan bidra som kompletterande åtgärd för att uppnå Sveriges klimatmål.

18 Bakgrund om andra tekniska åtgärder för upptag av växthusgaser

18.1 Inledning

Enligt kommittédirektivet ska utredningen sammanställa information om tekniska åtgärder vid sidan av ökad kolsänka samt avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung (bio-CCS) som kan ge upphov till upptag av växthusgaser ur atmosfären. Utredningen ska även bedöma om det finns förutsättningar för någon eller några av dessa åtgärder att ge ett signifikant bidrag till negativa utsläpp i Sverige i mitten på detta sekel.

Dessutom ska förslag lämnas till insatser för att främja utvecklingen av dessa tekniker, om utredningen bedömer att så är relevant.

Uppdraget omfattar däremot inte analys av tekniker som ändrar strålningsbalansen genom annan mekanism än minskning av halten växthusgaser i atmosfären.

Utredningen bör enligt direktivet även belysa möjligheten och potentialen att använda avskiljning och användning av koldioxid (CCU).

18.2 Andra tekniker för negativa utsläpp

För att nå nettonollutsläpp i Sverige 2045 är det nödvändigt att snabbt minska utsläppen av växthusgaser. Därtill krävs åtgärder för att ta upp koldioxid ur atmosfären, eftersom utsläppen inom t.ex. jordbruket inte kan elimineras helt. Det behövs även negativa utsläpp för att kompensera för utsläppen i länder som inte gör tillräckligt för att minska sina egna utsläpp.

Sådana åtgärder kan t.ex. vara att förstärka den naturliga kolsänkan i ekosystemen, genomföra tekniska åtgärder eller genom en kombination av dessa.¹

I detta kapitel beskrivs ett antal åtgärder vid sidan av markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (*land use, land use change and forestry*, LULUCF) samt bio-CCS som kan ge upphov till upptag av koldioxid ur atmosfären. Andra tekniker för upptag av koldioxid omfattar bl.a. direktinfångning och avskiljning av koldioxid i atmosfären (*direct air carbon capture and storage*, DACCS), användning av biokol för kolinlagring, främjad mineralvittring på land och i hav samt havsgödsling. Utredningen har valt att fokusera på tekniker som kan ta bort koldioxid ur atmosfären, eftersom dessa tekniker bedöms vara mer utvecklade än tekniker som tar bort andra växthusgaser, t.ex. lustgas och metan, ur atmosfären.

Tekniker för upptag av koldioxid kallas ofta för *carbon dioxide removal* (CDR) medan andra tekniker för att ändra strålningsbalansen vanligtvis kallas för *solar radiation management* (SRM). Ibland används sammantaget begreppet *geoengineering* för dessa tekniker. Begreppet *geoengineering* saknar dock en tydlig definition, se även kapitel 12.

Först ges en översikt av de huvudsakliga tekniker för upptag av koldioxid som beskrivs i 1,5-gradersrapporten² från FN:s klimatpanel (IPCC) samt i annan relevant litteratur. Sedan beskrivs de tekniker som utredningen bedömer kan ge ett signifikant bidrag till upptaget av koldioxid i Sverige i mitten på detta sekel. Vid bedömningen vägs den uppskattade kostnaden för upptag och eventuella negativa konsekvenser av storskalig tillämpning av teknikerna på samhälle och miljö in.

18.3 Åtgärdspotential globalt

Det är svårt att uppskatta åtgärdspotential och åtgärdskostnader för flera av de tekniker som bedöms kunna bidra till upptag av koldioxid; både åtgärdspotentialen och åtgärdskostnaderna varierar mycket enligt

¹ UNEP (2017).

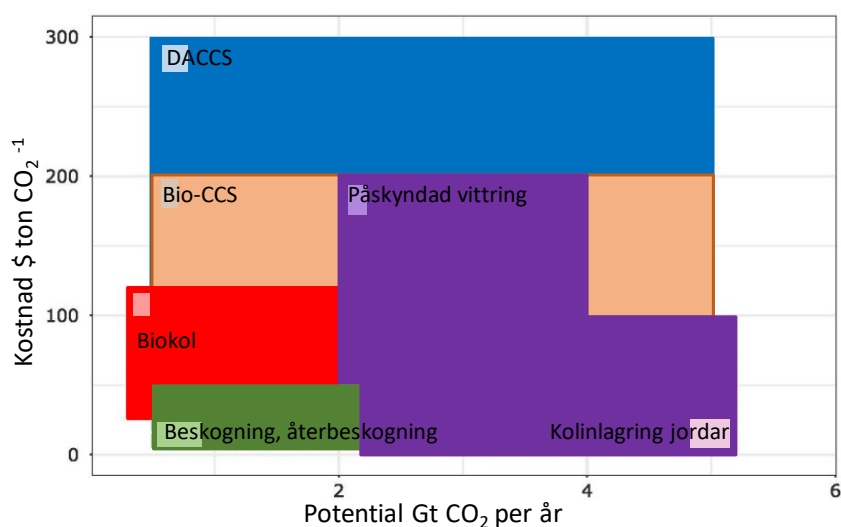
² IPCC (2018).

litteraturen. En utmaning är att flera av teknikerna för upptag av koldioxid är under utveckling och fortfarande är oprövade i stor skala.

Det har nyligen gjorts en omfattande sammanställning av åtgärds-kostnader och åtgärdspotentialer för olika tekniker på global nivå,³ och IPCC:s specialrapport om 1,5 graders global uppvärmning baserar till stor del uppskattningen av åtgärdspotentialer på denna sammanställning (se figur 18.1). Enligt sammanställningen finns det en betydande åtgärdspotential för flera tekniker på global nivå 2050. Det går inte att addera åtgärdspotentialerna för alla tekniker eftersom de ibland konkurrerar om samma markområden eller samma biomassa.

Åtgärds-kostnaderna och åtgärdspotentialerna för de olika teknikerna bedöms dessutom utvecklas i olika riktningar över tid. Exempelvis bedöms potentialen för beskogning att minska efter 2050 eftersom det finns en begränsad areal mark som är lämplig att beskoga. För andra tekniker, t.ex. DACCS, bedöms potentialen öka i framtiden i takt med att tekniken utvecklas och blir mer kostnadseffektiv.

Figur 18.1 Tekniker för upptag av koldioxid. Uppskattning av åtgärdspotentialer och åtgärds-kostnader på global nivå 2050



Källa: Fuss m.fl. (2018).

³ Fuss m.fl. (2018).

18.3.1 EASAC har analyserat möjligheten för olika tekniker att bidra med upptag av koldioxid

De europeiska vetenskapsakademierna har genom *European Academies' Science Advisory Council* (EASAC), analyserat olika möjligheter till infångning och lagring av koldioxid. År 2018 presenterade de sina slutsatser i rapporten *Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?* Rapporten omfattar tekniker för infångning av koldioxid genom beskogning, kolinlagring i mark, bio-CCS, CCS, DACCS, påskyndad vittring av mineral samt genom gödsling av hav. EASAC bedömer att åtgärder för ökad infångning av koldioxid inte kan bidra i den skala som krävs enligt vissa globala klimatscenarier. De menar även att storskaligt genomförande av åtgärder för upptag av koldioxid kan medföra risker, höga kostnader och sannolikt stor påverkan på ekosystem.

EASAC bedömer att tekniker för upptag av koldioxid ändå kommer behövas för att klara de långsiktiga temperaturmålen, och olika tekniker bedöms vara plats-, teknik- och omständighetsspecifika. Gödsling av hav bedöms dock vara en olämplig teknik för upptag av koldioxid, eftersom tekniken anses vara förknippad med stora osäkerheter och risker för ekosystemen.

EASAC föreslår ökade incitament för kolinlagring i skog och jordbruksmark. Andra tekniker för upptag av koldioxid är i olika faser av forskning och utveckling där ledtiderna är långa, och EASAC föreslår att länder redan nu arbetar för att identifiera de bästa teknikerna och under vilka förutsättningar de kan bidra. Dessutom föreslås att EU påbörjar forskning om att minska energi och resurskostnader för DACCS. EASAC framhåller att utveckling av CCS som kostnadseffektiv teknik även främjar utvecklingen av bio-CCS samt lagringsaspekten av DACCS.

18.3.2 EU:s långsiktiga klimatstrategi inkluderar vissa tekniker för negativa utsläpp

Europeiska kommissionen presenterade 2018 ett förslag till en långsiktig klimatstrategi för EU. Strategin innehåller olika scenarier för att nå nettonollutsläpp 2050.⁴ Kolinlagring i skog och mark har en viktig roll i alla scenarier, men scenarierna är i olika grad även beroende

⁴ Europeiska kommissionen (2018).

av andra tekniska åtgärder för upptag av koldioxid. De tekniska åtgärder som inkluderas i scenarierna är CCS, bio-CCS och DACCS. Dessutom betraktas CCU i plast som ett negativt utsläpp. Användning av biokol, påskyndad vittring och gödsling av hav bedöms däremot inte ha potential att bidra med upptag av koldioxid till 2050.

I scenarierna kommer den infångade koldioxiden antingen att lagras permanent geologiskt eller återanvändas för att producera syntetiska bränslen eller material, huvudsakligen plaster. I flera av scenarierna kommer merparten av den infångade koldioxiden att återanvändas och inte lagras permanent; endast icke-fossilt kol från biomassa eller DACCS återanvänds för att producera syntetiska bränslen eller syntetiska plaster för att säkerställa en koldioxidneutral process. DACCS har fått en framträdande roll i scenarierna, trots att det är en relativt oprövad, energikrävande och kostsam teknik.

18.4 Svensk potential för andra tekniker för negativa utsläpp

18.4.1 Biokol kan bidra med kolinlagring i Sverige

Biokol är förkolnad biomassa som tillverkas genom upphettning av biomassa i syrefattig miljö i en process som kallas pyrolys. Resultatet blir en stabil långlivad produkt som liknar träkol, och biokolet lagrar det mesta av det ursprungliga kolet i biomassan i en form som är motståndskraftig mot nedbrytning i jorden och som stabiliserar det organiska material som tillförs marken. Genom att tillföra biokol ökar kolförrådet i marken. Stabiliteten hos biokol beror på råvara, produktionsmetod och användningsområde.

Biokol har fått ökad uppmärksamhet under senare år och har föreslagits som en möjlig metod att binda koldioxid från atmosfären.⁵ Globalt uppskattas biokol kunna bidra till en kolsänka på 300 till 2 000 miljoner ton per år.⁶ Att öka kolförrådet genom tillförsel av biokol bedöms ofta ge en mer beständig kolinlagring än andra metoder för att lagra in kol i mark, eftersom kolinlagringen genom andra metoder ofta är reversibel och kräver att jorden fortsätter att brukas enligt samma metod utan avbrott.⁷ Exempelvis resulterar en ökad

⁵ Fuss m.fl. (2018), EASAC (2018), Royal Society (2018).

⁶ Fuss m.fl. (2018).

⁷ EASAC (2018).

användning av fånggrödor i ökad kolinlagring i jorden, men om brukningsmetoden upphör återgår merparten av det inlagrade kolet så småningom till atmosfären igen.

Utredningen har valt att fokusera på användning av biokol för ökad kolinlagring i mark, även om det finns andra användningsområden för biokol som också kan resultera i ökad kolsänka. Det har exempelvis föreslagits att biokol skulle kunna användas som fyllnadsmaterial i asfalt och betong. Potentialen för användning av biokol som byggnadsmaterial bedöms dock vara osäker i dagsläget.

Produktion av biokol har potential att förädla hanteringen av flera avfallsströmmar som i dagens samhälle är svåra att avsätta till något nyttigt, exempelvis park- och trädgårdsavfall, halm och hästgödsel. Generellt sett bedöms möjligheterna som goda att genom biokolsproduktion lyfta dessa avfallsströmmar från energiåtervinning till materialåtervinning, dvs. ett steg uppåt i avfallshierarkin, vilket bidrar till en mer cirkulär ekonomi.⁸

Utredningen har valt att beskriva biokol som en särskild metod för upptag av koldioxid tillsammans med andra tekniker för upptag av koldioxid men biokol skulle dock lika väl kunna ha beskrivits i kapitel 8.

Flera nya biokolsanläggningar växer fram i Sverige

Marknaden för biokol växer och under de senaste åren har flera produktionsanläggningar vuxit fram i Sverige, bl.a. i Högdalen i Stockholm, på en gård utanför Nyköping och våren 2018 i Hammeshög i Skåne. Dessutom har en biokolsanläggning i Bureå nyligen satts i drift, där man avser att omvandla biomassa till biokol, bioolja och syngas. Flera av produktionsanläggningarna för biokol har tidigare fått investeringsstöd från Klimatklivet.⁹

Det finns ett stort intresse hos svenska aktörer att börja använda biokol, enligt en marknadsundersökning initierad av Avfall Sverige 2018, och enligt undersökningen skulle många aktörer vara intresserade av att använda biokol inom jordbruket om kostnaden för biokol var lägre.

Det finns även en marknad för biokol utanför Sverige. Världsmarknadspriset för högkvalitativt biokol med låga halter av lättflyk-

⁸ Avfall Sverige (2018).

⁹ Förordningen (2015:517) om stöd till lokala klimatinvesteringar.

tiga kolväten ligger just nu (hösten 2019) på mellan 500 och 600 euro per ton biokol. För biokol som används i anläggningsjord ligger dagens marknadspris på ungefär 4 500 kronor per ton biokol. I Europa finns dessutom ett stort intresse att använda biokol som tillsats i djurfoder; i Schweiz, Österrike och Tyskland används 90 procent av allt biokol på detta sätt.

Biokol har många användningsområden

Biokol kan bidra som kolsänka om det exempelvis används som anläggningsjord, jordförbättringsmedel på åkermark, djurfoder och senare spridning som gödsel på åkermark, strömmaterial till djurbäddar och senare spridning på åkermark samt inblandning i byggnadsmaterial som asfalt och betong. Andra applikationer som filtermaterial eller förbränning där kolet frigörs bidrar däremot inte till kolsänka.

Biokol kan även ersätta fossilt kol i praktiskt taget alla applikationer, t.ex. som reduktionsmaterial för den metallurgiska industrin samt som insatsvara i stället för fossilt kol i gummi, plaster och i laser skrivare. En sådan tillämpning av biokol kan bidra med klimatnytta genom att det ersätter fossila råvaror men det resulterar vanligtvis inte i någon långsiktig kolinlagring.

Produktionsmetoden har betydelse för biokolets egenskaper

Produktionsmetoder har stor betydelse för biokolets egenskaper, inklusive dess möjlighet att fungera som långsiktig kolsänka. Det finns flera olika metoder för att producera biokol, men för att biokolsproduktionen ska vara lönsam krävs att man har tillgång till en billig råvara. I princip kan all sorts biomassa användas för att producera biokol, t.ex. trädgårdsavfall, hästgödsel, halm och skogsflis.

Biokolets egenskaper är starkt beroende av produktionsprocessen där bränslet, temperaturen och hastigheten vid vilken biomassan omvandlas till biokol är avgörande för resultatet. Kol- och näringshalten varierar dock kraftigt beroende på råvaran, där fosforhalten är starkt associerad till avfall med animaliskt ursprung. Metastudier har visat att biokol producerat av virke är mer stabilt i marken än biokol baserat på t.ex. fjäderfäavfall. Även virkets beståndsdelar i form av cellulosa, hemicellulosa och lignin påverkar biokolets egenskaper. Efter-

som dessa varierar beroende på art, kan olika typer av träd användas för olika ändamål.

För att biokolet ska utgöra en stabil kolsänka behöver tillverkningen ske vid höga temperaturer på över 450 °C, eftersom det är vid dessa temperaturer som stabila kolföreningar bildas.¹⁰ Enligt IPCC:s senaste metodriktlinjer från 2019 ”*IPCC refinement*” är åtminstone 80 procent av det tillsatta biokolet på jordbruksmark kvar i marken efter 100 år.

Biokol som produceras vid högre temperatur har låga halter väte och syre samt en porös struktur med stor specifik yta som underlättar absorption av föroreningar, näringsämnen och vätska. Material med låga halter väte och syre uppvisar hög stabilitet jämfört med annan biomassa och anses därför vara motståndskraftiga mot nedbrytning. Denna typ av biokol är därför särskilt lämplig att använda för att skapa långsiktiga kolsänkor.

Begreppet biokol är delvis urvattnat. På engelska heter det *biochar*, med vilket i huvudsak menas kol som används i jord och som framställts genom långsam pyrolys. Detta ska inte förväxlas med *biocoal* som framställs med enklare metoder och används för energiändamål. På svenska kallas ibland såväl *biochar* som *biocoal* för biokol. Biokol utmärker sig gentemot träkol genom att det är mer stabilt och andra positiva egenskaper. Träkol används normalt sett till förbränning och kan tillverkas genom enklare processer, som torrefiering. Krav bör därför ställas på att biokol som används för ökad kolsänka tillverkas genom långsam pyrolys och vid tillräckligt hög temperatur.

Värdefulla biprodukter skapas vid biokolsproduktion

Vissa metoder för att producera biokol innebär att det samtidigt produceras biprodukter, vilket kan göra produktionen mer lönsam och bidra med andra nyttigheter. Det kan exempelvis skapas ett överskott på värme som kan användas för att värma bostäder eller i industriella processer som kräver värme. En del produktionsmetoder innebär att det skapas en betydande mängd biprodukter som bioolja och syntesgas (även kallat syngas), vilka har ett värde och kan göra biokolsproduktionen mer lönsam.

¹⁰ IPCC (2019a).

Bioolja kan ersätta vanlig fossil olja som bränsle eller konverteras till *biocrude oil* och är då en insatsvara för raffinaderier när de producerar jetfuel, diesel eller bensin.

Syntesgas är en blandning av gaserna kolmonoxid och vätgas och kan eldas i en panna eftersom energiinnehållet är cirka hälften av naturgasens. Syntesgas har också ett ekonomiskt värde, eftersom den används i stor omfattning i kemisk industri och kan konverteras till metanol eller väte. Metanol är en baskemikalie som kan användas för att producera drivmedel, plaster och kolfiber.

För att biokolproduktionen ska vara lönsam krävs det tillgång till en billig råvara. Vid en storskalig biokolsproduktion krävs det troligtvis att användning av skogsbaserad råvara, och då kan det uppstå konkurrens med annan användning av skogsbiomassa.

Råvaran har betydelse för biokolets klimatnytta

Vid en storskalig produktion av biokol ökar risken för negativa konsekvenser. En avgörande fråga för att minimera riskerna med storskalig biokolsproduktion är att biomassan har producerats på ett hållbart sätt.

Lokalt producerat avfall utan annat användningsområde bör vara förstahandsalternativet vid all biokolsproduktion, eftersom det sluter lokala kretslopp och minimerar konkurrens om råvara och markområden samt minimerar utsläpp av växthusgaser i samband med transporter.

En storskalig produktion av biokol i Sverige skulle troligen behöva skogsbiomassa, vilket kan konkurrera med annan användning av skogsbiomassa. För att biokolsproduktionen ska vara lönsam är producenten beroende av billig råvara och därför kommer råvaran utgöras av restprodukter som spån från skogsindustrier eller restprodukter från skogsbruket, t.ex. grenar och toppar. Eftersom dessa restprodukter bryts ner relativt snabbt om de lämnas kvar i skogen kommer kolsänkan i skogen troligtvis inte att påverkas särskilt mycket så länge produktionen fokuserar på dessa restprodukter. Användning av stubbar med lång nedbrytningstid eller ved som resulterar i ökade avverkningsnivåer har en betydligt större påverkan på kolsänkan. För att minimera effekter på kolsänkan i skogen bör där-

för i första hand restprodukter med kort nedbrytningstid användas, t.ex. spån, grenar och toppar.

Om det finns överskottsmark kan ett alternativ vara att anlägga nya odlingar av energiskog för att producera råvara till biokolsproduktion. *Salix* skulle vara lämplig för biokol.¹¹ Plantering av *salix* på överbliven åkermark innebär att kolförråden ökar både i biomassa och mark. Kolsänkan skulle öka både vid produktion av råvaran samt vid användning av biokolet. Det förutsätter dock att en energiskog kan anläggas utan konflikt med livsmedelsproduktion eller annan markanvändning.

Torv används i dagsläget inte som råvara för produktion av biokol. Eftersom utsläpp från torvanvändning likställs med fossila utsläpp i klimatrapporeringen bedöms det inte vara en lämplig råvara för biokoltillverkning, för om det producerade biokolet skulle användas till förbränning i stället för kolsänka skulle det redovisas som ett fossilt utsläpp. Därför bedöms inte torv utgöra en lämplig råvara för biokolproduktion.

Biokol kan ge andra nyttigheter än kolsänka

Vid sidan om kolsänkan kan biokol ge andra nyttor när det används i jordbruk eller planteringar. Enligt IPCC:s specialrapport om markanvändning och klimat kan användning av biokol som jordförbättringsmedel resultera i förbättrad vattenhållningskapacitet och näringsutnyttjande samt resultera i förbättrad livsmedelssäkerhet genom att förbättra skördenivåer med 25 procent i tropikerna, men med mer begränsade effekter på skördenivåer i tempererade områden.¹² Den vattenhållande förmågan har dock visat dramatiska skördeökningar i torrare jordar i Afrika.¹³

I Sverige saknas publicerade studier gällande påverkan på skördenivåerna inom jordbruket. Det är dock möjligt att användning av biokol på vissa svenska jordbruksmarker skulle kunna ge en positiv effekt under torrår. Det behövs dock mer forskning om biokolets effekter under svenska förhållanden; även internationellt behövs mer forskning.¹⁴

¹¹ Ericsson m.fl. (2017).

¹² IPCC (2019b).

¹³ Sundberg (2018).

¹⁴ Fuss m.fl. (2018).

För att främja sidonyttor bör fokus vara att i första hand producera biokol från lokalt producerat avfall som park- och trädgårdsavfall samt restprodukter från jordbruket, för att sluta lokala kretslopp och minska utsläpp från transporter. Vid produktionen bör man även eftersträva att ta till vara värme och eventuella biprodukter. Biokol som produceras av avloppsslam eller tång och används på jordbruksmark kan bidra till att sluta kretslopp av fosfor.

Det saknas kunskap om biokolets effekter under svenska förhållanden

I Sverige har det endast gjorts ett fåtal studier av biokol och dess effekter på jordbruksproduktion, kolinlagring och miljön, och det saknas kunskap om biokolets långsiktiga miljö- och kollagringseffekter under svenska förhållanden. Forskningsbehovet innefattar användning av biokol i jordbruket (stora, långa försöksserier i svenska förhållanden saknas), i park- och trädgårdsodling, i skogsbruket, i djurfoder (minskat antibiotikabehov, friskare djur, ökad produktion), i byggnadsmaterial, och då främst inblandning i betong, samt i avfalls- och avloppshantering. Andra viktiga klimatrelaterade frågor där det saknas forskning är effekter på kolomsättning i mark (s.k. *priming*) samt effekter på lustgas och metan från mark.

18.4.2 Påskyndad vittring

Påskyndad vittring innebär att man t.ex. genom finfördelning och spridning av mineral påskyndar en naturlig kemisk process där koldioxid reagerar med mineralet och bildar en stabil produkt, vilket innebär att koldioxid tas bort från atmosfären och binds in långsiktigt. Många bedömer att tekniken har begränsad potential i före 2050, eftersom utvinning och transport av mineral kräver mycket energi och resurser. Om tekniken skulle baseras på restprodukter, t.ex. slagg och krossad betong i stället för ny utvinning av mineraler, minskar dock behovet av energi och resurser.

18.4.3 Det är möjligt att öka upptag av koldioxid i krossad betong

Det är möjligt att binda in koldioxid från atmosfären genom att finkrossa rivningsbetong och låta den exponeras för luft. Betongbranschen menar att det finns en potential för denna typ av åtgärd.

Branschen har tagit fram en nollvision för koldioxid under betongproduktens livscykel.¹⁵ När cement tillverkas uppstår koldioxidutsläpp, och majoriteten av dessa utsläpp är processutsläpp som inte kan kopplas till energiåtgången och de bränslen som krävs för uppvärmning vid cementproduktionen. Dessa utsläpp kan därför inte påverkas genom energieffektiviseringar eller omställning av bränslemixen. Därför är det en förutsättning för nollutsläpp att utveckla tekniker för koldioxidavskiljning från rökgaser och sedan bidra till långsiktiga lösningar för koldioxidlagring eller återvinning av koldioxid i andra industriella processer som resulterar i långsiktig kol-inlagring. CCS beskrivs i kapitel 11. En annan åtgärd som branschen lyfter fram är att öka upptaget av koldioxid i betong.

Det har länge varit känt att betongstrukturer binder in koldioxid från luften under sin livslängd men inte hur stort upptaget är sammantaget. Koldioxidupptaget är en kemisk process som även benämns karbonatisering och som sker långsamt i betongens ytskikt. Karbonatiseringen beror bl.a. på vilket bindemedel som används och hur respektive byggdel exponeras för luft och fukt. Karbonatisering sker både på utvändiga och invändiga väggytor men är minimal vid plastmatta, klinker, parkett eller laminatgolv. Inbindning av atmosfärisk koldioxid i svenska betongkonstruktioner beräknas till ungefär 0,1 miljoner ton koldioxid per år, vilket är betydligt lägre än de årliga processutsläppen från svensk cementproduktion.¹⁶ Denna uppskattning är betydligt lägre än tidigare beräkningar av inbindning av koldioxid genom karbonatisering i svenska byggnader, vilket bl.a. beror på att tidigare studier inte tagit hänsyn till att karbonatiseringen är lägre vid målade och täckta väggytor.

I dagsläget återanvänds rivningsbetong i vägkonstruktioner under asfalt eller i betong, vilket innebär ett försumbart klimatpositivt bidrag på nationell nivå från rivningsbetong eftersom karbonatiseringen i dessa miljöer bedöms vara liten.

¹⁵ www.cementa.se/sv/nollvision2030

¹⁶ Erlandsson (2019).

Det finns även andra metoder som kan minska betongens klimatpåverkan. En möjlig metod är s.k. *carbon curing*, som innebär att koldioxid injiceras i betongblandningen vid betongproduktionen för att koldioxiden ska bindas in långsiktigt när betongen härdas. Vanligtvis injiceras fossil koldioxid i betongblandningen. Metoden innebär att de totala utsläppen från produktionen av betong minskar. Så länge kvarvarande utsläpp från produktionen inte fångas in med CCS bör denna metod inte betraktas som ett negativt utsläpp.¹⁷

18.4.4 Upptaget av koldioxid i slagg kan ökas

Förbränning av avfall genererar årligen en miljon ton bottenaska i Sverige. Restprodukten, som kallas slagg, har visat sig kunna ta upp koldioxid från atmosfären när den lagras, och den kan även senare användas som konstruktionsmaterial. Inbindningen av koldioxid sker genom att man påskyndar en naturlig kemisk process där koldioxid reagerar med mineralet och bildar en stabil produkt, vilket innebär att koldioxid tas bort från atmosfären och binds in långsiktigt.

Även andra industriella alkaliska biprodukter, t.ex. flygaska och slagg från järn- och stålframställning, kan ha potential att binda in koldioxid enligt EASAC (2018). Flygaska består av det stoft som virvlar upp och följer med rökgaserna och sedan fastnar i filter eller andra reningssteg. Här finns dock mycket mer giftiga ämnen, t.ex. dioxiner och tungmetaller, jämfört med i bottenaskan. Flygaska klassas som farligt avfall medan den mesta bottenaskan klassas som icke-farligt avfall.

18.4.5 DACCS

DACCS omfattar flera olika tekniker för att filtrera ut koldioxid ur atmosfären med hjälp av olika material, exempelvis kalciumhydroxid eller aminer. Det sker en snabb teknikutveckling inom detta område och kostnaden för att fånga in koldioxid väntas minska.

¹⁷ Royal Society (2018).

DACCS saknar potentiella resurs- och markkonfliktsproblem

På global nivå saknar DACCS de potentiella problemen med markkonflikter som storskalig beskogning och bio-CCS medför. Dessutom saknar DACCS även problemen med resurskonkurrens, som den mellan biokol och bioenergi med eller utan CCS.

Vid en storskalig global tillämpning har DACCS en fördel jämfört med bio-CCS när det gäller markanspråk, eftersom tekniken inte kräver biomassa och kan tillämpas på icke-produktiv mark med tillgång till förnybar energi som ligger i närheten av lagringsplatsen för den infångade koldioxiden. För att årligen fånga in 100 miljoner ton koldioxid med DACCS krävs 4 000–15 000 hektar per år, vilket kan jämföras med mellan 3 och 6 miljoner hektar mark för bio-CCS med beskogning för att producera biomassa.¹⁸ Jämförelsen är dock inte relevant under svenska förhållanden, där bio-CCS kan tillämpas på existerande biogena utsläpp från exempelvis kraftvärmeverk eller skogsindustrier utan att ny mark behöver tas i anspråk.

En nackdel med DACCS är att tekniken kräver mycket energi och beroende på hur energin produceras kan det ha en påverkan på markanvändningen och miljön. Det krävs mycket energi för att avlägsna koldioxiden från det material som absorberat koldioxiden från luften. Här kan det vara lämpligt att använda spillvärme från industrier. Även bio-CCS är en energikrävande process men här kan energin utvinnas från biomassan som används i processen.

DACCS är energikrävande och kostsamt

Enligt en nyligen publicerad genomgång av olika tekniker för DACCS varierar energibehovet mellan olika tekniker, och kostnaden för infångning av koldioxid bedöms kunna bli betydligt lägre i framtiden för tekniker där koldioxiden fångas in vid lägre temperatur om det finns tillgång till förnybar elektricitet och överskottsvärme till låg kostnad.¹⁹ DACCS kommer dock med stor sannolikhet att förbli en relativt dyr teknik, även om kostnaden kan minska från dagens höga nivå.

Island kan ha goda förutsättningar för storskalig DACCS, eftersom landet har god tillgång till förnybar geotermisk energi, stora obrukade markområden samt eventuellt stora lagringsmöjligheter för

¹⁸ Europeiska kommissionen (2018).

¹⁹ Fasihi m.fl. (2019).

koldioxid i basaltberggrund. Om det visar sig att DACCS fungerar i stor skala på Island skulle denna teknik för upptag av koldioxid eventuellt kunna vara ett alternativ för verifierade klimatinsatser i andra länder (se kapitel 13). Internationella DACCS-projekt har i regel inte några additionalitetsproblem på samma sätt som många andra typer av verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder. Dock bidrar kanske inte DACCS till hållbar utveckling, vilket flera andra typer av klimatinsatser gör.

18.4.6 Havsgödsling har ingen realiserbar potential

IPCC presenterade nyligen en specialrapport om havet och kryosfären i ett förändrat klimat, och denna rapport har ökat medvetenheten om kopplingen mellan hav och klimat.²⁰ Havet och kryosfären är viktiga i jordens klimatsystem, både som ekosystem och som försörjningsbas för många människor. Haven har tagit upp ungefär 20–30 procent av människans utsläpp av koldioxid sedan 1980-talet, vilket har resulterat i att haven har blivit surare.

En möjlig åtgärd som har föreslagits för att avlägsna koldioxid från atmosfären är att öka produktionen av växtplankton i haven. Hav innehåller begränsat med näringsämnen, i synnerhet i mikronäringsämnen som järn. I ungefär en tredjedel av oceanerna skulle produktionen av växtplankton kunna öka avsevärt genom att relativt små mängder järn tillsätts. Det kan i sin tur utlösa en algbloomning, genom vilken en del av biomassan till slut sjunker mot havsbotten, vilket innebär att en del av kolet kan lagras in som sediment på havsbotten.

En stor del av det kol som tagits upp av växtplanktonen bedöms stanna i vattenkolonnen en kortare tidsperiod, vilket begränsar mängden kol som lagras långsiktigt. Även havens surhet ökar, eftersom koldioxid löser sig i vatten på grund av den höga omsättningen av organiskt kol. Denna havsgödsling förväntas förändra lokala näringsvävar till regionala näringsvävar genom ökad produktion av växtplankton, vilket utgör basen för dessa näringsvävar. Effekten av havsgödsling på ekosystemen medför stora risker för biologisk mångfald och ekosystemens hållbarhet. Konventionen för biologisk mångfald avråder från denna typ av åtgärd.

²⁰ IPCC (2019c).

Haven kan dock bidra i klimatarbetet på andra sätt, exempelvis genom att producera förnybar energi genom havsbaserad vindkraft. Det är även möjligt att öka kolsänkan genom att skydda och restaurera kolrika kustekosystem, t.ex. mangroveskogar. Även ålgräsängar kan ta upp och lagra stora mängder kol. Dessutom utgör ålgräsängar viktiga livsmiljöer för marina arter samtidigt som de skyddar stränder mot erosion och gör vattnet klarare. Ålgräs tar även upp näringsämnen ur vattnet och minskar på så vis effekterna av övergödning. De senaste 50 åren har dock ålgräset varit på tillbakagång. De främsta anledningarna anses vara övergödning, fiske, båttrafik och exploatering. De områden där ålgräset försvinner omvandlas till att bli källor för kol från att tidigare ha varit sänkor för kol.

I dag pågår restaurerings- och rehabiliteringsförsök för att rädda ålgräset. Tekniken finns, och det pågår projekt i exempelvis Sverige och England men det är fortsatt kostsamt och förenat med betydande osäkerheter. Ytterligare insatser inom tillämpad forskning, tester och utvärdering av svenska restaureringsprojekt behövs för att avgöra i vilken utsträckning skydd och restaurering av kustekosystem kan bidra som kompletterande åtgärd.

Odling av alger som råvara för produktion av drivmedel, kemikalier och andra högvärdiga produkter kan bli aktuellt på längre sikt. Generellt sett är den tekniska potentialen stor, men det återstår många tekniska och ekonomiska utmaningar för att göra systemen kommersiellt konkurrenskraftiga i stor skala. Algodling kan även bidra till att stärka många väsentliga ekosystemtjänster som primärproduktion, biologisk mångfald och minskad övergödning.

18.4.7 CCU

Avskild koldioxid kan antingen användas direkt som t.ex. kolsyra i livsmedelsindustrin, omvandlas biologiskt eller kemiskt eller mineraliseras till nya produkter (se figur 18.2). Exempel på produkter där avskild koldioxid kan användas som insatsvara är drivmedel och material, t.ex. plaster, samt växthusodlade grödor.

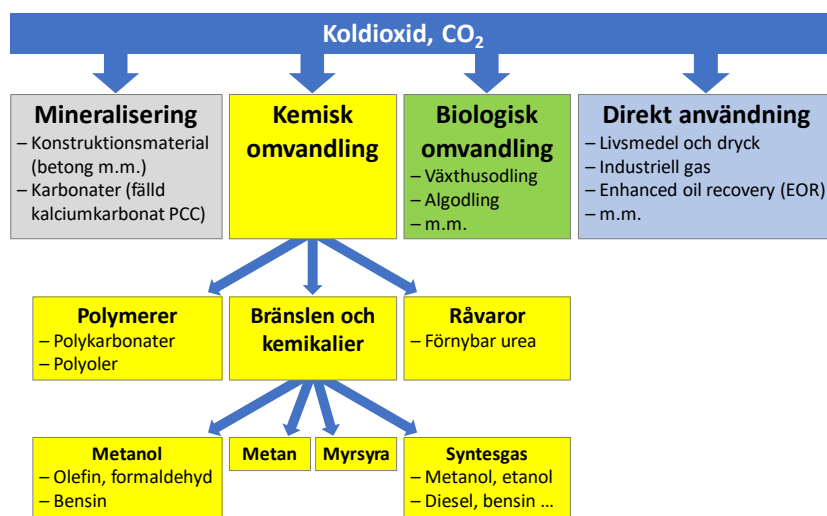
Till skillnad från permanent koldioxidlagring innebär CCU i normalfallet att den avskilda koldioxiden återgår till atmosfären efter en tid. Hur lång den temporära lagringen är beror på produktens livslängd eller beständighet. Exempelvis medför användning av av-

skild koldioxid i drivmedel endast en kortvarig lagring medan användning i material kan ge en mer långvarig lagring (se tabell 18.1). Klimatnyttan av CCU beror på hur långvarig lagringen är och på vilka produkter som kan ersättas. Om produkter som producerats med avskild koldioxid kan ersätta produkter baserade på fossila insatsvaror ökar klimatnyttan. I dagsläget är efterfrågan på koldioxid dock mycket liten i förhållande till utsläppen av koldioxid.

Ibland används begreppet *carbon capture, utilisation and storage* (CCUS), vilket omfattar både CCS och CCU. Begreppet CCUS beskriver en modell där koldioxidutsläpp från förbränningsgas eller atmosfären binds in långsiktigt i ett material och samtidigt används till något nyttigt. Exempelvis kan lagring och användandet av slaggrus ses som CCUS.

Figur 18.2 Figuren illustrerar de flesta av de nuvarande och potentiella användningsområdena för infångad koldioxid

Många av dessa användningsområden är småskaliga och resulterar vanligtvis i att koldioxiden avges till atmosfären igen efter användning



Källa: BioCO₂ – Value chains and business potential for biobased-CO₂ in circular economy (www.vtt.fi/sites/BioCO2/en). Egen bearbetning.

Olika användningsområden ger olika långvarig kolinlagring

Olika användningsområden för CCU ger olika långvarig kolinlagring. Livslängden för olika produkter varierar från några månader till 100-tals år, se tabell 18.1. CCU i byggnadsmaterial kan ge långsiktig kolinlagring, exempelvis lagring och användning av slaggrus.

Tabell 18.1 Genomsnittlig livslängd för olika CCU-produkter

Produkt	Potential Årlig marknad (Mt/år)	Livslängd
Urea	100	6 månader
Metanol	40	6 månader
Oorganiska karbonater	80	10 tals–100 tals år
Organiska karbonater	2,6	10 tals–100 tals år
Poly(urethane)	10	10 tals–100 tals år

Källa: Group of Chief Scientific Advisors (2018).

Fossil CCU bör inte betraktas som negativt utsläpp

För att CCU ska kunna betraktas som ett negativt utsläpp krävs att koldioxid tas bort från atmosfären och lagras in i långlivade produkter. Detta kan dock endast ske om biogen eller atmosfärisk koldioxid används. Fossil CCU innebär att fossila utsläpp senareläggs eller i bästa fall undviks, dvs. att koldioxid inte tas bort från atmosfären.

CCU sker för närvarande i liten skala i Sverige

Exempel på företag som arbetar med CCU i Sverige är Agroetanol i Norrköping, som har ett bioraffinaderi som avskiljer koldioxid från etanolproduktion, och Nymölla Bruk, som levererar rökgaser till tillverkaren av fyllmedlet fälld kalciumkarbonat (PCC).²¹ Tillverkaren finns på fabriksområdet. Vid tillverkningen av PCC används rökgasernas innehåll av koldioxid. Vid PCC-tillverkningen absorberas mer koldioxid än vad som släpps ut vid förbränningen av fossila bränslen vid Nymölla Bruk. Fyllmedel kan användas vid t.ex. bestrykning av papper. Vid en sådan användning av CCU kommer

²¹ Stora Enso (2016) *Miljöredovisning Nymölla bruk*.

dock merparten av den infångade koldioxiden att återgå till atmosfären igen om pappret slutligen eldas upp som avfall.

Sverige har goda tekniska förutsättningar för biobaserad CCU

Det finns goda tekniska förutsättningar för biobaserad CCU i Sverige, eftersom det finns gott om förnybar energi och stora punktutsläpp med koncentrerad biogen koldioxid från skogsindustrier och kraftvärmeverk. Det är dessutom mer energi- och kostnadseffektivt att använda koncentrerade koldioxidströmmar från rökgaser än att avskilja koldioxiden direkt från atmosfären genom DACCS.

I Sverige finns ännu ingen anläggning som producerar syntetiska bränslen från koldioxid. I ett nyligen lanserat forskningsprojekt undersöker RISE tillsammans med Södra, Akzo Nobel Specialty Chemicals och Billerud Korsnäs, med stöd av Energimyndigheten, möjligheterna för den svenska massa-, kemi- och pappersindustrin att producera syntetiska elektrobränslen med avskild koldioxid som råvara.²² Intresset för syntetiska elektrobränslen har ökat de senaste åren och de ingår i scenarier i Europeiska kommissionens förslag till EU:s långsiktiga klimatplan.²³ I dag finns det över 40 demonstrations- och pilotanläggningar i drift eller under uppbyggnad i Europa.

Elektrobränslen är ett samlingsnamn för syntetiska bränslen som produceras från el och vatten genom elektrolys till väte och syre. Vätet kan antingen användas direkt som bränsle eller som råmaterial för industriella processer. Genom att låta vätet reagera med avskild koldioxid är det möjligt att producera baskemikalier som metan och metanol, som sedan kan användas för att producera en rad olika produkter, t.ex. drivmedel, plaster och kolfiber.

För industrin kan konceptet med elektrobränslen innebära en möjlighet att under perioder med låga elpriser producera förnybara elektrobränslen av koldioxid som antingen kan lagras för senare användning eller säljas för extern användning. För samhället finns det också en möjlighet att skapa bättre balans i framtidens förnybara elnät. Det kan dock vara svårt att få lönsamhet i en verksamhet som sker sporadiskt när det är låga elpriser.

²² www.ri.se/en/press/rise-explores-opportunities-swedish-process-industry-benefit-electrofuels

²³ Europeiska kommissionen (2018).

DEL VI

System för uppföljning och konsekvensanalys

19 Uppföljning, redovisning och utveckling av de kompletterande åtgärderna

Utredningens förslag

- De klimatpolitiska handlingsplaner som regeringen ska lägga fram för riksdagen vart fjärde år bör utgöra kontrollstationer och redovisa hur arbetet med de kompletterande åtgärderna framskrider. De bör även redovisa om någon ny eller några nya åtgärdstyper ska kunna räknas som kompletterande åtgärder. De klimatpolitiska handlingsplanerna bör innehålla förslag som styr utvecklingen på området kompletterande åtgärder i önskad riktning.
- Regeringen bör basera kontrollstationerna för kompletterande åtgärder på underlag från berörda myndigheter. Regeringen bör därför ge Naturvårdsverket i uppgift att sammanställa sådana underlag i samarbete med Energimyndigheten, Jordbruksverket och Skogsstyrelsen, som en del av myndighetens befintliga uppdrag att ta fram underlag för de klimatpolitiska handlingsplanerna.
- Den klimatredovisning som regeringen årligen presenterar för riksdagen som en bilaga i budgetpropositionen bör redovisa hur arbetet med de kompletterade åtgärderna framskrider. Redovisningen bör omfatta hur alla typer av kompletterande åtgärder har utvecklats över tid. Regeringen bör ge Naturvårdsverket i uppgift att sammanställa underlag för en sådan redovisning i samarbete med berörda myndigheter.

Inför och verka för en heltäckande och transparent redovisning av kompletterande åtgärder

- Naturvårdsverket bör få i uppdrag att skapa ett system för att samla in data samt beräkna och redovisa negativa utsläpp för uppföljning av kompletterande åtgärder och de nationella klimatmålen. Datainsamlingssystemet bör omfatta avskiljning och användning av koldioxid (CCU), avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung (bio-CCS), direktinfångning och avskiljning av koldioxid i atmosfären och lagring (DACCS), andra negativa utsläpp av växthusgaser samt användning av biokol som kolsänka. Uppföljning av utsläpp och upptag inom sektorn för markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) omfattas redan av befintliga system, men dessa system behöver utvecklas ytterligare för att fånga in effekten av föreslagna åtgärder. Denna del av uppdraget bör genomföras av Naturvårdsverket i samråd med Jordbruksverket och Skogsstyrelsen.
- Uppföljning av verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder bör ske i samverkan mellan Energimyndigheten och Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket bör få i uppdrag att ta fram ett förslag på hur, när och i vilken form information om negativa utsläpp ska redovisas internationellt och till EU.
- Sverige bör verka för att EU skapar transparenta system för redovisning av negativa utsläpp av växthusgaser. Redovisningen bör skilja på kortlivad respektive långlivad eller permanent kol-inlagring.
- Sverige bör verka för att de internationella rapporteringsriktlinjerna med tillhörande metodriktlinjer och klimatrapporteringens tabellverk utvecklas inom ramen för processen enligt FN:s klimatkonvention och Parisavtalet, så att en ändamålsenlig och transparent rapportering av negativa utsläpp kan ske.

Skäl för utredningens förslag och bedömning

Uppföljning och utveckling av de kompletterande åtgärderna bör ske integrerat med övrigt klimatarbete

Området kompletterande åtgärder behöver kontinuerligt utvärderas och utvecklas på samma sätt som övriga delar av klimatpolitiken. Arbetet med att utvärdera och utveckla de kompletterande åtgärderna kan och bör ske integrerat med, och inom ramen för, det system som tillämpas för klimatpolitiken i övrigt enligt det klimatpolitiska ramverket.

Klimatlagen (2017:720) reglerar hur regeringens klimatarbete ska redovisas. De nationella klimatmålen följs därutöver upp av regeringen i den klimatredovisning som årligen presenteras i budgetpropositionen. I klimatredovisningen presenteras bl.a. utvecklingen för utsläppen inom Sveriges gränser inom den icke-handlande sektorn och från svenska anläggningar inom utsläppshandelssystemet. Den senaste redovisningen omfattade även scenarier för den icke-handlande sektorn. Nya scenarier kommer att tas fram vartannat år.

Regeringen presenterar dessutom en klimatpolitisk handlingsplan en gång per mandatperiod om hur regeringens samlade politik bidrar till att nå det långsiktiga klimatmålet samt etappmålen till 2030 och 2040. Det klimatpolitiska rådet gör sedan en oberoende utvärdering av om regeringens politik är förenlig med målen.

En årlig uppföljning av kompletterande åtgärder bör också ske i regeringens klimatredovisning i budgetpropositionen. Redovisningen bör omfatta utvecklingen av de olika typerna av kompletterande åtgärder. De klimatpolitiska handlingsplaner som regeringen ska lägga fram för riksdagen vart fjärde år bör även redovisa hur arbetet med de kompletterande åtgärderna framskrider. Dessa kontrollstationer möjliggör en mer omfattande redovisning av de kompletterande åtgärderna jämfört med den årliga redovisningen. De klimatpolitiska handlingsplanerna bör innehålla förslag för att styra utvecklingen på området kompletterande åtgärder i önskad riktning.

Redovisningen av negativa utsläpp och CCU behöver utvecklas

En enhetlig rapportering av negativa utsläpp och avskiljning och användning av koldioxid (CCU) behöver utvecklas för att det ska vara möjligt för Sverige och EU att redovisa negativa utsläpp och följa upp klimatmål i enlighet med klimatrapporteringens principer om att redovisningen ska vara transparent, korrekt, komplett, jämförbar och konsistent (*transparency, accuracy, completeness, comparability, consistency, TACCC*). I Europeiska kommissionens förslag till EU:s långsiktiga klimatstrategi ingår negativa utsläpp och CCU i flera av scenarierna¹. I dagsläget sker dock ingen storskalig aktivitet kring negativa utsläpp eller CCU i Sverige eller EU förutom inom sektorn för markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF).

Sverige saknar system för att samla in data samt beräkna och rapportera negativa utsläpp för uppföljning av nationella mål och redovisning av negativa utsläpp, utöver befintlig redovisning i LULUCF-sektorn. Det finns därför behov av ett datainsamlingssystem som omfattar CCU, avskiljning, transport och lagring av koldioxid av biogent ursprung (bio-CCS), direktinfångning och avskiljning av koldioxid i atmosfären (DACCS), andra negativa utsläpp samt användning av biokol som kolsänka.

Naturvårdsverket är ansvarig myndighet för Sveriges klimatrapportering till EU och till klimatkonventionen, och varje år redovisas Sveriges territoriella utsläpp och upptag i rapporten om Sveriges nationella växthusgasinventering (*National Inventory Report, NIR*). Beräkningarna följer klimatkonventionens rapporteringsriktlinjer och FN:s klimatpanel IPCC:s metodriktlinjer.² Utsläpp och upptag redovisas för hela tidserien från 1990 fram till året två år innan publiceringsåret (år X-2). Vartannat år redovisar Sverige scenarier, styrmedel och åtgärder för alla sektorer till EU enligt Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 525/2013 av den 21 maj 2013 om en mekanism för att övervaka och rapportera utsläpp av växthusgaser och för att rapportera annan information på nationell nivå och unionsnivå som är relevant för klimatförändringen samt under klimatkonventionen i *biennial report*. Dessa regelverk gäller för internationella åtaganden och inom EU för perioden 2013–2020. För perioden 2021–2030 regleras klimatrapporteringen inom EU enligt

¹ Europeiska kommissionen (2018).

² IPCC (2006), IPCC (2013).

Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/1999 av den 11 december 2018 om styrningen av energiunionen och av klimatåtgärder. (styrningsförordningen). Enligt Parisavtalet kommer deltagarländerna rapportera enligt riktlinjerna för *Biennial Transparency Report*.³

Enligt Kyotoprotokollets riktlinjer och Europaparlamentets och rådets beslut nr 280/2004/EG av den 11 februari 2004 om en mekanism för övervakning av utsläpp av växthusgaser inom gemenskapen och för genomförande av Kyotoprotokollet samt sedan enligt förordning (EU) nr 525/2013, ska Sverige och andra medlemsländer inom EU ta fram och upprätthålla ett nationellt system för växthusgasinventering. Systemet ska bestå av legala, institutionella och processmässiga arrangemang. Inom EU finns i samma regelverk även krav på ett liknande system för rapportering av styrmedel och åtgärder samt scenarier. Sverige har genomfört kraven genom bl.a. klimatrapporteringsförordningen (2014:1434). Förordningen fördelar mandat och reglerar vad berörda myndigheter ska bistå Naturvårdsverket med för att Sverige ska kunna ta fram robusta och trovärdiga data på utsläpp och upptag av växthusgaser. Därutöver finns överenskommelser mellan Naturvårdsverket och berörda myndigheter som förtydligar tidpunkter, format och kvalitet för leveranser.

Även för de kompletterande åtgärderna behövs ett system för att dels säkerställa dataleveranser från olika myndigheter vid beslutade tidpunkter, dels säkerställa kvaliteten i de fall detta inte redan ingår i dagens nationella system för klimatrapportering. Det finns flera olika möjligheter att säkerställa leverans av underlag, exempelvis regeringsuppdrag, instruktioner, förordningar och regleringsbrev. Formerna för att bygga upp rapporteringen av kompletterande åtgärder bör dock utvecklas gradvis. I ett inledande skede bör uppgiften att utforma ett ändamålsenligt rapporteringssystem, inklusive hur dataförsörjningen ska se ut, tilldelas berörda myndigheter via regeringsuppdrag.

Scenarier bör tas fram för de kompletterande åtgärderna

Scenarier bör tas fram för varje typ av kompletterande åtgärd. Enligt styrningsförordningen ska medlemsstaterna vartannat år redovisa scenarier till EU och klimatkonventionen för de sektorer som ingår i klimatrapporteringen. Arbetet med att ta fram scenarier för kom-

³ Artikel 13 i Parisavtalet och enligt Katowicebeslutet, 18/CMA.1.

pletterande åtgärder, och lämpliga metoder för detta, bör kunna utvecklas och integreras i detta arbete.

Sverige bör redovisa negativa utsläpp internationellt och inom EU

För att öka kunskapen om hur de totala territoriella utsläppen och upptagen utvecklas bör Sverige rapportera kompletterande information om eventuella negativa utsläpp internationellt och inom EU. Formerna för denna rapportering behöver utredas vidare.

Det är redan i dag möjligt att rapportera information om negativa utsläpp i NIR även om det saknas rapporteringsriktlinjer, metodriktlinjer och gemensamma rapporteringstabeller för vissa av de kompletterande åtgärderna. Information om negativa utsläpp skulle kunna redovisas i en bilaga till NIR.

Att redovisa kompletterande åtgärder som underkategorier där det är möjligt skulle även underlätta en nationell sammanställning över utvecklingen av kompletterande åtgärder.

De kompletterande åtgärder som inkluderas under ordinarie rapporteringskategorier i rapporteringen enligt klimatkonventionen och EU kan granskas internationellt vilket kan bidra till att utveckla och förbättra rapporteringen av kompletterande åtgärder över tid.

Det finns också möjlighet att redovisa utvecklingen av de kompletterande åtgärderna i den nationalrapport som lämnas till klimatkonventionen vart fjärde år och i *biennial report* som lämnas till klimatkonventionen vartannat år.

Internationella rapporteringsriktlinjer, metodriktlinjer och tillhörande tabeller bör utvecklas på sikt

Dagens rapporteringsriktlinjer är inte entydiga vad gäller negativa utsläpp och CCU. För att möjliggöra en transparent och jämförbar rapportering av negativa utsläpp och CCU behöver de internationella rapporteringsriktlinjerna, metodriktlinjerna och tillhörande tabeller på sikt utvecklas enligt samma principer som gäller för utsläppsredovisningen till klimatkonventionen och EU i dag. Få länder rapporterar CCS eller CCU till klimatkonventionen, och de som inkluderar CCS eller CCU tillämpar riktlinjerna för rapportering på olika sätt.

För att det ska vara möjligt att utveckla riktlinjerna på längre sikt krävs stöd från fler länder som redovisar negativa utsläpp och CCU.

Det saknas exempelvis metodriktlinjer för att beräkna inbindning av koldioxid i betong, och därmed finns ingen kategori för rapportering av sådan data i klimatrapporteringens gemensamma tabeller men det finns förslag om att en ny underkategori skapas för att möjliggöra rapportering av upptag av koldioxid i samband med karbonatisering av betong.⁴

För energisektorn är det redan i dag möjligt att rapportera utsläpp och infångning av biogen koldioxid. Rapporterad infångning av koldioxid ska gälla långtidslagring, men för industriprocesser och produktanvändning är det inte möjligt att rapportera infångning av biogen koldioxid. Fossil CCU kan rapporteras. Utsläpp av fossil koldioxid ska dock fördelas där utsläppen sker, inte där koldioxiden används (med några få undantag). De oklara och svårtolkade instruktionerna för rapportering av infångning och lagring av koldioxid i IPCC:s metodriktlinjer behöver förtydligas.⁵

Redovisning av LULUCF-åtgärder inklusive biokol

När det gäller föreslagna kompletterande åtgärder i LULUCF-sektorn ingår dessa åtgärder i de kategorier som kommer att redovisas till FN och EU från 2021. Eftersom de uppföljningssystem som används i dag inte säkert fångar in effekten av de åtgärder som utredningen föreslår behöver dock system för uppföljning och redovisning av kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn utvecklas. Dagens uppföljningssystem bygger i stor utsträckning på insamling av stickprovsbaserad statistik inom ramen för Riksskogstaxeringen och markinventeringen vid Sveriges lantbruksuniversitet samt på modeller.

Systemet är utformat för att uppskatta utsläpp och upptag på nationell nivå men inte för att fånga in effekter av enskilda åtgärder. Det befintliga systemet bör kompletteras för att kunna följa upp även de åtgärder som föreslås av utredningen.

De åtgärder som utredningen lyfter fram vad gäller jordbruksmark kan t.ex. följas upp genom att befintlig klimatrapportering kompletteras med den rapportering som görs av utfallet inom landsbygds-

⁴ Stripple m.fl. (2018).

⁵ Kindbom och Gustafsson (2018).

programmet och av den uppföljning som görs av rådgivningsinsatser och stöd. Där det inte utförs direkta mätningar av kolförrådsförändringar eller utsläpp av växthusgaser kan s.k. defaultfaktorer för kolinlagring och utsläpp användas tillsammans med insamlad statistik över åtgärdernas omfattning. Det innebär t.ex. att information om enskilda aktiviteter för återvätning samt areal och uppskattad effekt av åtgärden behöver samlas in.

Utgångspunkten är att endast effekten av en åtgärd jämfört med om åtgärden inte utförts ska räknas med. Effekten av föreslagna styrmedel och åtgärder som ingår i de aktiviteter som redovisas i dag kan vara svåra att fånga in, eftersom utvecklingen av utsläpp och upptag för aktiviteten kan bero på annat än de föreslagna åtgärderna. Då kan det t.ex. vara lämpligt att sätta en referens som motsvarar aktuella åtgärdsarealer eller utsläpp respektive upptag för det år (eller den basperiod) när åtgärden beslutades eller genomfördes. För beskogad mark skulle en referens kunna vara årlig beskogning de senaste 20 eller 30 åren; om styrmedel är på plats 2021 bör den i stället bestå av ett referensår, dvs. att referensen räknas för perioden 2001–2021. Effekten av den kompletterande åtgärden beskogning skulle då vara den extra beskogade arealen jämfört med en sådan referens (se även kapitel 7).

Användning av biokol som kolsänka redovisas inte i Sveriges nuvarande klimatrapportering. För att bättre kunna följa upp effekten av produktion och användning av biokol skulle Sverige kunna använda liknande metoder som för redovisning av kolförrådsförändringar i kolpoolen avverkade träprodukter (HWP) inom LULUCF (se kapitel 8). Biokol som produceras av skogsbiomassa och som används för att öka kolsänkan som jordförbättringsmedel eller byggnadsmaterial skulle kunna vara en särskild underkategori inom klimatredovisningen av avverkade träprodukter. I så fall skulle det krävas en separat redovisning av biokol som producerats från annan råvara än skogsbiomassa, t.ex. halm, avfall och hästgödsel. Vid redovisningen är det dock viktigt att skilja på biokol som används för kolinlagring och biokol som används för bioenergi.

Ett alternativ är att använda metoden i IPCC:s senaste metodriktlinjer ”*IPCC refinement*”⁶ för att beräkna effekten på kolinlagringen.

⁶ IPCC (2019c).

Verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder bör följas upp

Energimyndigheten är i dag utpekad expertmyndighet för Kyoto-protokollets mekanismer för gemensamt genomförande (JI), ren utveckling (CDM) och internationell handel med utsläppsrätter (IET) och i sin egenskap av kontoföringsmyndighet enligt förordningen (2004:1205) om handel med utsläppsrätter ansvarig myndighet för registret för mekanismerna. Energimyndigheten kommer även fortsättningsvis ansvara för internationella flexibiliteter under Parisavtalets artikel 6 och föreslås av utredningen bli ansvarig för ett nytt program på området (se kapitel 13). Energimyndigheten ansvarar även för registret för EU:s interna handel med utsläppsrätter.

I dag sammanställer Energimyndigheten den information som behövs för den internationella rapporteringen enligt klimatrapporteringsförordningen, och Naturvårdverket för sedan in informationen i rapporteringen till EU och klimatkonventionen. Utredningen föreslår ett liknande upplägg för att säkerställa underlag till den årliga nationella redovisningen av kompletterande åtgärder.

20 Konsekvensanalys

20.1 Detta kapitel

Utredningens förslag till strategi för kompletterande åtgärder för att nå negativa nettoutsläpp efter 2045 redovisas i inledningen av detta betänkande, tillsammans med de förslag till nya och förändrade styrmedel som behöver införas.

I denna konsekvensanalys redovisas de överväganden och analyser som utredningen gjort kring den föreslagna strategins kostnadseffektivitet och offentligfinansiella konsekvenser i tidsperspektivet fram till 2030 samt, utifrån en mer kvalitativ ansats, på längre sikt till 2045 och därefter. Här ingår även analyser av strategins konsekvenser i förhållande till miljökvalitetsmålen, inklusive generationsmålet, konsekvenser för energisystemet, möjliga konsekvenser i form av s.k. koldioxidläckage, konsekvenser för företag och enskilda, effekter på jämställdhet, hälsoeffekter och andra relevanta samhällsekonomiska effekter, allt i enlighet med utredningens direktiv.

För att komma fram till förslaget till strategi har utredningen analyserat flera olika alternativ. På området markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF-sektorn) finns flera alternativa åtgärder som kan bidra till ökad kolsänka, utöver dem där styrmedel föreslås av utredningen och effekten av några ytterligare åtgärder på skogsmark redovisas i kapitel 6 samt i en kortfattad version i denna konsekvensanalys (se avsnitt 20.14). Förslagen i strategins övriga delar är också ett resultat av ett antal alternativ och avvägningar som även de redovisas kortfattat i denna konsekvensanalys. I respektive kapitel i betänkandet finns en utförligare redovisning.

Förslaget till strategi omfattar nya styrmedel och förändringar i gällande rätt; bl.a. lämnar utredningen författningsförslag avseende avskiljning, transport och geologisk lagring av koldioxid av biogent ursprung (bio-CCS).

För utredningens detaljerade förslag redovisas separata konsekvensanalyser i enlighet med utredningens direktiv. Dessa analyser återfinns sist i kapitlet. Förslagen inom LULUCF-sektorn behöver dock utformas och utredas ytterligare innan de kan genomföras.

20.2 Vilka problem ska förslaget till strategi bidra till att lösa?

20.2.1 Det saknas incitament för kompletterande åtgärder både på kort och lång sikt mot målen i klimatramverket

Regeringen och riksdagen behöver föreslå och besluta om nya styrmedel eller förändra befintliga styrmedel som ger incitament till att genomföra kompletterande åtgärder, eftersom sådana styrmedel enbart finns i mycket begränsad omfattning i nuläget. Regeringen och riksdagen kan även behöva föreslå och besluta om att budgetmedel ska avsättas till offentliga åtgärder för att kompletterande åtgärder ska komma till stånd. Detta gäller främst åtgärder för utsläppsminskningar i andra länder genom statliga förvärv, men det kan också vara aktuellt för åtgärder inom LULUCF-sektorn.

De kompletterande åtgärderna skiljer sig åt i sin karaktär, men till den här typen av åtgärder räknas såväl genomförande av utsläppsminskningar i andra länder som inhemska åtgärder för ett ökat upptag av koldioxid i LULUCF-sektorn och bio-CCS. Även andra åtgärder för negativa utsläpp under utveckling kan på sikt bli aktuella som kompletterande åtgärder, t.ex. direktinfångning och avskiljning av koldioxid i atmosfären (*direct air carbon capture and storage*, DACCS) och biokol.

Styrmedel saknas både på EU-nivå och nationell nivå

EU:s klimatmål till 2030 får enbart nås genom utsläppsminskningar inom EU:s geografiska område och genom ett begränsat tillgodoräknande av eventuella överskott från kolsänkor, bokförda enligt

LULUCF-förordningen.¹ Enheter från utsläppsminskningar i länder utanför EU får inte användas för måluppfyllelse för de utsläpp som omfattas av EU:s ansvarsfördelningsförordning² och är inte heller tillåtna i EU:s utsläppshandelssystem³. EU-regelverket öppnar däremot för handel mellan EU-länder för att uppfylla ansvarsfördelningsförordningen samt mellan olika verksamhetsutövare inom utsläppshandelssystemet (se kapitel 16).

Det finns av den anledningen inte några EU-styrmedel i den nuvarande klimatpolitiken som ger marknadsaktörer incitament att bidra till att finansiera det som i Sverige benämns kompletterande åtgärder, som ett alternativ till att genomföra egna utsläppsminskningar. Inte heller de klimatstyrmedel som införts nationellt, exempelvis reduktionsplikten för drivmedel ger några sådana incitament.

När det gäller tekniker för negativa utsläpp, t.ex. bio-CCS, saknas det i dagsläget även metoder för rapportering och verifiering. Den här typen av åtgärder omfattas inte heller av några särskilda styrmedel utöver de som finns för att främja forskning och utveckling (FoU), och de kan inte räknas med när Sveriges klimatmål gentemot EU ska nås.

Inom den s.k. frivilligmarknaden för klimatkompensation ges i dag vissa incitament till att genomföra några av de åtgärder som kan komma att räknas som kompletterande. Systemen för klimatkompensation är ofta baserade på rapporterings- och verifieringssystem som företagen själva utvecklat (se kapitel 15).

En kollektiv nytthet

Åtgärder som medför att upptaget av koldioxid ur atmosfären ökar kan betraktas som en kollektiv nytthet, **dvs. som en positiv extern effekt** i motsats till koldioxidutsläpp från förbränning av fossila bränslen och andra utsläpp av växthusgaser som utgör negativa externa effekter.⁴

¹ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/841 av den 30 maj 2018 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030.

² Europaparlamentets och rådets förordning 2018/842/EU av den 30 maj 2018 om medlemsstaternas bindande årliga minskningar av växthusgasutsläpp under perioden 2021–2030 som bidrar till klimatåtgärder för att fullgöra åtaganden enligt Parisavtalet (*Effort Sharing Regulation*).

³ Industri- och energianläggningar i Norge, Liechtenstein, Schweiz och Island är länkade till EU:s utsläppshandelssystem.

⁴ Se exempelvis Konjunkturinstitutet (2012), Söderholm (2012).

Precis som koldioxidutsläpp från förbränning av fossila bränslen har ett pris i den övergripande klimatpolitiken, skulle den som genomför en åtgärd som bidrar till ett ökat upptag i princip kunna ersättas för detta.

Utredningens förslag, både om bio-CCS och i LULUCF-sektorn, inriktas därför inledningsvis på att konstruera effektivt utformade ekonomiska stöd från det allmänna som adresserar detta grundläggande marknadsmisslyckande.

Utöver bristen på negativ prissättning, dvs. bidrag till ökade upptag, konstaterar utredningen att det även förekommer andra typer av marknadsmisslyckanden relaterade till de olika typerna av kompletterande åtgärder på de marknader där de förutsätts genomföras.

Inom jordbruks- och skogsbrukssektorn är marknadsaktörerna en relativt heterogen grupp. Många är småföretagare och har därför generellt sett inte resurser att söka upp information och sätta sig in i de olika åtgärdsalternativ som står till buds på områden som ligger utanför företagets huvudverksamheter, trots att åtgärderna i en del fall till och med kan vara företagsekonomiskt lönsamma. Detta gäller exempelvis åtgärder som kan bidra till en ökad kolinlagring i mark men även åtgärder som skulle kunna leda till att avgången av växthusgaser från torvmarker begränsas. En betydande del av landets skogsägare varken bor eller verkar på sin skogsfastighet och skogsbruket de bedriver utgör inte heller deras huvudsakliga inkomstkälla, vilket kan påverka intresset för och möjligheterna att ta del av information om att vidta åtgärder för ökad kolsänka (se kapitel 7).

Så kallade informationsmisslyckanden är vanliga inom dessa näringar, tillsammans med andra närbesläktade s.k. beteendemislyckanden,^{5,6} dvs. beteenden som leder till att den som står i begrepp att fatta ett investeringsbeslut föredrar det invanda och fäster större vikt vid de kostnader som kan uppstå på kortare sikt jämfört med de intäkter som skulle kunna uppstå längre fram i tiden.

När det gäller bio-CCS behöver investeringar göras i ytterligare kollektiva nyttor dels för att en gemensam kostnadseffektiv infrastruktur ska kunna utvecklas, dels för att tekniken ska nå en större marknadsmognad genom ytterligare teknikutveckling. Bio-CCS-tekniken är under utveckling och de första fullskaleanläggningarna

⁵ De barriärer som förekommer diskuteras bl.a. av Europeiska kommissionen i https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-specific-objectives-brief-5-agriculture-and-climate-mitigation_en.pdf

⁶ OECD (2017), ESO 2016:17.

behöver komma på plats för att bidra till de läreffekter som krävs för att kostnaderna ska kunna minska och tekniken genomföras i större skala. I denna teknik- och infrastrukturutveckling behöver det offentliga vara med och bidra i hög omfattning och minska risken, så att tidiga investeringar kan komma till stånd.⁷ Fördelarna med de läreffekter som uppstår kan komma flera företag tillgodo. Fördelarna för det enskilda företaget som är tidigt ute med sin investering är däremot mindre, samtidigt som företaget även får stå för betydligt större ekonomiska risker jämfört med när investeringar görs i mer beprövad teknik.

Den positiva s.k. kunskapsexternalitet som uppstår vid tidiga investeringar i teknik under utveckling motiverar investeringar från det offentliga. Eftersom det dessutom handlar om ett negativt utsläpp, vilket är ytterligare en positiv externalitet, finns det dubbla motiv för insatser från det offentliga på just detta område.

Marknadsmislyckandena är alltså flera till antalet vilket motiverar att styrmedel behöver sättas in. Eftersom de kompletterande åtgärderna dessutom bedöms vara en nödvändig förutsättning för att nå de långsiktiga målen i klimatramverket om nettonollutsläpp senast 2045 och negativa nettoutsläpp därefter är en s.k. styrmedelsintervention motiverad; för att förbättra den samhällsekonomiska effektiviteten kan varje marknadsmislyckande behöva mötas av åtminstone ett styrmedel.⁸

20.2.2 Strategin behöver utformas på ett kostnadseffektivt sätt samtidigt som betydande osäkerheter behöver hanteras

De grundläggande principerna för utformningen av utredningens förslag redovisas i strategin med förslag till handlingsplan i inledningen av betänkandet. Förslagen är formulerade utifrån utgångspunkten att strategin ska skapa förutsättningar för att de långsiktiga målen för de kompletterande åtgärderna ska kunna nås till en så låg kostnad som möjligt, givet alla osäkerheter och risker som finns på området.

⁷ De marknadsmislyckanden det handlar om brukar benämnas kunskaps- och nätverksexternaliteter. Det finns en diskussion om hur omfattande det allmännas roll i en s.k. innovationskedja kan behöva vara och om behoven skiljer sig åt beroende på teknikområde.

⁸ Se exempelvis Söderholm (2012), s. 18.

Även om det i princip inte är möjligt att i förväg veta vilka vägval som långsiktigt skulle kunna vara de mest kostnadseffektiva är det ändå möjligt att utforma en styrning som skapar förutsättningar för att hålla nere kostnaderna till så låga nivåer som möjligt, bl.a. genom att parera för oväntade händelser som kan uppstå längs vägen. Detta är också huvudskälet till utredningens förslag att strategin ska följas upp vid särskilda kontrollstationer och inte vara ensidigt inriktad mot en typ av åtgärder. Det bör inte heller föreslås några kvantitativa mål för de olika typerna av kompletterande åtgärder i förhållande till det långsiktiga målet.

Utredningen finner att det inte är möjligt, och inte heller lämpligt, att föreslå att en enhetlig ersättningsnivå för (värdering av) negativa utsläpp införs som en generell komponent i styrningen. Mot en enhetlig ersättning för negativa utsläpp även på längre sikt talar att åtgärder inom LULUCF-sektorn i vissa fall kan vara särskilt svåra att mäta och verifiera, har en lägre grad av permanens, i vissa fall är reversibla och därmed inte är fullt ut jämförbara med åtgärder som bio-CCS eller DACCS. På sikt bör dock styrningen av kompletterande åtgärder utvecklas i riktning mot en större teknikneutralitet, med förbehållet att hänsyn kommer behöva tas även i framtiden till att tekniker befinner sig i olika utvecklingsstadier.

De förslag som utredningen lägger fram utgår i grunden från principen att kostnaderna för att genomföra kompletterande åtgärder ska vara lägre än kostnaderna för utsläppsminskningar i klimatramverket.

Marginalkostnaden för de kompletterande åtgärderna, inklusive kostnaderna för de styrmedel som behöver införas, bör också enligt utredningens beräkningar (se avsnitt 20.4.1 nedan) ha förutsättningar att hamna på en lägre nivå än motsvarande kostnad på marginalen för utsläppsminskningarna. Det innebär sammantaget att de kompletterande åtgärderna har förutsättningar att sänka kostnaderna för att genomföra klimatramverket inom uppsatta ramar.⁹

De olika typer av åtgärder som skulle kunna räknas som kompletterande i det svenska klimatramverket behöver alla jämföras mot ovanstående kostnadsprincip. Även kostnaderna för de styrmedel som föreslås behöver ingå i denna jämförelse.

⁹ Det skulle dock fortfarande kunna vara ekonomiskt försvarbart med högre marginalkostnader om det fanns stora externa nyttor i form av lärande och nätverksexternaliteter att vinna.

För att styrmedlen i strategin ska kunna betraktas som kostnads-effektiva behöver de även vara utformade så att de tar hänsyn till andra samtidigta marknadsmisslyckanden – inte bara till bristen på negativ prissättning.

Ett villkor för kostnadseffektivitet i den utformning av styrmedel som utredningen tagit fasta på är att det inte ska gå att visa att något annat genomförbart styrmedel hade kunnat leda till samma effekt till lägre kostnad.

Strategin behöver även ta hänsyn till att det tar tid att genomföra en del av de kompletterande åtgärderna samt att vissa av dem för med sig ett antal samtidigta sidonyttor.

I några fall kan även klimateffekten utgöra sidonyttan medan huvudsyftet är ett annat. Om hänsyn inte tas till samtidigta sidonyttor, utan enbart klimateffekter samt kostnader för styrmedel och olika åtgärder ligger i fokus, riskerar den samhällsekonomiska effektiviteten minska i strategin.

Strategin förutsätts genomföras i en värld som ställer om i riktning mot Parisavtalets temperaturmål, vilket bl.a. har betydelse för de antaganden som görs om förutsättningarna för att genomföra åtgärder i andra länder på längre sikt. Det har även betydelse för de systemövergripande effekterna av åtgärder inom LULUCF-sektorn och av bio-CCS.

20.2.3 Strategin behöver vara genomförbar

Vid sidan av utgångspunkterna i avsnittet ovan behöver styrmedlen i strategin även utformas med hänsyn till bedömningar av genomförbarhet i politiken både på kort och lång sikt.

En viktig aspekt på genomförbarheten är om de styrmedel som föreslås riskerar att leda till koldioxidläckage som följd av att de påverkar de ekonomiska förutsättningarna för berörda aktörer på ett mer omfattande sätt. En annan viktig aspekt är att åtgärderna som föreslås ska gå att genomföra utan att komma i konflikt med EU-rätten.

Acceptansfrågor är också centrala för genomförbarheten av strategin. De hinder som kan uppstå handlar om både acceptansen för de åtgärder som föreslås genomföras både i och utanför landet och det sätt på vilket åtgärderna föreslås finansieras.

En värderingsfråga som påverkar acceptansen för de kompletterande åtgärderna handlar om huruvida de kompletterande åtgärderna betraktas som ett ytterligare område för klimatåtgärder som kan öka möjligheterna att åstadkomma större och snabbare nettoutsläppsminskningar för att nå ned till nettonoll och nettonegativa utsläppsnivåer eller om de kompletterande åtgärderna enbart ses som åtgärder som genomförs i stället för utsläppsminskningar och därmed riskerar att urholka det sammanlagda omställningstrycket i klimatpolitiken. Utredningen förespråkar det förstnämnda synsättet och bedömer att det klimatpolitiska ramverket säkerställer att kompletterande åtgärder bidrar till, snarare än försvårar, omställningen till ett samhälle med mycket låga växthusgasutsläpp.

20.2.4 Utredningens förslag till strategi

I inledningen av detta betänkande redovisas utredningens förslag till strategi för en successiv introduktion av kompletterande åtgärder 2021–2045 och därefter. Förslagen tar sin utgångspunkt i klimatramverkets nettonollmål som ska nås senast 2045 samt mål om negativa nettoutsläpp därefter, men syftar samtidigt till att omfattningen av åtgärderna ska byggas upp 2021–2030 och bidra till uppfyllelse av klimatmålen för 2030 och 2040. Förslagen sammanfattas i tabell 20.1.

Tabell 20.1 Sammanfattning av huvudförslagen i utredningens handlingsplan

Område	Utredningens förslag
Övergripande	<p>Kvantitativa mål sätts för de kompletterande åtgärderna 2030 och 2045. De kompletterande åtgärderna byggs upp över tid så att de 2030 uppgår till minst 3,7 miljoner ton per år för att sedan successivt öka till minst 10,7 miljoner ton 2045.</p> <p>Kontrollstationer vart fjärde år som en del av regeringens klimat-handlingsplaner.</p> <p>Återkommande uppföljningar och utvärderingar genomförs för att möjliggöra justeringar och anpassa genomförandet av strategin dels till förändringar i omvärlden, dels till gjorda erfarenheter.</p> <p>Ett generellt system för rapportering, mätning och verifiering av negativa utsläpp tas fram.</p>
Ökad kolsänka i skog och mark inklusive biokol	<p>Kommande landsbygdsprogram 2021–2027 utformas, efter fortsatt utredning, så att incitament ges för odlingssystem som inkluderar fånggrödor, energiskogsodling och agroforestry samt för åtgärder som leder till minskad avgång av växthusgaser från torvmark och på sikt även till försel av biokol och andra åtgärder för ökad kolinlagring i jordbruksmark. Programmet utgår från EU:s gemensamma jordbrukspolitik.</p> <p>Ökad rådgivning genomförs för skogsplantering på före detta jordbruksmark som tagits ur bruk och för åtgärder inom skogsbruket som leder till ökad kolsänka och ökad resiliens.</p> <p>Bidrag på 125 miljoner kronor per år till åtgärder för minskad avgång av koldioxid genom återvätning av dränerad torvmark.</p> <p>En analys av hur internationella åtaganden om biologisk mångfald ska kunna förenas med en växande cirkulär bioekonomi genomförs i annan utredning.</p> <p>Fortsätta investeringsstöd till biokolsanläggningar via Klimatklivet och inom landsbygdsprogrammet. Bidragen ses över om stöd i stället införs till användning av biokol.</p>
Bio-CCS	<p>Investeringsstödet för minusutsläpp förutsätts fortsätta.</p> <p>Omvända auktioner genomförs för negativa koldioxidutsläpp genom bio-CCS. Den totala volymen bör initialt begränsas till anläggningar som leder till en lagring på sammanlagt maximalt 2 miljoner ton koldioxid per år.</p> <p>När bio-CCS nått den kvantiteten utvärderas erfarenheterna med omvänd auktionering som del av en översyn av formerna för den fortsatta styrningen av bio-CCS.</p> <p>Sverige bör verka för att det inom EU utvecklas ett gemensamt långsiktigt styrmedel för att främja bio-CCS och andra tekniker för negativa utsläpp med likartade egenskaper.</p>
Verifierade utsläppsminskningar i andra länder	<p>Ett program för utsläppsminskningar i andra länder inrättas för genomförande under 2020-talet. Programmet föreslås omfatta ett förvärv av som minst cirka 20 miljoner utsläppsbegränsningsenheter. Programmets syfte föreslås vara att bidra till resultatbaserad klimatfinansiering i huvudsak i medelinkomstländer med höga eller ökande utsläpp av växthusgaser. Programmet föreslås samtidigt även bidra till att enheter från utsläppsbegränsningar i andra länder används som kompletterande åtgärder i den omfattning som behövs mot målen i strategin. Förvärven behöver därför genomföras i enlighet med kommande regelbok under artikel 6 i Parisavtalet.</p> <p>De insatser som Sverige genomför i det föreslagna programmet behöver ge incitament till ambitionsnivåhöjningar i linje med Parisavtalets temperaturmål, ha en hög miljöintegritet och bidra till hållbar utveckling i världsländerna, så som det föreskrivs i artikel 6.1 i Parisavtalet.</p> <p>På lång sikt, mot nettonollmålet senast 2045, bör inriktningen vara att enbart åtgärder som bidrar till negativa utsläpp i andra länder får räknas som kompletterande åtgärder. Övriga insatser bör bidra till resultatbaserad klimatfinansiering.</p>

Styrmedel för ökad kolsänka och minskade utsläpp i LULUCF-sektorn

Åtgärdspotential och effektbedömning

Utredningens förslag inom LULUCF-sektorn omfattar framför allt åtgärder på jordbruksmark och jordbruksmark som tagits ur bruk. Åtgärder för ökad kolsänka i skog har också diskuterats men finns inte med som huvudalternativ, eftersom andra processer pågår som på olika sätt kan bidra till att konkretisera skogspolitikens mål, vilket kan leda till att sådana åtgärder kommer till stånd. Några av dessa alternativa åtgärder, vilka har potential för ökad kolsänka på skogsmark, beskrivs i avsnitt 20.14.

På jordbruksmark utgår styrmedelsförslagets effektbedömningar från följande mål för stödets omfattning där användningen av fånggrödor och mellangrödor ökar till sammanlagt 400 000 hektar och agroforestry bedrivs på 50 000 hektar. Den jordbruksmark som tagits ur bruk föreslås användas till energiskogsodling på 40 000 hektar och beskogning av 100 000 hektar, medan mark som redan börjat växa igen (cirka 50 000 hektar) bör åtgärdas för att främja tillväxten av skog. Dikad torvmark föreslås återvätas omfattande 100 000 hektar skogsmark och 10 000 hektar jordbruksmark.

För samtliga föreslagna åtgärder gäller att förutsättningarna för att nå andra miljömål och målen i den nationella livsmedelsstrategin inte ska försvåras utan snarare stärkas. Sammantaget kan dessa åtgärder leda till kompletterande åtgärder motsvarande 1,2 miljoner ton per år 2030 och 2,7 miljoner ton per år 2045 (tabell 20.2).

I effektbedömningen ingår vissa åtgärder på jordbruksmark, t.ex. fånggrödor, mellangrödor, energiskogsodling och agroforestry. Andra möjliga åtgärder, t.ex. ökad vallodling, perenna växter och tillförsel av biokol, kan däremot komma att inkluderas som kompletterande åtgärder på sikt.

De uppsatta målen för att genomföra kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn är relativt högt satta, även om utredningen bedömer att de är realiserbara med den styrning som föreslås.

Det finns dock omständigheter som inverkar på möjligheterna att nå dessa mål – dels kan det ta tid att få till stånd åtgärder i den omfattning som förutsätts, dels kan det visa sig att den bedömda potentialen inte realiserar fullt ut på grund av att styrmedlen inte ger

förväntad effekt. Även effektbedömningarna kan komma att revideras utifrån ny kunskap, men då kan effekterna både öka eller minska.

Några känslighetsberäkningar kan illustrera osäkerheter i utfallen:

Om genomförandet av åtgärderna i praktiken visar sig ta dubbelt så lång tid för aktiviteter på jordbruksmark och beskogning, kan den totala effekten minska till knappt 1 miljon ton koldioxidekvivalenter per år 2030. Utvecklingen påverkas på liknande sätt om enbart fånggrödor och återvätning genomförs i den takt som antagits samtidigt som plantering av energiskog genomförs på hälften och beskogning och agroforestry på en fjärdedel av den föreslagna arealen, dvs. effekten reduceras till knappt 1 miljon ton per år 2030. Om dessutom fånggrödor och återvätning bara genomförs på hälften av den föreslagna arealen blir effekten till 2030 knappt 0,6 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Störst betydelse för utfallet till 2030 har alltså omfattningen av genomförandet av fånggrödor och återvätning.

Tabell 20.2 Bedömd realiserbar potential till 2030, 2040 och 2045 för de åtgärdsförslag utredningen föreslår inom LULUCF-sektorn

Den areella omfattningen av respektive åtgärd (hektar) och ökad kolsänka/minskade utsläpp (miljoner ton koldioxidekvivalenter per år)

	2030		2040		2045	
	Areal	Ökad kolsänka	Areal	Ökad kolsänka	Areal	Ökad kolsänka
Fånggrödor	300 000	0,4	400 000	0,5	400 000	0,5
Energiskog	40 000	0,1	40 000	0,1	40 000	0,1
Beskogning	Direkt	100 000	100 000	0,4	100 000	0,8
	Passiv	50 000	50 000	0,1	50 000	0,2
Agroforestry	50 000	0,03	50 000	0,06	50 000	0,1
Återvätning	Skogsmark	50 000	100 000	0,8	100 000	0,8
	Åkermark	5 000	10 000	0,2	10 000	0,2
Totalt		1,2		2,2		2,7

Styrmedel

För att få till stånd åtgärder behöver tillräckliga ekonomiska incitament finnas inom ramen för kommande landsbygdsprogram och utformas så att de även ger incitament för ökad kolinlagring i jordbruksmark.

Både befintliga ersättningar och de stöd som behöver tillkomma, för bl.a. agroforestry och eventuellt ytterligare tillkommande åtgärder, behöver utredas vidare i samband med att det nya landsbygdsprogrammet utformas. Utredningen lägger inga detaljförslag i denna del.

För att initiera en omfattande återvätning av dränerad torvmark behövs också uppsökande verksamhet, effektiv rådgivning och ökade möjligheter till stöd. Befintligt stöd för att anlägga eller restaurera våtmarker som i dag finns inom landsbygdsprogrammet, och som förutsätts finnas kvar 2021–2027 och inom våtmarkssatsningen, bör enligt utredningens förslag kompletteras med cirka 125 miljoner kronor per år 2021–2027.

Hur kan ersättningarna för åtgärder i LULUCF-sektorn finansieras och utformas?

EU:s gemensamma jordbrukspolitik är under utveckling. Europeiska kommissionen har lagt ett förslag till gemensam politik 2021–2027; förslaget och den sammanlagda budgeten för jordbrukspolitiken är fortfarande under förhandling. Kommissionens förslag innebär en sänkning av den totala budgeten med 5 procent. För Sveriges del innebär detta att EU:s bidrag till det svenska landsbygdsprogrammet sänks med 15 procent.¹⁰

I kommissionens förslag lyfts klimatåtgärder som 1 av 9 mål för den gemensamma jordbrukspolitiken och bland klimatåtgärderna lyfts bl.a. ökad kolinlagring i mark upp särskilt. Medlemsländerna ska enligt kommissionens förslag ta fram nationella strategier för hur landet avser genomföra den gemensamma jordbrukspolitiken och på vilka sätt föreslagna åtgärder bidrar till de övergripande målen.¹¹

Utredningens bedömning är att det kommer kunna finnas stöd för flera av de föreslagna åtgärderna inom det landsbygdsprogram som är under utveckling och som ska gälla 2021–2027, eftersom åtgärderna återfinns bland de områden som bör prioriteras enligt kommissionens förslag. Utredningen bedömer det dessutom som kostnads-effektivt att utveckla möjligheterna till ersättningar för återvätning inom det kommande landsbygdsprogrammet i kombination med

¹⁰ Regeringskansliet (2018).

¹¹ https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/budget-may2018-modernising-cap_en.pdf

nationella program, så att tillräckliga ekonomiska incitament skapas för berörda aktörer utan att ersättningarna leder till överkompensation.

Även om många av stöden i landsbygdsprogrammet i dag bidrar till miljö- och klimatmålen är ökad kolinlagring inte det primära syftet med stöden. Detta kan tala för att erbjuda högre ersättningsnivåer i kommande landsbygdsprogram till projekt som också ger sådana effekter. Samtidigt är inte alltid ersättningsnivån avgörande när lantbrukare planerar att ansluta sig till ett stöd; okunskap om ersättningarna kan också vara en möjlig anledning.¹² Information och rådgivning kombinerat med väl avvägda ersättningsnivåer kan därför vara effektivare än att enbart justera nivån på den ersättning som ges.

Befintliga stöd för fånggrödor och mellangrödor behöver enligt utredningens bedömning i första hand vidgas så att även mark utanför nitratkänsliga områden kan få stöd, och stöden bör dessutom inkludera fler grödor. Det är alltså inte säkert att nivån på ersättningen behöver höjas på detta område. För energiskog kan dock nivån behöva sättas högre än i dag men det beror även på hur efterfrågan på bioenergi utvecklas.

Både befintliga ersättningar och de som behöver tillkomma, för bl.a. agroforestry och eventuella ytterligare tillkommande åtgärder, behöver utredas vidare i samband med att det nya landsbygdsprogrammet utformas.

Det är inte troligt att nivåerna i förhållande till klimatnyttan kommer hamna på samma nivå på de åtgärdsområden som utredningens föreslår (fånggrödor och mellangrödor, agroforestry, energiskog och återvätning), eftersom det samtidigt är viktigt att överkompensation undviks.

Höga kvalitetskrav på bidraget från LULUCF-sektorn

Utredningens utgångspunkt är att kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn får tillgodoräknas mot de nationella klimatmålen som den additionella effekten av varje enskild föreslagen åtgärd jämfört med om åtgärden inte hade genomförts.

Genom att utredningens förslag ställer högre krav på additionalitet än vad som krävs för måluppfyllelse inom EU är det inte möjligt

¹² Jordbruksverket (2019).

att hela det möjliga bokförda upptaget inom LULUCF-sektorn enligt LULUCF-förordningen räknas med. Samtidigt är det inte heller rimligt att Sverige redovisar ett eventuellt underskott inom EU och ett överskott från kompletterande åtgärder för att nå de nationella målen. Bidraget från kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn kan därför komma att begränsas av kravet om att LULUCF-sektorn inte ska ha några nettoutsläpp.

För att uppfylla målen i LULUCF-förordningen räknas alla flöden i respektive aktivitet med i bokföringen – både förändringar som beror på de kompletterande åtgärder som föreslås här och förändringar som sker av andra anledningar (se vidare kapitel 7 och avsnitt 20.14).

Bidraget från de föreslagna kompletterande åtgärderna i LULUCF-sektorn påverkas således av utfallet av hela LULUCF-sektorn gentemot LULUCF-förordningens mål. Samma förhållningssätt bör gälla för 2040 och 2045 relativt de eventuella regler som då kommer gälla inom EU.

Det totala bidraget i tabell 20.2 förutsätter att LULUCF-förordningens krav på inga nettoutsläpp kan mötas utan bidrag från de kompletterande åtgärderna.

Styrmedel för bio-CCS

Det saknas i dag såväl nationella som EU-gemensamma ekonomiska incitament för fullskalig bio-CCS. En incitamentsstruktur behöver införas som främjar teknikutveckling och demonstrationsverksamhet samtidigt som den skapar långsiktiga ekonomiska förutsättningar för fullskaliga projekt inom bio-CCS. Styrningen för att utveckla komplicerade och kapitalintensiva värdekedjor som bio-CCS behöver vara uthållig, förutsägbar och långsiktig.

Bio-CCS innebär ett permanent nettoupptag av koldioxid ur atmosfären. Ett sådant nettoupptag är en nytta som kan tillskrivas ett värde för samhället i stort, men det är ingen nytta specifikt för den verksamhetsutövare som tillämpar bio-CCS. Bio-CCS kommer inte att realiseras i frånvaron av ekonomiska incitament för marknadens aktörer. Dagens regelverk skapar därmed inte förutsättningar för bio-CCS att bidra till att klimatmålen uppfylls på ett kostnads-effektivt sätt.

Två huvudalternativ till styrmedel för bio-CCS i introduktionsfasen

Utredningen har jämfört för- och nackdelar med olika styrmedel som finansierar bio-CCS genom bidrag från det allmänna. Två huvudalternativ har utkristalliserats – *omvänd auktionering* där nivån på ersättningen bestäms av lagda och antagna bud (normalt de lägsta buden) och *inmatningstariff*, dvs. ett bidrag med en förutbestämd nivå på den ersättning som ges.

Det är mycket svårt för staten att veta vilka kostnader olika aktörer kommer ha för att åstadkomma negativa koldioxidutsläpp genom bio-CCS. Det är därför svårt för staten att sätta rätt ersättningsnivå i förväg. För låg nivå kan leda till att ingen aktör investerar i bio-CCS medan en för hög nivå kan innebära att kostnaden för staten blir oskäligt hög, samtidigt som styrmedlet kan komma att bryta mot EU:s statsstödsregler. Omvänd auktionering bedöms göra det möjligt att komma runt detta problem, begränsa statens utgifter och minska risken för överkompensation men ändå erbjuda tillräcklig kompensation för att investeringar i bio-CCS ska komma till stånd. Detta är det huvudsakliga skälet till varför omvänd auktionering är att föredra framför ersättning på en förutbestämd nivå.

När en jämförelse görs mellan de två styrmedlen på området bio-CCS visar det sig att det finns flera ytterligare förhållanden som talar för valet av omvända auktioner framför ett styrmedel med förutbestämda ersättningsnivåer (se genomgången nedan).

Båda styrmedlen har för- och nackdelar och kan rent generellt falla ut som det mest kostnadseffektiva valet beroende på i vilket sammanhang de avses tillämpas.¹³ Det faktum att olika aktörer förväntas ha kraftigt varierande kostnader för att genomföra bio-CCS och att omvänd auktionering med en differentierad ersättning kan rikta statliga medel till projekt med jämförelsevis låga kostnader talar för att styrmedlet kan vara mer kostnadseffektivt än en ersättning på en förutbestämd och enhetlig nivå. Om otillräcklig konkurrens skulle råda vid de omvända auktionerna skulle det dock kunna medföra att aktörerna lämnar högre bud än vad som motiveras av verkliga kostnader, vilket motverkar styrmedlets kostnadseffektivitet.

Omvänd auktionering är även ett mer flexibelt styrmedel än en inmatningstariff. Styrmedlet kan utformas så att ersättning delvis

¹³ Jämför exempelvis med LULUCF-åtgärder där utredningen förordar förutbestämda stöd-nivåer framför omvända auktioner.

kan ske i förskott till aktörer som vunnit kontrakt, vilket dessutom kan ses som en form av investeringsstöd som minskar risken för privata aktörer.

Båda styrmedlen bör kunna samordnas med styrmedel på europeisk nivå i syfte att begränsa statens utgifter, vilket kan ha stor betydelse för att hålla nere statens utgifter.

Omvänd auktionering har sannolikt bättre förutsättningar att bidra till måluppfyllelse än en inmatningstariff. Målet är i detta fall att åstadkomma en förutbestämd kvantitet lagrad biogen koldioxid genom bio-CCS. För att en inmatningstariff ska uppfylla ett kvantitativt mål måste nivån på ersättningen på förhand bestämmas till den nivå som gör önskad kvantitet bio-CCS lönsam. Det är ytterst tveksamt om detta är möjligt i nuläget givet bristen på kunskap om olika aktörers kostnader. Omvänd auktionering ger staten kontroll över vilken kvantitet bio-CCS som upphandlas, även om projekt fortfarande kan misslyckas. Omvänd auktionering innebär därtill en större förutsägbarhet för aktörerna under bindningstiden, jämfört med en inmatningstariff som kan ändras genom politiska beslut.

En nackdel med omvända auktioner är att de bedöms medföra högre administrativa kostnader för såväl stat som de aktörer som genomför åtgärden, jämfört med alternativet med system med i förväg bestämda ersättningsnivåer. De administrativa kostnaderna bedöms dock bli mycket små jämfört med kostnader för investeringar och drift av projekt.

Analys av styrmedel som innebär att olika aktörsgrupper finansierar bio-CCS har också analyserats

Utredningen har också analyserat för- och nackdelar med olika styrmedel för att nationellt låta olika aktörsgrupper finansiera bio-CCS, exempelvis avgiftssystem, kvotplikt och certifikatshandel. Men bedömningen är att dessa alternativ inte är lämpliga att gå vidare med i nuläget. Utredningen finner att omvänd auktionering är det styrmedel som med hänsyn till bio-CCS-teknikens utvecklingsläge, som i sig motiverar ersättning från det allmänna, är det styrmedel som är bäst lämpat i det mer kortsiktiga tidsperspektivet för att introducera fullskalig tillämpning av tekniken i Sverige. Ersättning från det allmänna och en mer allmän skattefinansiering är även motiverat utifrån resonemangen ovan om att bio-CCS ger upphov till en positiv

extern effekt som ingen specifik aktörsgрупп bedöms dra särskild nytta av.

Utredningen föreslår att Sverige parallellt med införandet av systemet för omvänd auktionering bör verka för att det inom EU utvecklas ett gemensamt mer långsiktigt styrmedel för att främja bio-CCS och andra tekniker för negativa utsläpp med likartade egenskaper. Genom att ett EU-gemensamt styrmedel inrättas kommer den fortsatta finansieringen av bio-CCS få en EU-gemensam struktur, exempelvis via intäkter från fortsatta auktioner av utsläppsrätter inom EU:s utsläppshandelssystem.

Utredningens förslag till styrmedel

Utredningen föreslår alltså att fullskaliga projekt inom bio-CCS i ett inledande skede bör finansieras via omvänd auktionering. Energimyndigheten bör få i uppgift att anordna två eller eventuellt flera omvända auktioner av negativa koldioxidutsläpp som åstadkoms genom bio-CCS. Det som ska upphandlas är geologiskt lagrad biogen koldioxid, och den eller de aktörer som kan erbjuda negativa utsläpp till lägst pris vinner i normalfallet upphandlingen.

Den totala mängden lagrad biogen koldioxid som upphandlas på detta sätt bör i ett första skede begränsas till maximalt 2 miljoner ton per år. När bio-CCS nått den kvantiteten och mognadsgraden i Sverige bör det undersökas om andra styrmedel, som kan vara administrativt enklare eller som fördelar kostnaden annorlunda i samhället, bör fasas in och ersätta de omvända auktionerna (se nedan). De kontrakt eller beslut om stöd som de omvända auktionerna resulterat i gäller bindningstiden ut.

Om omvänd auktionering bör tillämpas även på längre sikt och för lagringsvolym över 2 miljoner ton koldioxid per år beror, utöver erfarenheterna från genomförda auktioner, bl.a. på om något styrmedel beslutas på europeisk nivå, hur CCS utvecklas och sprids globalt och hur den svenska klimatomställningen framskrider. Det är ännu för tidigt att nu peka ut vad som skulle kunna vara ett främsta alternativ till omvänd auktionering på kanske tio års sikt, även om utredningen bedömer att det vore fördelaktigt om det då finns ett europeiskt styrmedel på plats.

Ambitionen bör vara att i en första auktionsomgång upphandla i storleksordningen några hundra tusen ton till 1 miljon ton lagrad biogen koldioxid per år under bindningstiden. Erfarenheterna från den första auktionsomgången bör styra när i tiden det är lämpligt att genomföra en andra och eventuell tredje auktionsomgång.

Svenska bio-CCS-projekt som påbörjas de närmaste åren bör ha goda chanser att ta del av stöd från EU:s innovationsfond. För att få medel utbetalda från staten bör det därför ställas krav på att projektägaren ansökt om stöd från exempelvis EU:s innovationsfond, givet att projektet i fråga uppfyller fondens ska-krav. I enlighet med vad som föreslagits i kapitel 10 bör svenska staten endast betala ut skillnaden mellan det överenskomna priset från den omvända auktionen och eventuellt stöd som erhålls genom innovationsfonden och andra EU-stöd eller nationella stöd. Ett exempel på ett nationellt stöd som på detta sätt kan komma att avräknas från det överenskomna priset från den omvända auktionen är stöd som erhållits för investering genom investeringsstödet för minusutsläpp. Nationellt stöd som utbetalas måste vara förenligt med EU:s statsstödsregler.

I arbetet med att utveckla förslagen har utredningen gjort en avvägning när det gäller omfattningen av de omvända auktionerna och funnit att en mindre auktionsomfattning än den föreslagna volymen 2 miljoner ton koldioxid per år skulle försvåra och potentiellt också fördyra en större stegvis uppskalning mot 2045.

Utredningen har också värderat möjligheterna att snabbt åstadkomma ett mer generellt styrmedel på EU-nivå för att minska omfattningen av de inledande auktionerna men inte funnit det vara en realistisk väg i nuläget. Däremot bör det vara möjligt att ett EU-gemensamt styrmedel kan komma på plats på lite längre sikt.

För att stödja teknikutveckling och demonstration inom bio-CCS bör det befintliga investeringsstödet för minusutsläpp finnas kvar. Detta innebär dock inte att nuvarande styrning på området ändras, eftersom något slutdatum för investeringsstödet aldrig kommunicerats. Förordningen (2017:1319) om statligt stöd till åtgärder för att minska industrin processrelaterade utsläpp av växthusgaser och för negativa utsläpp som styr stödet upphör att gälla 2020 om ingen förlängning sker, men de avvägningar som låg bakom att stödet infördes 2019 är fortfarande giltiga.

Förvärv av verifierade utsläppsminskningar i andra länder

Utredningen föreslår att det inrättas ett program för utsläppsbe-
gränsningar i andra länder för genomförande under 2020-talet. Pro-
grammet föreslås omfatta förvärv av som minst cirka 20 miljoner
enheter 2021–2030. Programmet föreslås bidra till att principerna för
de kompletterande åtgärdernas utveckling över tid uppnås (se för-
slaget till strategi i inledningen av betänkandet) samt att andelen klimat-
finansiering av åtgärder för utsläppsminskningar ökar, blir resultat-
baserad och i högre grad även omfattar medelinkomstländer.

De insatser som Sverige genomför i det föreslagna programmet
behöver ge incitament till ambitionsnivåhöjningar i linje med Paris-
avtalets temperaturmål, ha en hög miljöintegritet och bidra till en
hållbar utveckling i världsländerna så som det föreskrivs i artikel 6.1 i
Parisavtalet. Förvärven behöver därför genomföras i enlighet med
kommande regelbok under artikel 6 i Parisavtalet. Förvärvens inrikt-
ning föreslås vara att på en rad olika sätt ska bidra till en ambitions-
höjning i världsländets klimatplan.

Utredningen har även övervägt om det föreslagna programmet
för internationella utsläppsbe-
gränsningar som ett alternativ skulle
kunna ha som enda syfte att bidra till de kompletterande åtgärderna
mot 2030, i den omfattning som kan komma att behövas. Utred-
ningens förslag skapar dock bättre förutsättningar för att program-
met kan ges en tillräckligt stor omfattning och förutsägbarhet, oav-
sett om det bidrar till de kompletterande åtgärderna eller till Sveriges
åtaganden om klimatfinansiering. Förslaget tar då även bättre hän-
syn till de ledtider som kan komma att krävas för genomförandet
under Parisavtalets kommande regelbok.

Förslag på området alternativa tekniker – biokol

Av de identifierade alternativa teknikerna gör utredningen bedöm-
ningen att biokol är det alternativ som utifrån dagens kunskap främst
bör kunna bidra till långvarig kolinlagring. Kunskapen behöver sam-
tidigt fördjupas om bl.a. sidonyttor och långsiktiga effekter när bio-
kol används i svenska jordar och inom andra användningsområden
(se kapitel 17 och 18). I Sverige pågår redan i dag småskalig produktion
och användning av biokol, och produktionsanläggningar för

biokol kan få investeringsstöd från det s.k. Klimatklivet. Småskaliga anläggningar kan även söka bidrag inom landsbygdsprogrammet.

Utredningen föreslår att det bör utredas om stöd på sikt bör ges till användningen av biokol, främst inom lantbruket. Om ett sådant stöd införs behöver bidragen till investeringar i biokolsanläggningar ses över.

Teknikneutrala och långsiktiga ekonomiska incitament för negativa utsläpp bör utvecklas, så att inte de incitament som nu föreslås låser fast utvecklingen till att enbart omfatta de åtgärdsalternativ som i dag är kända.

20.3 Vad händer om inget görs?

Utredningens övergripande bedömning är att utan en utvecklad strategi med tillhörande styrmedel för kompletterande åtgärder kommer det inte att genomföras åtgärder i tillräcklig omfattning för att klimatramverkets mål ska nås. Bedömningen gäller främst klimatmålet 2045 och utvecklingen därefter, när de kompletterande åtgärderna bedöms vara nödvändiga för måluppfyllelse. För målen 2030 och 2040 innebär flexibiliteten i målformuleringen att dessa mål i princip skulle kunna nås även utan kompletterande åtgärder, om utsläppsminskningarna blir tillräckligt stora.

Alternativet att utsläppsmålen nås med utsläppsminskningar utan kompletterande åtgärder analyseras i nästa avsnitt.

20.3.1 Ytterligare utsläppsminskningar i stället för kompletterande åtgärder

Perioden fram till 2030

Enligt Naturvårdsverkets senaste analys av utvecklingen mot målen i det svenska klimatramverket¹⁴ minskar utsläppen av växthusgaser mot klimatmålet till 2030 till en nivå omkring 43–45 procent under 1990 års utsläpp med dagens beslutade styrmedel. Eftersom klimatmålet till 2030 endast gäller utsläpp utanför EU:s utsläppshandels-system (se kapitel 3) och utsläppstrenden är nedåtgående för en relativt stor del av utsläppskällorna som omfattas av målet, behöver

¹⁴ Naturvårdsverket (2019a).

därför analysen av ytterligare styrmedel och åtgärder i hög grad koncentreras till inrikes transporter och arbetsmaskiner. Dessa källor står för en stor del av de återstående utsläppen, och utsläppen minskar dessutom inte i tillräcklig omfattning enligt nuvarande referensscenarier.

Gapet mot det nationella klimatmålet på 63 procents minskning jämfört med 1990 är enligt det s.k. referensscenariot i underlaget till klimathandlingsplanen mellan 18 och 20 procentenheter, vilket motsvarar ytterligare utsläppsminskningar på mellan 8 och 10 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år 2030, utan kompletterande åtgärder. Med kompletterande åtgärder på högst 3,7 miljoner ton bedöms behovet av ytterligare utsläppsminskningar i stället uppgå till mellan 4 och 6 miljoner ton lägre utsläpp per år 2030.

När även klimatmålet för inrikes transporter nås¹⁵ minskar behovet av kompletterande åtgärder till mellan 2 och 4 miljoner ton enligt Naturvårdsverkets scenarioräkningar. I ett scenario där EU:s krav på begränsade koldioxidutsläpp från personbilar, lätta lastbilar och tunga fordon uppfylls, bl.a. genom snabbare introduktion av elbilar än vad som antagits i referensscenariot, och där den nationella reduktionsplikten för biodrivmedel skärps, sluts gapet förutsatt att även kompletterande åtgärder i viss utsträckning får användas för måluppfyllelse.¹⁶ Biodrivmedelanvändningen för inrikes transporter och arbetsmaskiner tillsammans ökar samtidigt i scenariot till drygt 32 TWh 2030 jämfört med dagens drygt 20 TWh.¹⁷ Om ytterligare åtgärder i stället genomförs som minskar energianvändningen i transportsektorn skulle målet för inrikes transporter kunna nås utan lika stora ökning av användningen av biodrivmedel.¹⁸

Naturvårdsverket framhåller därför att det framför allt krävs följande för att klimatmålet till 2030 och det särskilda målet för inrikes transporter ska nås:

¹⁵ Utsläppen från inrikes transporter, utom inrikes flyg, ska minska med 70 procent jämfört med 2010 enligt det klimatpolitiska ramverket.

¹⁶ Detta scenario är jämförbart med det s.k. elektrifieringsscenario 1 som Energimyndigheten utvecklat i samband med myndighetens uppdrag att ta fram underlag till en skärpning av reduktionsplikten som genomförts under 2019. Energimyndigheten (2019c).

¹⁷ Inklusive arbetsmaskiner. Observera att klimatmålet om minus 63 procents minskning inte nås fullt ut i detta scenario. Personlig kommunikation med Ulrika Svensson Naturvårdsverket (2019).

¹⁸ Trafikverket (2019).

- åtgärder för ett transporteffektivare samhälle, som kan bidra till en minskad efterfrågan av transporter,
- en ökad överföring till energieffektivare transportslag, och
- ytterligare energieffektivisering på fordonsnivå, bl.a. insatser som ytterligare understödjer en snabb elektrifiering av fordonsparken.

Naturvårdsverket redovisar däremot inga bedömningar av vad som skulle krävas för att sluta gapet helt till klimatmålet om 63 procents utsläppsminskning utan kompletterande åtgärder, i underlaget till klimathandlingsplanen.

Utredningen gör, utifrån Naturvårdsverkets rapport och de övriga underlag utredningen studerat, bedömningen att ytterligare ökning av användningen av biodrivmedel i arbetsmaskiner och i transportsektorn, utöver vad som kan krävas för att nå klimatmålet för inrikes transporter, är den del av politiken för utsläppsminskningar i Sverige som främst kan komma att ligga på marginalen åtgärds- och kostnadsmissigt mot det nationella klimatmålet 2030.¹⁹

De kompletterande åtgärderna kan här erbjuda viss flexibilitet i hur klimatmålet kan nås. Tillsammans med åtgärder på efterfrågesidan inom främst transportsektorn kan de dessutom dämpa behovet av de stora ökning av användningen av biodrivmedel som annars kan krävas för att klimatmålet ska kunna nås helt utan kompletterande åtgärder till 2030.²⁰

Kostnader för ytterligare utsläppsminskningar mot klimatmålen 2030 utan användning av kompletterande åtgärder

Om användningen av biodrivmedel utifrån resonemanget ovan antas bidra med ytterligare 2–3,7 miljoner ton utsläppsminskningar till 2030 för att klimatmålet till 2030 ska kunna nås helt utan bidrag från kompletterande åtgärder, motsvarar det en ökad efterfrågan på bio-

¹⁹ I dagsläget är incitamenten för att öka effektiviseringen av fordonen mer omfattande och kostnaderna för åtgärderna högre (se bl.a. WSP 2018) jämfört med motsvarande kostnader för biodrivmedel. Med fortsatta kostnadsminskningar till följd av den globala teknikutvecklingen på området elektrifiering av fordon (batteridrift, bränslecellsdrift) bedöms dessa förhållanden komma att förändras. Aktuella bedömningar och kostnadsjämförelser från bl.a. Bloomberg (2018 och 2019b) pekar mot att elbilar kan uppnå jämförbara kostnader vid inköp (*up front cost parity*) och lägre sammanlagda investerings- och driftskostnader jämfört med motsvarande förbränningsmotordrivna alternativ senast i mitten av 2020-talet.

²⁰ Jämför exempelvis beräkningar i Energimyndigheten (2019c) och Trafikverket (2019).

drivmedel på cirka cirka 8–14 TWh för användning i vägtransporter och arbetsmaskiner.

Åtgärdskostnaderna för biodrivmedel bestäms av hur priserna på biodrivmedelsmarknaden utvecklas mot 2030

Kostnaderna för en ökad användning av biodrivmedel av ovan nämnda omfattning kan uppskattas på följande sätt:

Fram till att systemet med reduktionsplikt för bensen och dieselbränsle infördes 2018 gavs såväl s.k. låginblandade som höginblandade biodrivmedel ekonomiska incitament genom befrielse från koldioxidskatt och fullständig eller delvis befrielse från energiskatt jämfört med motsvarande beskattning av diesel och bensen. Värdet av skattenedsättningen motsvarade ett ekonomiskt incitament på mellan 2 och 3 kronor per kg reducerad mängd koldioxid genom användning av biodrivmedel.

Systemet med reduktionsplikt förändrar dock incitamenten, och biodrivmedlen som används för att möta reduktionsplikten omfattas numera både av koldioxidskatt och energiskatt eftersom hela drivmedelsblandningen beskattas på en enhetlig nivå.²¹

Merkostnaden för biodrivmedel jämfört med motsvarande fossila drivmedel beräknas i nuläget motsvara en åtgärdskostnad på mellan 1,50 och 3 kronor per kg koldioxid på de låginblandade biodrivmedlen, dvs. i nivå med den tidigare skattenedsättningen.²²

Produktionskostnaden för olika biodrivmedel kan komma att sjunka mot 2030, som en följd av läreffekter för olika produktionssystem för biodrivmedel som är under utveckling²³, men priserna på biodrivmedel bestäms samtidigt genom utbud och efterfrågan på en marknad.

Om efterfrågan ökar snabbare än utbudet ger det betydligt högre priser än uppskattade produktionskostnader. Även en större pris-skillnad relativt priserna för fossila drivmedel höjer åtgärdskostnaderna för biodrivmedel.

²¹ Se t.ex. lagen (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensen och dieselbränslen, 2018-års budgetproposition, prop. 2017/18:1.

²² WSP(2018) Trafikanalys (2017).

²³ <https://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetailDoc&id=33288&no=1>

Om däremot produktionskapaciteten skulle öka i samma eller högre takt, och det dessutom finns tillgång på lämpliga råvaror, kan motsatt effekt uppkomma. Denna fråga är särskilt viktig för Sveriges del vad gäller marknaden för HVO (*hydrotreated vegetable oil*), vilket i dag används i hög utsträckning i diesel och där tillgången på de oljor som behövs för produktionen är begränsad. Utan ny kapacitet för framställning av biodrivmedel med en större möjlig råvarubas än dagens produktion kan bristen på råvaror, tillsammans med den begränsade produktionskapaciteten, komma att driva upp priserna på biodrivmedel för inblandning i diesel.

Efterfrågan på biodrivmedel från andra EU-länder kan förväntas öka mot 2030, bl.a. till följd av de mål som har satts upp för användning av biodrivmedel i transportsektorn i det s.k. reviderade förnybarhetsdirektivet²⁴. På vilka sätt medlemsländerna kommer agera för att möta målen i direktivet är dock osäkert.²⁵

Flera EU-länder har infört styrmedel med regler som styr in fastställda andelar biodrivmedel i bensen och diesel på marknaden, liknande den svenska reduktionsplikten. Kostnaden och effekten av dessa styrmedel i olika länder påverkas på marginalen av nivån på den s.k. sanktionsavgiften²⁶ i respektive system. I det svenska reduktionspliktssystemet är avgiften 5 kronor per kg koldioxid i bensen och 4 kronor för diesel per kg för diesel. Sanktionsavgiften får högst uppgå till 7 kronor per kg koldioxid i det svenska systemet.²⁷ Om priserna för biodrivmedel skulle överstiga gällande nivå på sanktionsavgiften kan företagen välja att inte uppfylla reduktionspliktskraven.

Av ovanstående framgår att det är mycket svårt att bedöma utvecklingen av priser och åtgärdskostnader för biodrivmedel fram emot 2030.

Utredningen gör för denna konsekvensanalys därför en känslighetsanalys. I det första fallet antas att produktionskostnaderna och marknadspriserna på biodrivmedel sammantaget sjunker något över tid mot 2030 till en nivå som innebär att åtgärdskostnaderna för bio-

²⁴ Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/2001 av den 11 december 2018 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor.

²⁵ Målen är bindande på EU-nivå. Medlemsländerna är skyldiga att redovisa hur de avser bidra till måluppfyllelsen.

²⁶ Den avgift som ansvariga aktörer behöver betala om reduktionsplikten inte uppfylls.

²⁷ Lagen (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensen och dieselbränslen och förordningen (2018:195) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensen och dieselbränslen.

drivmedel som används för att uppfylla en successivt skärpt reduktionsplikt i genomsnitt uppgår till omkring 2 kronor per kg 2030.²⁸

Det finns dock förhållanden som talar för att åtgärdskostnaden för biodrivmedel i stället kan komma att bli högre än så i det aktuella tidsperspektivet. Därför väljer utredningen, som ett känslighetsalternativ, att anta att kostnaden som mest skulle kunna komma att öka till det dubbla, dvs. 4 kronor per kg koldioxid. Den sistnämnda kostnaden motsvarar ungefär den sanktionsavgift som nu gäller för diesel enligt förordningen (2018:195) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och dieselbränslen.²⁹

Alternativet att minska utsläppen med en ytterligare biodrivmedelsanvändning på marginalen i stället för att nå klimatmålet 2030 med visst bidrag från kompletterande åtgärder (2–3,7 miljoner ton) kan leda till sammanlagda kostnader på mellan 4 miljarder kronor (2 miljoner ton och 2 kronor per kg) och 14 miljarder kronor (3,7 miljoner ton och 4 kronor per kg) vid en antagen åtgärdskostnad för biodrivmedel på 2 respektive 4 kronor per kg. Beräkningen är dock partiell, eftersom den enbart omfattar de sammanlagda åtgärdskostnaderna, inte olika typer av spridningseffekter i ekonomin.

Dessa kostnader kan jämföras med de tillkommande kostnaderna för kompletterande åtgärder som beräknas uppgå till 2,4 miljarder kronor 2030 (se avsnitt 20.4.2) utan att eventuella EU-stöd för åtgärdernas genomförande räknas med. Eftersom utredningen föreslår att merkostnaderna för kompletterande åtgärder, inklusive tillkommande transaktionskostnader hos myndigheter och företag, finansieras via statskassan sammanfaller de sammanlagda åtgärdskostnaderna (systemkostnaderna) för de kompletterande åtgärderna i stort sett helt med de statsfinansiella utgifterna i detta fall. Även denna beräkning är dock partiell och omfattar inga spridningseffekter i ekonomin.

Utsläppseffekter till 2030

Om utsläppsmålen skulle nås helt utan kompletterande åtgärder till 2030, och utan att insatserna för att genomföra kompletterande åtgärder sätts i gång, blir den sammanlagda utsläppsminskningen i landet

²⁸ Jämför med resonemangen i konsekvensanalysen i SOU:2019:11, *Biojet för flyget*.

²⁹ Sanktionsavgiften är kopplad till biodrivmedlens reduktion av koldioxidutsläppen räknat enligt en livscykelberäkning.

något större till 2030 jämfört med om de kompletterande åtgärderna i stället hade genomförts enligt utredningens förslag, eftersom knappt 20 procent av de kompletterande åtgärderna enligt effektbedömningen av utredningens förslag kan komma att genomföras utanför Sveriges gränser. Andelen kan dock komma att bli högre om övriga åtgärder i Sverige inte genomförs i den omfattning som beräknats.

Om delar av utsläppsminskningarna i Sverige åstadkoms genom en ökad import av biomassa för biodrivmedelsframställning minskar samtidigt utsläppseffekten globalt av de genomförda utsläppsminskningarna på grund av ökade utsläpp utanför Sveriges gränser.

Parallella investeringar i kompletterande åtgärder, samtidigt som insatserna för ytterligare utsläppsminskningar ökar, skapar möjligheter för Sverige att nå nettoutsläppsminskningar som når längre än det nationella målet till 2030.

Kostnader

De sammanlagda åtgärdskostnaderna för att sluta gapet helt till 2030 genom ytterligare utsläppsminskningar bedöms bli betydligt högre än om de kompletterande åtgärderna får bidra till måluppfyllelsen.

Risker och möjligheter

Riskerna för att målet inte nås blir större om inte de kompletterande åtgärderna tillåts finnas med i bilden för att underlätta måluppfyllelsen. Om utvecklingen av de kompletterande åtgärderna får stå tillbaka för att utsläppsmålen ska nås på annat sätt till 2030 försämrats förutsättningarna för att åtgärderna ska hinna byggas upp i tillräcklig omfattning mot 2045. Det gäller framför allt åtgärder inom LULUCF-sektorn och för bio-CCS. Parallella investeringar i kompletterande åtgärder samtidigt som insatserna för ytterligare utsläppsminskningar ökar skapar större möjligheter för Sverige att nå längre i förhållande till målet till 2030.

Utvecklingen till 2045

Enligt Naturvårdsverkets analys i underlaget till Klimathandlingsplan³⁰ är gapet till målet om nettonollutsläpp senast 2045 mycket stort, mer än 60 procentenheter, utifrån dagens utveckling i ett referensscenario; nettonollmålet omfattar utsläppen inom hela ekonomin utom internationella transporter. Enligt de målscenarier som tagits fram i samband med utvecklingen av det svenska klimatramverket³¹ minskar utsläppen från hela ekonomin i Sverige med omkring 85 procent senast 2045.

För att nå så låga utsläpp av växthusgaser förutsätts dock att all användning av fossila bränslen i princip fasas ut och att tekniker som sänker utsläppen från industrins processutsläpp till nivåer nära noll har kommit på plats i alla branscher – i några fall i kombination med att även bio-CCS delvis åstadkoms. Energi- och materialanvändningen förutsätts också ha effektiviserats i en snabbare takt än historiskt och eltillförselsektorn antas nå nollutsläpp och öka i omfattning, eftersom den även bidrar till att användningen av fossila bränslen kan fasas ut inom framför allt industrin och transportsektorn. Även utsläppen från jordbrukssektorn förutsätts minska i scenarierna där målen nås men minskningen når inte lika långt där som i övriga sektorer. Även andra s.k. diffusa utsläpp av metan och lustgas, vid sidan av utsläppen i jordbrukssektorn, återstår i scenarierna.

Det är främst följande utsläpp som återstår i målscenarierna:

- utsläpp av metan och lustgas från jordbrukssektorn,
- koldioxidutsläpp från viss fortsatt avfallsförbränning efter tillämpning av koldioxidavskiljning och lagring där så är möjligt,
- vissa koldioxidutsläpp från industriella processer – även det efter viss tillämpning av koldioxidavskiljning och lagring,
- utsläpp av metan och lustgas från förbränning av biobränslen, och
- utsläpp av metan och lustgas från övrig hantering av organiska substanser i samhället.³²

³⁰ Naturvårdsverket (2019a).

³¹ SOU 2016:21, Bilaga 5.

³² Avloppsreningsverk, rötning, lösningsmedel.

Samtliga dessa utsläpp har bedömts vara särskilt svåra och därför de mest kostsamma att åtgärda för att nå näranollutsläpp och som därför återstår när utsläppen minskat med 85 procent.³³ Endast en mindre del av utsläppen av växthusgaser 2045 består av koldioxid i scenarierna.

Kostnaderna för och genomförbarheten i att minska dessa kvarstående utsläpp behöver jämföras med motsvarande uppskattningar att genomföra kompletterande åtgärder vid samma tid i framtiden.

Särskilt jordbrukssektorns växthusgasutsläpp är med dagens kunskap svåra att sänka till nivåer nära noll eftersom de till stor del är resultatet av biologiska processer och utspridda över en mycket stor yta, vilket gör dem svåra att kontrollera och fånga in. Utsläppen kan minska per producerad enhet livsmedel och genom att produktion av livsmedel med låga utsläpp prioriteras, men utsläppen kan inte helt upphöra. Det är inte heller någon önskvärd utveckling att Sverige når de långsiktiga målen i klimatramverket genom att flytta utsläppen till andra länder och öka landets beroende av import av livsmedel.

Kostnaden för att nå det svenska nettonollmålet genom enbart utsläppsminskningar bedöms vida överstiga kostnaden för att nå målet med tillgodoräknande av kompletterande åtgärder, eftersom det förstnämnda bl.a. ställer krav på omfattande ingrepp i omfattningen av landets livsmedelsproduktion.

20.4 Hur kostnadseffektivt och samhällsekonomiskt effektivt är förslaget till strategi?

Utredningen har sammanställt resultat från egna och andras kostnadsberäkningar för de olika typer av åtgärder som förutsätts genomföras till 2030 i utredningens förslag till strategi. Beräkningarna sträcker sig i vissa fall även längre fram i tiden, till 2045 och därefter.

Kostnaderna är beräknade på åtgärdsnivå, och beräkningarna har använts som ingångsvärden för den kostnadsanalys som görs av hur stora de offentligfinansiella kostnaderna och de sammanlagda kostnaderna för åtgärder³⁴ skulle kunna bli av de förslag till styrmedel som utredningen lägger fram på respektive område (se avsnitt 20.4.2).

³³ Se SOU 2016:21, Bilaga 5, s 171.

³⁴ Europiska kommissionen benämner dessa kostnader för systemkostnader. I Storbritanniens analys av landets nettonollmål till 2050 benämns motsvarande sammanlagda åtgärds-kostnader summerade för olika sektorer för resurskostnader, Committee on Climate Change (2019).

I denna del har utredningen även valt att jämföra förslagen i sin helhet med ett alternativ där utformningen har som huvudinriktning att uppnå en högre grad av kostnadsminimering mot etappmålet 2030 genom kompletterande åtgärder.

I utredningens förslag till strategi antas åtgärder inom LULUCF-sektorn och bio-CCS-investeringar bidra mest till måluppfyllelsen av de kompletterande åtgärderna till 2030. Omfattningen härrör från utredningens bedömningar av dels hur stor den realiserbara potentialen kan vara inom respektive åtgärdsområde till 2030, dels hur åtgärderna skulle behöva utvecklas för att kunna bidra på ett betydande sätt mot målet 2045.

Enheter från utsläppsbegränsningar i andra länder fyller på i den omfattning som behövs för att nå målet, och merparten av resultaten i form av genomförda utsläppsbegränsningar ger i stället ett bidrag till Sveriges fortsatta åtaganden om klimatfinansiering av utsläppsminskningar i andra länder.

I utredningens jämförelsealternativ antas åtgärderna i andra länder i stället stå för den största delen av de kompletterande åtgärderna, cirka 65 procent, medan investeringarna i bio-CCS och ökad kolinlagring i jordbruksmark genom mellangrödor och fånggrödor minskats i omfattning. Stöd till mellangrödor och fånggrödor, och på sikt även biokol och perenner, är de åtgärder inom LULUCF-området som beräknats ha den högsta åtgärds- och styrmedelskostnaden när inte andra samtidiga nyttor vägs in.

20.4.1 Åtgärds-kostnader och intäkter mot 2030 och 2045

Åtgärds-kostnaderna är beräknade med en samhällsekonomisk kalkylränta³⁵ för huvudtyperna av åtgärder i strategin mot 2030. Kostnadsuppskattningarna tar genomgående *inte* hänsyn till, eller sätter värden på, de andra samtidiga nyttor som finns i många fall. De räknar inte heller in de ekonomiska konsekvenser som en del av förslagen kan medföra på berörda branscher. Sådana effekter berörs i stället kvalitativt i sammanställningen nedan. I sammanställningen ingår även några av de alternativa LULUCF-åtgärder som presenteras i avsnitt 20.14. Åtgärder för ett ökat skydd av produktiv skogs-

³⁵ Ekonomiska incitament av styrmedel borttagna, kalkylräntan har satts till 3,5 procent, investeringen slås ut över hela den funktionella livslängden för åtgärden. Kostnader för drift ingår i beräkningen.

mark och förlängda omloppstider är sådant som inte skulle komma till stånd utan att markägaren kompenseras för framtida inkomstbortfall, och när det gäller tillväxthöjande åtgärder avgörs markägarens investeringsvilja av förväntningarna på marknadens efterfrågan och betalningsvilja och möjligheten för skogsägaren att öka avkastningen. Om det finns anledning från det allmännas sida att öka tillväxten i skogen generellt kan stöd för att finansiera sådana åtgärder också vara aktuellt.

I sammanställningen av kostnader ingår därtill bara de ytterligare åtgärder där finansiering från samhällets sida bedöms som helt nödvändig för att åtgärderna ska komma till stånd. Om åtgärder på skogsmark blir aktuella som kompletterande åtgärder i framtiden behöver styrmedel och kostnader analyseras ytterligare.

Resultaten och de referenser som använts sammanfattas i tabell 20.3. I avsnitt 20.15 till detta kapitel redovisas ytterligare detaljer kring underlaget till kostnadsuppskattningarna för både åtgärder och tillhörande styrmedelsförslag.

Beräkningsresultaten indikerar att de flesta åtgärder kan genomföras till en samhällsekonomiskt beräknad åtgärds kostnad som högst uppgår till drygt 1 krona per kg. Åtgärds kostnaden för bio-CCS är något högre, men tekniken är samtidigt förknippad med lägre risker för att effekten inte uppnås fullt ut och bedöms också ha en högre permanens, jämfört med åtgärder inom LULUCF-sektorn. Åtgärder med lägre kostnader i LULUCF-sektorn (återvätning, energiskog, agroforestry, fånggrödor och mellangrödor) har däremot en lägre permanens, men de medför samtidigt flera samtidiga sidonyttor som ibland även utgör åtgärdernas primära syften, vilket också bör värderas. Sidonyttorna höjer den samhällsekonomiska effektiviteten i dessa åtgärder medan den lägre permanensen sänker den.

Om åtgärds kostnaderna jämförs med det pris som kan komma att behöva betalas för enheter från utsläppsbegränsningar i andra länder framstår det som om flera av de kompletterande åtgärderna i Sverige inom LULUCF-sektorn kan konkurrera även på kortare sikt, om hänsyn även tas till de sidonyttor som kan uppstå. På längre sikt, i en värld som ställer om i linje med Parisavtalets temperaturmål, bedöms även de inhemska kompletterande åtgärderna till något högre kostnader och med högre permanens kunna konkurrera med de priser som då kan komma att gälla internationellt (se avsnitt 20.15).

Tabell 20.3 Beräknade åtgärdskostnader för några olika typer av kompletterande åtgärder

Åtgärd	Kostnad/nytta (kr per kg koldioxidekvivalent)	Källor	Antaganden	Andra sidonyttor/ kostnader/hinder
	Mot 2045			
Bio CCS	2020–2030 0,7–1,05	Investment costs and CO ₂ reduction potential of carbon capture from industrial plants – A Swedish case study, Gardarsdottir, Normann, Skagestad & Johnsson, 2018. CCS case synthesis Final Report, Skagestad, Haugen, Mathisen, NORDICCS Technical Report D3.14.1501/D14, 2015.m.fl. källor, se kapitel 9.	3 års konstruktion, 22 års fungerande livslängd. Kapitalinvesteringen omräknad till 3,5 % ränta. I övrigt se Gardarsdottir m.fl.	
Förstärkta kolsänkor inom jordbruk, fånggrödor och mellangrödor	0,2–0,7	Läreflekter, andra grödor med liknade egenskaper, kan inkluderas på sikt.	Inga intäkter medräknade. Effekten kan på sikt upphöra om odlingsmetoden avslutas.	Bättre jordbearbetning, ökad bördighet, minskat kväve- och fosforläckage. Finns bidrag i landsbygdsprogrammet i dag pga. åtgärdens positiva effekter på minskad övergödning.
Förstärkta kolsänkor inom jordbruk och energiskog	Intäkt=0,5	Läreflekter, fler snabbväxande trädslag aktuella på sikt.	Jordbruksverkets "Kalkyler för energigrödor 2018", Västra Götalands län. Jordbruksverket.	Ökad leverans av biomassa för olika användningsområden.
Förstärkta kolsänkor inom jordbruk Agroforestry	Intäkt=0,1	Läreflekter	Baseras på beräkningar av beskogning (egen kalkyl) motsvarande 25 % intäkt om biomassan avverkas och säljs. Utgår från beskogning.	Finns positiva sidonyttor så länge åtgärden utförs med hänsyn till andra värden och miljömål. Kan också finnas företags- och teedeekonomiska hinder för agroforestry.

Åtgärd	Kostnad/nytta (kr per kg koldioxidekvivalent)	Källor	Antaganden	Andra sidonyttor/kostnader/hinder
	2020–2030			
	Mot 2045			
Förstärkta kolsänkor inom skog	Intäkt	Eliasson m.fl. 2012. Teknik och ekonomi vid beskogning av jordbruksmark och SLU. Baserat på olika exempel på beskogning med gran (simulerade) och björk (uppskattad från tidigare studier).	Positiva resultat för gran, negativa för planterad björk. Självförnygrad björk kan dock var lika lönsamt som gran. Självförnygrad björk kan dock vara lika lönsamt som gran.	Ökad leverans av biomassa för olika användningsområden. Finns företagsekonomiska och beteendekonomiska hinder för beskogning. Öppna landskap.
Beskogning	Intäkt			
Återvätning av tonvårdsskog	0,4–0,7	Jordbruksverket 2018.	Utgår från genomsnittlig effekt av åtgärden och uppskattad total kostnad för (dämning, skötsel och markersättning). 20 års livslängd för åtgärden, 3,5 % ränta.	Resiliens (bl.a. mot brand och torka), ökad biologisk mångfald, minskad kväveutlakning, kan påverka livsmedelsproduktionen.
Återvätning av tonvårdsskog	0,1–0,35	Skogsstyrelsen 2019, egen bearbetning.	Utgår från genomsnittlig effekt av åtgärden och uppskattad total kostnad för (dämning, skötsel och markersättning). 20–40 års livslängd för åtgärden, 3,5 % ränta.	Resiliens (bl.a. mot brand och torka), ökad biologisk mångfald, minskad kväveutlakning, kan påverka råvaruförsörjningen.
Skydd av skog för naturvårdsändamål	0,3–1,4	Priset per hektar är hämtad från en sammanställning från Naturvårdsverkets "nationell strategi för formellt skydd av skog 2017". Nettoupptag per hektar från SLU:s scenarier (SLU 2019).	Markersättningen varierar stort mellan lån och inom lån. Livslängd för åtgärden 90 år, 3,5 % ränta.	Biologisk mångfald är huvudsyftet med åtgärden. Kolinlagringen är sekundär. Negativa effekter: Kan påverka virkes- och massavedsuttaget i Sverige med minskad möjlighet till substitution, kan höja priserna.

Åtgärd	Kostnad/nytta (kr per kg koldioxidekvivalent)	Källor	Antaganden	Andra sidonyttor/ kostnader/hinder
	2020–2030			
	Mot 2045			
Förlängda omloppstider	0,5–1,4	Egen beräkning för högproducerande gran- och tallbestånd baserat på Skogsskötselserien – Naturlig föryngring av tall och gran (2017).	Utifrån dagens virkespriser, intäkter förskjuts framåt i tiden, 10–30 år, 3,5 % ränta.	Sidonytta: Biologisk mångfald, Negativa effekter: påverkar virkes- och massavedsuttaget i Sverige med minskad möjlighet till substitution, kan höja priserna.
Biokol på jordbruksmark	0,9–2,8	Läreffekter sänker produktionskostnaderna, ökad efterfrågan på biomassa höjer kostnaderna. Kostnad runt 100 USD/ton CO ₂ och lägre redovisas i ARI,5 (och i Fuss m.fl. 2018).	Egna beräkningar baserade på kostnadsuppgifter i inlaga till utredningen. Beräkningarna har jämförts med resultat presenterade i IPCC AR 1,5.	Sidonyttor: förbättrad jordstruktur, och ökad infiltrtion. Negativa effekter: storskalig produktion kan innebära konkurrens om biomassa.
Biodrivmedel för inblandning i bensin eller diesel	2,0–4,0	Läreffekter sänker produktionskostnaderna, kostnaden beror av marknadspris på fossila drivmedel och på biodrivmedel.	Se avsnitt 20.3.1 ovan.	Sidonytta: Utveckling av biodrivmedelstekniker och produktionsanläggningar biodrivmedelsframställning i Sverige.
Åtgärder i andra länder	0,2–0,4	I en värld som ställer om stiger kostnaderna för åtgärder i hela världen. Om utsläppshandel utvecklas kan priserna konvergera mellan länder.	Se avsnitt 20.15 och kapitel 15.	Väl genomförda samarbeten för utsläppsbegränsningar kan bidra till ökad kapacitet och höjd ambitionsnivå i världsländerna. Åtgärder ska bidra till hållbar utveckling i världsländerna och även ge stöd till arbetet i de internationella klimatförhandlingarna.

20.4.2 Åtgärds kostnader och offentligfinansiella kostnader per styrmedelsförslag

För att kunna beräkna kostnaderna för de styrmedel som utredningen föreslår behöver kalkylen också ta hänsyn till att det är företagsekonomiska förutsättningar, inklusive riskpremier, som utgör grunden för de ersättningsnivåer som kan komma att krävas för att de kompletterande åtgärderna ska äga rum, exempelvis i form av investeringar i bio-CCS. Dessutom tillkommer även kostnader för administration och andra transaktionskostnader hos ansvariga myndigheter och berörda marknadsaktörer.

Utredningen har uppskattat hur höga dessa kostnader kan komma att bli hos de myndigheter som berörs av förslagen och lämnar även förslag på hur stora resursförstärkningar som kan behövas. Förslagen har som inriktning att underlätta för de aktörer som förutsätts genomföra åtgärderna, så att dessas transaktionskostnader blir så låga som möjligt. Eftersom deltagandet är frivilligt och föreslås genomföras genom incitament från det allmänna har inga tillkommande transaktionskostnader för företagen beräknats.

Inom LULUCF-området är det också olika typer av företagsökonomiska förutsättningar, snedfördelad information m.m. som påverkar storleken på de stöd som kan behövas för de föreslagna åtgärderna. Ökade resurser för rådgivning bedöms också behöva utgöra en väsentlig del av de styrmedel som behöver införas – dels för att åtgärderna ska genomföras, dels för att företagets sökkostnader ska bli så låga som möjligt.

När de offentligfinansiella kostnaderna, som i den här beräkningen alltså likställs med de sammanlagda åtgärds kostnaderna för förslagen till styrmedel i strategin till 2030, jämförs med varandra kan hänsyn även behöva tas till om alternativen samtidigt delfinansieras av andra länder eller aktörer, exempelvis genom EU-gemensamma stöd.

I tabell 20.4 har de sammanlagda offentligfinansiella kostnaderna för de olika styrmedelsförslagen i utredningens strategi ställts samman och kostnadseffektiviteten för de olika bidragen beräknats. Den bedömda kostnadseffektiviteten anges i intervall medan den sammanlagda ersättningsnivån för de föreslagna insatserna baseras på antaganden om på vilken genomsnittlig kostnadsnivå de åtgärder som genomförs inom respektive stödområde eller program kan komma att hamna.

Förslagen på LULUCF-området föreslås bli föremål för ytterligare utredning när det gäller tänkbara ersättningsnivåer och utformning i övrigt. De nivåer som redovisas i tabellen bör därför enbart ses som preliminära uppskattningar; det gäller särskilt antagandena om kommande ersättningsnivåer för åtgärder för ökad kolinlagring som föreslås genomföras i det kommande landsbygdsprogrammet.

Kostnadsberäkningarna för återvätning baseras däremot på nyligen genomförda utredningar av Skogsstyrelsen och Jordbruksverket.

Kostnadsuppskattningarna för bio-CCS och för internationella åtgärder har genomförts av utredningen (se kapitel 9.2, kapitel 13 och avsnitt 20.15).

Beräkningarna i tabell 20.4 tar också hänsyn till att bidrag till genomförandet av några av de aktuella åtgärdstyperna även kan komma från EU samt att åtgärder i andra länder ofta är finansierade från flera håll samtidigt.

I tabellen summeras även den bedömda resursåtgången vid olika myndigheter till följd av de mer permanenta uppgifter som utredningen föreslår.

Tabell 20.4 Offentligfinansierade kostnader utredningens styrmedelsförslag

Bedömd kostnadseffektiviteten anges i intervall

Total ersättningsnivå för föreslagna insatser baseras på antaganden om genomsnittlig kostnadsnivå för ingående åtgärder

Åtgärd	Tillkommande resurser (årsarbetskrafter) vid ansvariga myndigheter (miljoner kr)	Antagen genomsnittlig ersättningsnivå (kr per kg koldioxid-ekvivalent)	Antagen genomsnittlig ersättningsnivå (kr per hektar och år)	Bedömd maximal effekt 2030 (miljoner ton koldioxid)	Sammanlagd offentligfinansierad kostnad* (miljoner kr per år)	Kostnad när EU-medel dragits bort* (miljoner kr per år)
Genomförande av nya uppgifter inom bio-CCS	3–4			3–4		3–4
Omvända auktioner för bio-CCS (förslag från utredningen, redogörs för i avsnitt 10.3.2)		1		1,8 ¹	500–750/1 800	250–675/900–1 350
Ökad rådgivning² skogsköttse/beskogning/jordbruksaktiviteter förslag från utredningen, se avsnitt 20.12.4	25				25	25
Bidrag till återväining³ förslag av utredningen, baserat på tidigare utredning av Skogsstyrelsen och Jordbruksverket		0,2	500	0,5	125	100
Bidrag till beskogning av före detta jordbruksmark särskild utredning för att detaljutföra förslag föreslås ges till Skogsstyrelsen		0,35	6 000 vid etablering	0,1	35	35
Bidrag till mellangrödor/fånggrödor även utanför nitratkänsliga områden, -förslaget föreslås utredas ytterligare inom ramen för utformningen av det nya landsbygdsprogrammet 2021–2027		0,55	1 100	0,4	220 inom LBP ⁴	132 inom LBP
Bidrag till Agroforestry/Energiskog förslaget föreslås utredas ytterligare inom ramen för utformningen av det nya landsbygdsprogrammet 2021–2027		0,55	4 500 respektive 7 000 vid etablering	0,1	50 inom LBP	30 inom LBP

Åtgärd	Tillkommande resurser (årsarbetskrakter) vid ansvariga myndigheter (miljoner kr)	Antagen genomsnittlig ersättningsnivå (kr per kg koldioxid-ekvivalent)	Antagen genomsnittlig ersättningsnivå (kr per hektar och år)	Bedömd maximal effekt 2030 (miljoner ton koldioxid)	Sammanlagd offentligfinansiell kostnad* (miljoner kr per år)	Kostnad när EU-medel dragits bort* (miljoner kr per år)
Åtgärder i andra länder medel till ett nytt program på sammanlagt 400 miljoner kr per år under 2020-talet föreslås av utredningen. Budgeten kan komma att behöva bli större mot slutet av årtiondet, jämfört med det beräknade genomsnittet. Delar av enheterna antas räknas som resultatbaserad klimattfinansiering.	Inom befintlig verksamhet	0,2		0,7 som kompletterande åtgärd	400/högre	400/högre
Sammanlagda tillkommande offentliga finansiella utgifter i genomsnitt 2021–2030 exklusive utgifter inom LBP, avrundade siffror					1 100–1 350	820–1 250
Sammanlagda tillkommande offentliga finansiella kostnader 2030 exklusive utgifter inom LBP, avrundade siffror					2 400	1 470–1 920

* I genomsnitt per år 2021–2030 / 2030.

1 Utredningen har föreslagit 2,0 miljoner ton som maximal nivå för de omvända auktionerna för bio-CCS. Visst bortfall är att förvänta varför 1,8 används här.

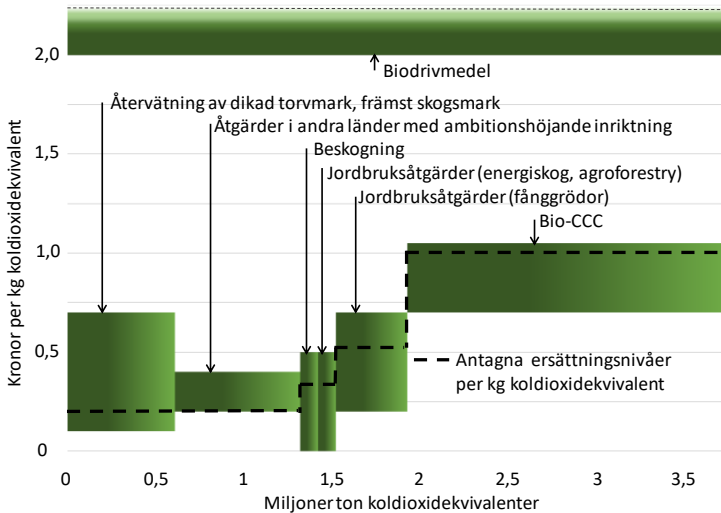
2 I denna siffra ingår inte tillkommande arbete vid myndigheterna rörande återvätning

3 Tillkommande arbete för återvätning ingår i det uppskattade bidraget, omfattar totalt ca 20–25 årsarbetstillfällen.

4 Den sammanlagda tillkommande ersättningen för fånggrödor och mellangrödor har beräknats för två tredjedelar av arealen då en tredjedel av ersättningen går till nitratområden.

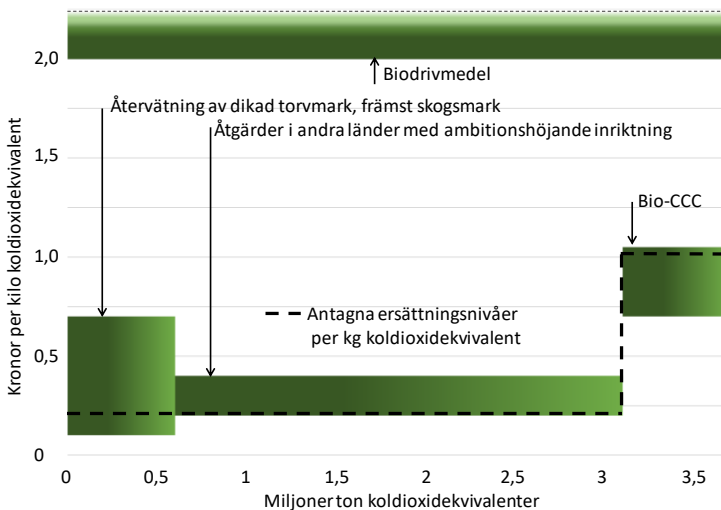
De specifika kostnaderna – och effektbedömningarna till 2030 för de två strategialternativen illustreras i figur 20.1 och 20.2.

Figur 20.1 Effekt- och kostnadsuppskattningar av utredningens huvudförslag till strategi, mååret 2030



Anm. Kostnadsuppskattningen för biodrivmedel är med som jämförelse.

Figur 20.2 Effekt- och kostnadsuppskattningar av ett jämförelsealternativ mot mååret 2030



Anm. Kostnadsuppskattningen för biodrivmedel är med som jämförelse.

De beräknade sammanlagda offentligfinansiella kostnaderna för de två alternativen hamnar som högst på 2,4 miljarder kronor respektive 1,1 miljarder kronor 2030, inklusive utgifter för att genomföra det föreslagna programmet för internationella åtgärder och exklusive förslagen som är beroende av fördelningen av främst miljö- och klimatersättningar inom landsbygdsprogrammet. Om möjliga EU-medel för att genomföra utredningens huvudalternativ dras bort hamnar de direkta kostnaderna för staten på mellan 1,5 och 2 miljarder kronor i huvudalternativet (se tabell 20.4) medan kostnaderna i jämförelsealternativet sjunker till knappt 1 miljard kronor.

De uppskattade kostnaderna för staten beräknas motsvara 0,04 respektive 0,02 procent av bnp 2030; bnp har beräknats växa med i genomsnitt 2 procent per år realt 2018–2030.

Fördelning av ersättningar inom det kommande landsbygdsprogrammet

Några av utredningens förslag föreslås finansieras inom ramen för ett nytt landsbygdsprogram och behöver bli föremål för ytterligare utredning innan de kan genomföras. Enligt utredningens tentativa beräkningar skulle de ersättningar det främst handlar om (mellangrödor och fånggrödor, agroforestry och energiskog) sammanlagt uppgå till knappt 300 miljoner kronor per år (tabell 20.4) med reservation för att ersättningsnivåerna kan behöva hamna något högre efter fortsatt utredning.

En sammanlagd ersättningsnivå i denna storleksordning kan jämföras med storleken på hela landsbygdsprogrammet som 2014–2020 uppgick till 37 miljarder kronor. Omfattningen av EU:s gemensamma jordbrukspolitik föreslås minska i storlek nästa programperiod. Om Storbritannien lämnar EU kan de svenska EU-medlen för det fortsatta landsbygdsprogrammet komma att minska med 15 procent jämfört med nuvarande period. Om landsbygdsprogrammet som helhet skulle minska i samma omfattning som EU-bidragen skulle det i så fall uppgå till drygt 31 miljarder kronor 2021–2027. Ersättningarna till de åtgärder som utredningen föreslår skulle enligt uppskattningen ovan kunna utgöra maximalt omkring 6 procent av hela programmet, om de antas betalas ut fullt under en period av 6 år; denna andel ökar om ersättningsnivåerna skulle höjas och fler åtgärder inkluderas.

Utredningens förslag till åtgärdsområden är som nämnts framlyfta i Europeiska kommissionens förslag till nytt program och bidrar till flera av de 9 mål som satts upp för programmet, men de kommer samtidigt behöva vägas mot andra insatser i det nya programmet.

20.4.3 Kostnader mot 2045

Utredningen föreslår inte någon detaljerad fördelning av de olika typerna av kompletterande åtgärder mot 2045 utan anger i stället ett möjligt utfallsrum för de olika åtgärdstyperna (se avsnitt om inriktning och utfallsrum för 2045 i strategin). Den totala volymen kompletterande åtgärder föreslås behöva öka till minst 10,7 miljoner ton för att sedan öka ytterligare i omfattning, för att Sverige ska nå netto-negativa nivåer.

Kostnaderna på marginalen för åtgärderna i LULUCF-sektorn och för bio-CCS bedöms öka något i ett längre tidsperspektiv i en värld som ställer om; kostnadsutvecklingen beror i hög utsträckning av hur kostnaderna för skogsråvara och annan biomassa utvecklas på längre sikt.

De svenska bio-CCS-anläggningarna förutsätts genomföras på punktkällor som redan använder biomassa för sin produktion; merkostnaden för bio-CCS uppstår om kostnaden för den ökade energianvändning som tekniken medför fördyras till följd av stigande kostnader för biomassa. Kostnaderna för LULUCF-åtgärderna på marginalen beror på hur alternativkostnaderna för markanvändningen kan komma att utvecklas.

I detta tidsperspektiv, och i en värld som ställer om, bedöms åtgärderna för negativa utsläpp i landet ändå samtidigt kunna konkurrera med de priser som då kan komma att gälla internationellt (se avsnitt 20.15).

Utredningens förslag till fortsatt styrmedelsutveckling ger även förutsättningar för en ökad kostnadseffektivitet i styrningen över tid. Den föreslagna styrningen för bio-CCS kan potentiellt även skapa förutsättningar för att åtgärder i Sverige på sikt även kan komma att finansieras av aktörer utanför landet, exempelvis genom framtida EU-gemensamma styrmedel (se kapitel 10). En liknande utveckling skulle i princip även kunna vara möjlig inom LULUCF-sektorn.

Kostnaderna för utredningens huvudförslag bedöms därmed på längre sikt kunna bli lägre jämfört med ett alternativ där åtgärder i andra länder dominerar, som i utredningens jämförelsealternativ. På sikt kan även specifika mål för negativa utsläpp komma att sättas på europeisk eller internationell nivå, men utredningens huvudalternativ innebär att Sverige har bättre förutsättningar att svara upp mot sådana mål än om jämförelsealternativet väljs.

Att genom forskning, utveckling och demonstration samt en inledande marknadsintroduktion, med viss ledtid skapa förutsättningar för bio-CCS att signifikant bidra till måluppfyllelse 2045 är också ett sätt att sprida och därmed minska riskerna igenomförandet av den föreslagna strategin och klimatpolitiken i stort.

Om inriktningen mot bio-CCS teknik blir framgångsrik kan området även komma att bli värdefullt för teknikspridning till andra länder.

Utredningens förslag på styrmedel och åtgärder som ökar kol-sänkan och minskar utsläppen i LULUCF-sektorn kan skapa viktiga underlag för fortsatt utveckling av kostnadseffektiva styrmedel på området. Parallellt med den forskning och det utvecklingsarbete som föreslås skapar den föreslagna inriktningen ytterligare möjligheter att över tid identifiera lämpliga åtgärder och successivt effektivisera tillämpningen av olika styrmedel.

Kostnader till 2045 om jämförelsealternativet genomförs till 2030

Om jämförelsealternativet genomförs till 2030 bedöms det bli svårt att hinna skala upp utredningens förslag till åtgärder i tillräckliga volymer till 2045 och därefter.

I arbetet med att utveckla förslagen för bio-CCS har utredningen exempelvis gjort en avvägning när det gäller omfattningen av de omvända auktionerna och funnit att en mindre auktionsomfattning än den föreslagna volymen skulle försvåra och potentiellt också fördyra en större stegvis uppskalning mot 2045. Liknande förhållanden gäller även för några av åtgärderna inom LULUCF-sektorn.

När det gäller utredningens förslag till åtgärder inom LULUCF-sektorn kan också noteras att de i många fall bedöms medföra flera samtidiga sidonyttor och i hög utsträckning ingår som en del i EU:s gemensamma jordbrukspolitik 2021–2027 där åtgärder med klimat-

nytt lyfts fram särskilt. Särskilt det sistnämnda gör dem svåra att prioritera bort på det sätt som förutsätts i jämförelsealternativet.

20.5 Finansieringsmöjligheter

20.5.1 Behovet av finansiering av tillkommande offentligfinansiella kostnader

Enligt utredningens direktiv ska förslag till finansiering anges om de förslag som utredningen lägger fram innebär tillkommande offentligfinansiella kostnader. Enligt sammanräkningen i avsnitt 20.4.2 innebär utredningens förslag sådana kostnader.

En del av utgifterna kopplade till utredningens förslag föreslås finansieras inom ramen för de beslut som ska fattas om genomförandet av ett nytt landsbygdsprogram, med startår 2021. Dessa förslag behöver bli föremål för ytterligare utredning innan de kan genomföras. För dessa förslag diskuterar utredningen därför inte hur finansieringen bör ske, mer än att den förutses ske inom budgetramarna för det kommande landsbygdsprogrammet (se avsnitt 20.4.2 ovan).

När det gäller förslagen på områdena bio-CCS, internationella insatser (inklusive klimatfinansiering) samt inom LULUCF-sektorn (återvätning samt rådgivning) beräknas dessa sammanlagt behöva en finansiering på omkring 2,4 miljarder kronor per år från 2030. När hänsyn tas till möjlig finansiering med EU-medel blir finansieringsbehovet i stället 1,5–1,9 miljarder kronor per år. I genomsnitt beräknas behovet av finansiering av förslagen sammanlagt uppgå till 1,1–1,4 miljarder kronor per år 2021–2030, exklusive EU-medel. De tillkommande utgifterna för utredningens förslag antas öka stegvis under 2020-talet och kommer därför att hamna på relativt låga nivåer de inledande åren på 2020-talet. Finansieringsbehoven kopplade till utredningens förslag infaller alltså främst under 2020-talets andra hälft och därefter.

20.5.2 Ökade intäkter från höjningar av generella skatter

Det är svårt att identifiera en naturlig skattebas som skulle kunna erbjuda möjliga intäkter av samma storleksordning som de offentligfinansiella utgifter som förslagen till kompletterande åtgärder beräknas medföra fram till 2030, exempelvis genom införande av en särskild skatt eller genom att en befintlig skatt höjs. Ingen specifik aktörsgrupp skulle heller dra särskild nytta av att de kompletterande åtgärderna genomförs, utan nyttan kommer att bli spridd i samhället.

Detta, tillsammans med att förslagen till stor del handlar om att finansiera teknik som ännu inte är etablerad i Sverige och under utveckling, talar för en mer allmän skattefinansiering av utredningens förslag. Detta är också något som utredningen förordar.

Om styrmedel för exempelvis bio-CCS utvecklas på EU-nivå kan även finansieringsfrågan på lite längre sikt få en gemensam struktur inom EU.

När det gäller utredningens förslag på lite kortare sikt, mot 2030, väljer utredningen, trots resonemanget ovan om finansiering via mer generella skattebaser, ändå att ge några exempel på hur ökade skatteintäkter skulle kunna uppstå genom höjningar av olika punktskatter på energi av den storleksordning som motsvarar de offentligfinansiella kostnaderna av utredningens förslag. Exempelen som ges ska dock inte tolkas som förslag.

Utredningen noterar att skattehöjningar på bensin och dieselbränsle skulle kunna ge intäkter i samma storleksordning som utgifterna kopplade till utredningens förslag utan hänsyn till EU-finansiering. Dessa intäkter motsvarar de höjningar som föreslagits genomföras i steg under tre år i enlighet med den bnp-indexering av energi- och koldioxidskatterna på drivmedel som 2016 infördes i lagen (1994:776) om skatt på energi. Dessa årliga skattehöjningar beräknades preliminärt resultera i offentligfinansiella intäkter på 0,9, 0,81 respektive 0,81 miljarder kronor de tre första åren.³⁶

De sammanlagda volymerna drivmedel (bensin och diesel med inblandat biodrivmedel i successivt allt högre volymer) för användning i förbränningsmotordrivna vägfordon och arbetsmaskiner bedöms dock behöva minska successivt för att klimatmålen ska kunna

³⁶ Prop. 2015/16:1 *Budgetpropositionen för 2016. Förslag till statens budget för 2016, finansplan och skattefrågor*, avsnitt 6.20.8 s. 279.

nås, varför intäkter från framtida skattehöjningar på drivmedel, enligt samma typ av bnp-indexering som ovan nämnts, kan komma att bli något lägre per år under 2020-talets andra hälft.

Ett ytterligare exempel på hur stora intäkterna kan bli från en höjning på energiskatteområdet hämtas från *Utredningen om energisparlån* (N 2016:02). Utredningen beräknade att en höjning av energiskatten på el för hushåll och tjänsteföretag med 1 öre per kWh skulle kunna generera intäkter på 790 miljoner kronor netto årligen; beräkningen gjordes hösten 2017³⁷ och för att göra beräkningen användes Finansdepartementets beräkningskonvention för 2017³⁸. En höjning av energiskatten på el med sammanlagt 3 öre per kWh skulle alltså även den kunna motsvara de utgifter på som högst 2,4 miljarder kronor per år 2030 som beräknats uppstå till följd av utredningens förslag, utan hänsyn till EU-finansiering, vid samma elförbrukning som i beräkningen av *Utredningen om energisparlån*. Beräkningen förutsätter en relativt prisokänslig efterfrågan.

20.6 Makroekonomiska effekter

20.6.1 Ekonomiska effekter i en värld som ställer om

IPCC:s 1,5-gradersrapport och IPCC-rapporten om markanvändning och klimat³⁹ visar att de olika teknikerna för att åstadkomma negativa utsläpp, dvs. både åtgärder som ökar kolinlagringen i skog och mark och tekniker för negativa utsläpp som bio-CCS och DACCS, bidrar till att Parisavtalets temperaturmål över huvud taget kan nås (se kapitel 5). Modellresultaten är genomförda med en kostnadsoptimerande ansats och de indikerar att teknikerna för negativa utsläpp kan sänka kostnaderna för att nå målen. Rapporterna varnar samtidigt för att de flesta av dagens tekniker för negativa utsläpp riskerar att medföra betydande negativa effekter på möjligheterna till anpassning till ett förändrat klimat samt ökad markförstörelse och försämrad livsmedelssäkerhet om de tillämpas i stor skala.

Lämpligheten och hållbarheten i åtgärderna förbättras om flera olika typer av åtgärder för negativa utsläpp införs samtidigt i stället för att genomförandet koncentreras till en enskild åtgärd i stor skala.

³⁷ *Effektivare energianvändning* (SOU 2017:99).

³⁸ *Mindre aktörer i energilandskapet – förslag med effekt* (SOU 2018:76).

³⁹ IPCC (2018) och IPCC (2019).

När i tiden åtgärderna genomförs har också betydelse; om åtgärder för negativa utsläpp genomförs i närtid samtidigt som utsläppen sänks minskar beroendet av omfattande nettonegativa utsläpp längre fram för att temperaturmålet ska kunna nås.

Kostnaden för att nå det svenska nettonollmålet genom enbart utsläppsminskningar bedöms vida överstiga kostnaden för att nå målet med tillgodoräkning av kompletterande åtgärder, eftersom det förstnämnda bl.a. ställer krav på omfattande ingrepp i omfattningen av landets livsmedelsproduktion.

20.6.2 Låga makroekonomiska effekter av utgifterna kopplade till huvudförslagen i strategin

I avsnitt 20.4.2 summerades de bedömda offentligfinansiella effekterna av den föreslagna strategin samt ett jämförelsealternativ. Dessutom konstaterades att genomförandet kan leda till att utgifterna totalt sett minskar för att nå klimatmålen till 2030 och 2045. När de totala tillkommande utgifterna ställs i relation till en antagen bnp-nivå samma år kan konstateras att de tillkommande utgifterna är så små i relation till hela ekonomin att de troligen innebära en relativt sett liten ekonomisk effekt som inte kan bedömas leda till några makroekonomiska systemeffekter eller spridningseffekter i ekonomin av betydelse. Utredningen har av den anledningen avstått från den typen av analyser.⁴⁰

Ytterligare åtgärder inom LULUCF-sektorn bör konsekvensanalyseras i de sammanhang de utreds

Utredningen avstår från att lägga fram specifika förslag som ytterligare skulle kunna förstärka kolsänkan inom skogsbruket vid olika tidshorisonter (se avsnitt 20.14). För att analysera den typen av möjligheter ytterligare och de målkonflikter som finns för hur skogsresursen ska nyttjas – antingen genom bruk för hög produktion och avkastning eller skydd av mer skog för biologisk mångfald och be-

⁴⁰ Det går att studera äldre modelleringar med ekonomiska jämviktsmodeller och finna att förändringar i den storleksordning som här studeras inte ger några mätbara resultat på ekonomin i stort i modellanalysen.

varande av kolsänka – pågår ett antal parallella utredningar vars resultat denna utredning inte har möjlighet att invänta.

Konsekvenser av åtgärder som kan förstärka kolsänkan inom skogsbruket förutsätts analyseras mer i detalj i dessa sammanhang, eftersom de kan påverka såväl den biologiska mångfalden som skogsbrukets resiliens och de ekonomiska förutsättningarna för skogsbruket på ett mer omfattande sätt än de förslag som utredningen lägger fram.

20.7 Risker och osäkerheter i uppskattningar av framtida effekter och kostnader

20.7.1 LULUCF-åtgärder

Åtgärder som bidrar till ökade upptag av koldioxid inom LULUCF-sektorn, t.ex. beskogning, agroforestry och åtgärder för ökad kolinlagring i jordbruksmark, når slutligen en gräns för hur mycket som kan lagras in. Fortsatt kolinlagring förutsätter därför att åtgärderna upprätthålls men i vissa fall också ökar i omfattning, eftersom effekten av åtgärderna avtar över tid. Effekten av återvätning av dränerad torvmark består dock så länge återvätningen bibehålls.

När träd blir gamla och den naturliga avgången är lika stor eller större än tillväxten, eller när markens kolförråd når en ny jämvikt, sker inget nettoupptag av koldioxid. Kolförråd i mark och vegetation riskerar dock alltid att minska eller helt förloras på grund av störningar i form av bränder, insektsangrepp, stormar eller en framtida förändring av markanvändningen, t.ex. genom att jordbruksmark som lagrat upp kol nyttjas för odling som på sikt frigör kolet igen eller om jordbruksmark eller skogsmark exploateras för permanent infrastruktur eller byggnader.

Åtgärderna har därmed en lägre permanens jämfört med utsläppsminskningar och andra åtgärder för negativa utsläpp, exempelvis bio-CCS.

Effekten av de föreslagna styrmedlen riskerar dessutom att utebli eller bli betydligt mindre än vad utredningens effektberäkningar resulterar i, bl.a. beroende på hur de aktörer som förutsätts genomföra åtgärderna agerar på de incitament som införs. (Se även resonemang i avsnitt 20.2.4).

20.7.2 Bio-CCS-åtgärder

För bio-CCS är sannolikt affärsmässiga risker det stora hotet mot genomförandet av projekt. Det finns även tekniska, juridiska och politiska risker och hinder som kan fördröja eller stoppa projekt inom bio-CCS (se kapitel 10 och 12).

FN:s klimatpanel IPCC drar slutsatsen att det potentiellt finns målkonflikter med flera utav de globala hållbarhetsmålen om bio-CCS genomförs i stor skala globalt. Brist på social acceptans för en satsning på bio-CCS kan därför utgöra en risk mot genomförande av projekt.

Om lagrad koldioxid mot förmodan skulle börja läcka ut minskar nyttan med bio-CCS, samtidigt som risker uppstår för omgivande ekosystem.

Utredningens förslag på området syftar till att minimera ovanstående risker. Riskerna bedöms inte heller vara av sådan art att Sverige bör avstå från att satsa på bio-CCS. Beroende på hur de aktörer som förutsätts genomföra åtgärderna reagerar på de incitament som införs kan effekten av föreslagna styrmedel dock bli mindre än förväntat.

20.7.3 Åtgärder i andra länder

Parisavtalets regelbok för handel med resultat från utsläpps begränsningar mellan länder är ännu inte färdigförhandlad. Det är en av flera faktorer som gör att det troligen kommer dröja ett antal år innan det är möjligt för Sverige att genomföra utsläpps begränsningar i andra länder på ett sätt som kan skapa en större säkerhet om att de internationella insatserna kan leda till åtgärder utöver de som ändå hade vidtagits i värdländerna, och som inte leder till dubbelräkning av den utsläppsminskning som erhålls. Det är dessutom långt ifrån säkert att det kommande regelverket kommer att kunna garantera detta.

Den av utredningen föreslagna inriktningen behöver följas, så att Sveriges program kan säkerställa att handel med s.k. hetluft undviks och att åtgärder som väljs skapar förutsättningar för dels en för värdlandet ambitiös klimatpolitik, dels en ytterligare ambitionshöjning genom internationellt samarbete. Om delar av ett svenskt mål skulle uppfyllas med enheter från icke-additionella åtgärder i ett land som inte har en ambitiös klimatpolitik urholkas det svenska klimatmålet.

20.8 Effekter på energisystemet

20.8.1 Effekter på energisystemet och biomassaanvändningen av utredningens förslag på LULUCF-området

Förslagen inom jordbrukssektorn har delvis förutsättningar att leda till viss ökad produktion av energigrödor och biomassa som kan användas som råvara för olika ändamål, djurfoder, bioenergi och material samtidigt som kolinlagringen ökar. Energiskogsodling i den omfattning som utredningen föreslår kan t.ex. innebära en biomassa-produktion motsvarande 1,6–2,4 TWh per år.

De förslag inom LULUCF-sektorn som berör skogsbruket, främst återvätning av torvmarker på sammanlagt 100 000 hektar till 2045, bedöms inte få någon omfattande effekt på tillgången till förnybara energiråvaror eller torv och inte heller påverka produktionen av skogsråvara på något omfattande sätt, eftersom åtgärden företrädesvis bör ta skogsmark med lägre produktion i anspråk. Förslaget om ökad rådgivning för ökad beskogning bedöms komma att öka tillgången på skogsråvara i framtiden, vilket därmed kan minska trycket på befintlig produktiv skogsmark att producera skogsråvara och avverkningsrester som kan användas för energiändamål för att möta framtida behov.

I vilken utsträckning de beskogade markerna nyttjas för att producera timmer och massaved avgör beskogningsåtgärdernas framtida bidrag som kolsänka. En ökad tillgång på gallringsrester, sågtimmer, massaved och avverkningsrester kommer dock inte kunna realiseras i någon större utsträckning förrän efter några tiotal år när skogen börjar gallras och när den om ytterligare tiotal år kan slutavverkas, dvs. bortom 2045.

De åtgärdsalternativ inom skogsbruket som utredningen behandlar mer översiktligt och där inga förslag lagts (se avsnitt 20.14) kan potentiellt medföra en relativt sett större påverkan på energiförsörjningen och tillgången på biomassa för energiändamål än de förslag som inkluderats.

Åtgärder som vidtas för ökat skydd av skog och större naturhänsyn i skogsbruket med syfte att bevara biologisk mångfald samt för att lagra in kol och åstadkomma andra mervärden kan leda till att leveransen av skogsråvara blir lägre än efterfrågan. Ökad produktion ger ökade möjligheter att nyttja skogsråvara för olika ändamål, men det är snarare en effekt av att det redan finns eller bedöms finnas ett

större behov av skogsråvara i framtiden, vilket i sin tur ökar intresset för att investera i skogsproduktion.

20.8.2 Energiåtgång och elförbrukning för CCS och bio-CCS-anläggningar

Tillämpning av CCS och bio-CCS är energikrävande verksamheter. Rent generellt beror konsekvenserna av en användning av CCS och bio-CCS i energisystemet på inom vilka branscher tekniken tillämpas, vilken CCS-teknik som används och teknikutvecklingen kommande årtionden. Konsekvenserna beror också på hur energisystemet utvecklas.

I kapitel 9 redovisas uppskattningar av den sammanlagda påverkan på elproduktion och biomassaanvändning vid avskiljning och komprimering av 2 respektive 10 miljoner ton biogen koldioxid. Resultaten sammanfattas i tabell 20.4 nedan. Uppskattningarna är dock synnerligen förenklade och syftar enbart till att ge en uppfattning om storleksordningar.

Tabell 20.5 Uppskattning av påverkan på elproduktion och biomassaanvändning vid avskiljning och komprimering av 2 respektive 10 miljoner ton biogen koldioxid

Påverkan	2 Mton avskild biogen CO ₂	10 Mton avskild biogen CO ₂
Minskad elprod. [TWh _{el}]	0,4	1,8
Ökad biomassaanv. [TWh]	0,6	5,5

Energiåtgången för att tillämpa CCS på cirka 12 miljoner ton mestadels fossil koldioxid från branscherna cement, järn och stål samt raffinering i Norden har i en doktorsavhandling vid Chalmers tekniska högskola uppskattats till cirka 22 TWh.⁴¹ Detta innebär en energiintensitet på 1,8 MWh per ton avskild koldioxid. Som jämförelse kan nämnas att Sverige 2017 hade en total slutlig energianvändning på 378 TWh. Av detta svarade industrisektorn för 143 TWh.⁴² Samma år uppgick även den totala biobränsleanvändningen till 143 TWh.

⁴¹ Rootzén (2015).

⁴² Energimyndigheten (2019a).

I tidigare studier har ett generellt elbehov på 0,2–0,3 MWh_{el} per ton avskild koldioxid genom CCS uppskattats. Elkonsumtionen i Sverige var 130,5 TWh_{el} 2017, varav industrin förbrukade 49,1 TWh_{el}.^{43, 44} Ett ökat elbehov koncentrerat till ett begränsat antal anläggningar kan få konsekvenser för elnätet och understryka vissa befintliga begränsningar i termer av överföringskapacitet. Inom massa- och pappersindustrin och vid kraftvärmeverk kan det dock i stället handla om att den egna elproduktionen och leveransen till nätet minskar. Det kan också vara möjligt att tillfälligt upphöra med koldioxidavskiljning för att maximera elproduktionen under tidsperioder när behovet av el är särskilt stort.

Även fartygstransport av avskild koldioxid till en lagringsplats kräver energi och ger upphov till utsläpp. Dessa utsläpp är dock mycket små i förhållande till mängden koldioxid som transporteras.

Effekter på energisystemet mot 2030

Beräkningarna som redovisas i tabell 20.4 indikerar att omfattningen av den tillkommande efterfrågan på el- och biomassa kan komma att bli relativt måttlig till 2030. Vid en större introduktion på längre sikt behöver dock konsekvenserna för energisystemet tas i beaktande i högre omfattning.

20.8.3 Effekter på energisystemet av en biokolintroduktion

Produktion av biokol i lite större skala kan medföra effekter både på energisystemet och kolsänkan. Räkneexemplet nedan illustrerar hur stora effekterna i form av ökad efterfrågan på biomassa skulle kunna bli, utifrån en möjlig systemlösning tillämpad i ett fjärrvärmesystem.⁴⁵

Om sammanlagt 500 000 ton biokol skulle produceras genom pyrolysteknik med samtidig energiutvinning, och biokolet spridas på i första hand åkermark, kan kolsänkan komma att öka med 1 miljon ton koldioxid per år. För att producera denna mängd biokol beräknas cirka 5,4 TWh biomassa behövas. I exemplet består biomassan av grot, grenar och toppar samt park- och trädgårdsavfall

⁴³ Profu, Sweco & Energiforsk (2015).

⁴⁴ SCB (2018).

⁴⁵ Gustafsson (2019).

men det skulle också exempelvis kunna handla om biomassa från en närliggande energiskogsodling.

Vid framställningen av biokol kan också energi produceras, främst i form av värme. En översiktlig bedömning är att 2–4 TWh värme kommer kunna produceras vid samtidig tillverkning av cirka 500 000 ton biokol. Denna värmeproduktion minskar behovet av andra bränslen i fjärrvärmesystemet. Systemlösningen kan alltså som helhet leda till en ökning av efterfrågan på biomassa i form av exempelvis skogsrester och avfall av biogent ursprung på uppemot 2,5–3 TWh per år.

20.8.4 Påverkan på efterfrågan på biodrivmedel till 2030

Utredningens förslag till kompletterande åtgärder, och det studerade jämförelsealternativet, kan påverka behovet av biodrivmedel för att nå de sammanlagda utsläppsmålen till 2030. Dessa biodrivmedel antas även behöva importeras (se avsnitt 20.3.1). Enligt utredningens beräkningar kan det handla om att importen behöver bli mellan 8 och 14 TWh lägre än vad den annars hade behövt uppgå till.

Om omvandlingseffektiviteten för biodrivmedelsframställning antas uppgå till 0,65⁴⁶ i genomsnitt, motsvarar minskningen en sänkt efterfrågan på biomassa på 12–21 TWh. Nya tekniker för biodrivmedelsframställning kan dock ha högre omvandlingseffektivitet, vilket i så fall sänker den totala biomassaåtgången. Så är dock inte alltid fallet.

20.8.5 Energisystemeffekter i sammanfattning

I det kortare tidsperspektivet, mot 2030, innebär utredningens förslag en mycket begränsad direkt påverkan på energisystemet och efterfrågan på bioenergi.

I det längre tidsperspektivet kan de kompletterande åtgärderna däremot föra med sig en något större påverkan på energisystemet. Hur stor denna påverkan blir beror på balansen mellan de olika alternativen till kompletterande åtgärder. Användning av biokol och bio-CCS i större skala leder till en ökad efterfrågan på biomassa; enligt utredningens beräkningar kan det som mest handla om en

⁴⁶ Börjesson m.fl. (2013).

ökning på uppemot 5–8 TWh i energitermer räknat. Biokol är det alternativ som beräknas leda till den största ökningen av efterfrågan på biomassa i förhållande till den beräknade effekten i form av ökad kolinlagring. En ökande svensk och internationell efterfrågan på skogsbiomassa kan öka konkurrensen om restprodukter från skogen i framtiden och priserna stiger.

Några av förslagen inom LULUCF-sektorn, framför allt ökad energiskogsodling och agroforestry, leder till att tillgången till bioenergi ökar.

20.9 Effekter på miljö kvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan*

20.9.1 63- respektive 85-procentsmålet

Huvudalternativets effekter på möjligheterna till måluppfyllelse diskuteras i avsnitt 20.3.1 och 20.3.2. Jämförelsealternativet leder till samma flexibilitet 2030 men kan ge sämre förutsättningar mot målet 2045 och därefter, jämfört med huvudalternativet.

Utredningens förslag inom bio-CCS förbättrar även förutsättningarna för att införa CCS-teknik på anläggningar med delvis fossila utsläpp och som bedöms sakna andra alternativ till att nå nära nollutsläpp, särskilt inom cementproduktion och viss avfallsförbränning. Utredningens förslag på området bidrar därmed också till att målet om 85 procents utsläppsminskning enklare kan nås. Eftersom jämförelsealternativet även omfattar att hinder röjs för CCS-teknik kan motsvarande effekt också nås vid detta strategival.

De kompletterande åtgärderna ökar efterfrågan på biomassa och kan potentiellt även begränsa tillgången till biomassa för energiändamål på längre sikt, vilket i viss utsträckning kan påverka förutsättningarna för att sänka utsläppen i övriga sektorer. De beräknade ökningarna på 5 respektive 3 TWh (se avsnitt 20.8.5 ovan) kan jämföras med hur stor användningen av bioenergi är i dag i Sverige och de ökningarna av användningen som uppskattats i olika klimatscenarier kopplade till klimatramverket under senare år.

Nyligen genomförda sammanställningar av åtgärderna i industrins klimatfärdplaner för att nå klimatmålen till 2045 ger en bild av att klimatmålen i Sverige kan behöva nås med en mycket omfattande

ökning av användningen av bioenergi.⁴⁷ Sammanställningen av färdplanerna resulterar i en sammanlagd ökning på 75 TWh, till stor del till följd av en antagen mycket stor ökad användning av biodrivmedel för vägtransporter (tungta fordon, flyg och persontransporter) och i arbetsmaskiner.

Det kan dock noteras från sammanställningen att den antagna elektrifieringsgraden, inklusive användningen av vätgas, är låg i de färdplaner som summerats och att vägtransporterna antas öka på ett sätt som innebär att potentialen för ökad transporteffektivisering inte antas nyttjas alls i framtiden.

I tidigare klimatscenarier från Naturvårdsverket⁴⁸ ökar också behovet av biomassa för energiändamål för att klimatmålen ska nås. Ökningen är dock lägre i dessa scenarier, och bioenergianvändningen hamnar sammanlagt på mellan 160 och 180 TWh i samhället som helhet vid mitten av seklet. I dessa scenarier ingår även användning av bio-CCS och CCS-teknik inom industrin.

Nivån kan jämföras med den sammanlagda användningen av bioenergi 2017 som uppgick till 143 TWh i Sverige. I Naturvårdsverket med fleras scenarier antas även en omfattande effektivisering, inklusive elektrifiering, i samhället, vilket sänker behovet av bl.a. biomassa för att målen ska nås.

Potentialbedömningar av Börjesson⁴⁹ resulterar i att skogs- och jordbruket i Sverige skulle kunna bidra med ytterligare omkring 80 TWh hållbart framställd biomassa fram till mitten av seklet. Bedömningarna är dock förknippade med stora osäkerheter.

20.9.2 Målet om nettonegativa utsläpp efter 2045

Utredningens huvudförslag skapar goda förutsättningar för att det ska vara möjligt att nå negativa nettoutsläpp efter 2045. Jämförelsealternativet innebär däremot en betydligt sämre förberedelse (se avsnitt 20.4.3).

⁴⁷ Sweco (2019).

⁴⁸ Naturvårdsverket (2019a).

⁴⁹ Börjesson (2016).

20.10 Effekter på övriga miljökvalitetsmål inklusive generationsmålet

20.10.1 Generationsmålet, mål om biologisk mångfald och andra miljökvalitetsmål

Miljökvalitetsmålen och dess preciseringar utgör grunden för den nationella miljöpolitiken och en målbild för miljöarbetet i samhället.

Det övergripande målet för miljöpolitiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser. Det är detta mål som brukar benämnas generationsmålet. Till generationsmålet finns ett antal strecksatser formulerade, se nedan.

Bakgrunden till generationsmålet redovisas i propositionen *Svenska miljömål – för ett effektivare miljöarbete* (prop. 2009/10:155, bet. 2009/10:MJU25, rskr. 2009/10:377).

Generationsmålet innebär att förutsättningarna för att lösa miljöproblemen ska vara uppfyllda inom en generation och att miljöpolitiken ska inriktas mot att

- ekosystemen har återhämtat sig, eller är på väg att återhämta sig, och deras förmåga att långsiktigt generera ekosystemtjänster är säkrad,
- den biologiska mångfalden och natur- och kulturmiljön bevaras, främjas och nyttjas hållbart,
- människors hälsa utsätts för minimal negativ miljöpåverkan samtidigt som miljöns positiva inverkan på människors hälsa främjas – kretsloppen är resurseffektiva och så långt som möjligt fria från farliga ämnen,
- en god hushållning sker med naturresurserna,
- andelen förnybar energi ökar och att energianvändningen är effektiv med minimal påverkan på miljön,
- konsumtionsmönstren av varor och tjänster orsakar så små miljö- och hälsoproblem som möjligt.

Utredningen gör den övergripande bedömningen att de kompletterande åtgärderna har störst betydelse för att miljökvalitetsmålet

Begränsad klimatpåverkan ska kunna nås samtidigt som åtgärderna också har en påverkan på den biologiska mångfalden, förutsättningarna för en ökad användning av förnybar energi samt förutsättningarna för andra ekosystemtjänster. De tre sistnämnda aspekterna är alla omnämnda i strecksatserna under generationsmålet.

Förslagen till kompletterande åtgärder kan, beroende på hur de utformas, även påverka andra länders miljö- och klimatutsläpp.

I det följande fokuserar utredningen främst på vilka effekter de kompletterande åtgärderna kan ha på de miljökvalitetsmål som är inriktade mot att bevara och främja den biologiska mångfalden och, i fallet utsläppsminskningar i andra länder, på utvecklingen av andra länders miljö- och klimatutsläpp.

Under rubrikerna *Effekter på konkurrensförhållanden – risk för koldioxidläckage* samt *Regionalpolitik och konsekvenser för enskilda och företag* under 20.11 och 20.12.3 berörs frågan om de kompletterande åtgärderna har utformats på ett sätt som riskerar orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser.

Effekter på miljökvalitetsmålen av förslagen till LULUCF-åtgärder

Inom LULUCF-sektorn kan de föreslagna åtgärderna få konsekvenser för den biologiska mångfalden och andra miljömål. Generellt är det därför viktigt att konsekvenser för biologisk mångfald, andra miljömål och målen i Livsmedelsstrategin⁵⁰ tas i beaktande när kriterier för var och hur åtgärder bör tillämpas tas fram och när rådgivning och förutsättningar för stöd utformas. Här beskrivs översiktligt konsekvenser för framför allt biologisk mångfald men också andra effekter och sidonyttor. I de uppdrag utredningen föreslår för aktuella myndigheter bör en mer fördjupad analys göras.

Trädplantering på jordbruksmark, t.ex. i form av agroforestry, energiskogsodling och beskogning, kan ha både positiva och negativa effekter på både olika miljökvalitetsmål (t.ex. *Ett rikt odlingslandskap*, *Ett rikt växt- och djurliv*, *Giftfri miljö*, *Begränsad klimatpåverkan*, *Ingen övergödning*), landskapsbild och andra mål, beroende på hur de anläggs och sköts. Kunskap om sådana effekter behöver nyttjas när rekommendationer om var och med vilka trädslag agroforestry,

⁵⁰ Prop. 2016/17:104, *En livsmedelsstrategi för Sverige – fler jobb och hållbar tillväxt i hela landet*.

energiskogsodling och beskogning tillämpas för att undvika negativa effekter på biologisk mångfald och kulturmiljö i landskapet.

Fånggrödor odlas i syfte att minska växtnäingsförlusterna efter huvudgrödans skörd, men de har också andra positiva egenskaper som att öka den biologiska mångfalden, minska erosion och förbättra markstrukturen. *Mellangrödor* odlas när odlingsmarken ligger obrukad med liknande syfte som fånggrödor men har fler sidonyttor. Blommande mellangrödor har potential att bidra med pollen och nektar till nyttoinsekter och på så vis öka insekternas närvaro i jordbruket. Att marken hålls bevuxen en större del av säsongen kan dessutom innebära skydd och möjligheter för övervintring för insekterna. Odling och skörd av mellangrödor har också potential att bidra med hållbar råvara för biogasproduktion.

Agroforestry på jordbruksmark kan bl.a. innebära såväl plantering av vindskydd och alléer som integrering av en ökad andel träd och buskar med odling eller djurhållning, vilket gör det extra viktigt att rätt marker och rätt trädslag används. Agroforestry har också potential att bidra till ökad biologisk mångfald, ökad kolinlagring, högre produktivitet, förbättrat näringsflöde samt möjlighet till bättre bekämpning av skadedjur och ogräs. En mosaik av öppen betesmark samt spridda trädgångar och skogspartier har i många fall högre biologiska värden än helt trädfria betesmarker, särskilt om dungarna och skogspartierna omges av bryn med buskar.⁵¹

Agroforestry kan även skapa biologiska korridorer mellan andra habitat, t.ex. skogspartier, vilket förbättrar möjligheten för många arter att föröka sig i landskapet. Effekten på biologisk mångfald av trädplantering på befintlig betesmark beror också till stor del på betesmarkens naturvärden före planteringen.

Energiskogsodling med salix eller andra snabbväxande lövträd på åkermark kan tillföra ökad biologisk mångfald i ett landskapsperspektiv, särskilt om alternativet är spannmålsodling, granskogsplantering eller träda på åkermark i homogena jordbrukslandskap.⁵² I ett öppet odlingslandskap har energiskogen mer att tillföra för många arter, och närhet till naturliga skogsbestånd eller grupper av äldre, inhemska lövträd ger bättre förutsättningar för både växt- och djurarter att sprida sig in i energiskogen.⁵³

⁵¹ Olsson m.fl. (2008).

⁵² Weih (2006).

⁵³ Baum m.fl. (2009).

Det intensiva jordbruket leder till homogena landskap som kan missgynna artrikedomen och därmed målet om ett rikt växt- och djurliv. När energiskog etableras i anslutning till skogsmark, väg eller vatten kan odlingarna bidra med vindskydd, ökad variation i landskapet samt knyta samman områden, vilket gynnar den biologiska mångfalden.⁵⁴ När det gäller fåglar och andra djur kan energiskogen gynna de arter som inte trivs i det öppna odlingslandskapet, medan de arter som trivs i öppna odlingslandskap kan missgynnas om energiskog planteras. Biodiversiteten när det gäller fågelarter beror till stor del på var i landskapet odlingen sker och beståndens storlek. *Salix* kan också fungera som pollenkälla för insekter tidigt på våren.

Även om det kan finnas positiva effekter med energiskogsodling är det viktigt att odlingarna inte anläggs i skyddsvärda naturmiljöer, t.ex. den kvarvarande åkermarken i en alltmer slutna skogsbygd, ängs- och betesmarker och andra landskapsområden där värdefull biologisk mångfald eller andra naturmiljövärden riskerar att skadas.

Beskogning avser i utredningens förslag främst marker som redan tagits ur bruk och i vissa fall börjat växa igen. Beskogning av nedlagd åkermark kan framför allt få effekter för miljö kvalitetsmålen *Ett rikt växt- och djurliv* och *Ett rikt odlingslandskap*. Intensivodling och skogsskötsel med kortare omloppstider och monokulturbildning begränsar generellt möjligheten för arter att etablera sig. Effekten varierar dock beroende på vilka trädslag som etableras.

Beskogning med lövträd bedöms generellt vara mer värdefullt för mångfalden för igenväxande betesmarker eller små åkrar jämfört med granplantering. Landskapsbilden påverkas i betydande grad negativt när åkermarker beskogas och variationen i landskapet begränsas. De marker som tidigare varit jordbruksmark och som redan tagits ur bruk finns av naturliga skäl framför allt i Götaland och Svealand men ofta handlar det om marginaliserade marker som ligger sämre till i landskapet.

Intensivodling och skogsskötsel med kortare omloppstider och monokulturbildning begränsar generellt möjligheten för arter att etablera sig. Den s.k. MINT-utredningen⁵⁵ bedömde att nära 400 rödlistade arter kan komma att påverkas när åkermark beskogas, framför allt i gränzoner mellan åkermark och andra biotoper.

⁵⁴ Niemi, Hjulfors och Hjerpe (2014).

⁵⁵ Larsson (2009).

Återvätning av dränerad torvmark ger flera samtidiga nyttor jämte att den minskar utsläppen av växthusgaser. Under de senaste 200 åren har en stor andel av de bördiga torvmarkerna dikats ut, eftersom de varit allra mest lönsamma att dika. Därför råder brist på denna typ av våtmarker i relation till vad som förlorats historiskt. Våtmarkerna utgör livsmiljöer för skyddsvärd flora och fauna, inte minst olika groddjur, och mål inom biologisk mångfald och övergödning pekar tydligt ut att restaurering eller anläggning av våtmark är viktiga åtgärder.

Åtgärden återskapar stora arealer våtmark på marktyper som dikats ut i mycket hög grad, framför allt i södra Sverige där enbart en liten opåverkad areal återstår. Den ökade tillgången på vatten i landskapet ökar även värdet hos intilliggande skogliga habitat för många arter.

Effekter på miljökvalitetsmålen av förslagen till bio-CCS-åtgärder

Utredningen förutsätter att styrmedel för att främja bio-CCS i Sverige utformas så att de i närtid i sig inte leder till att ytterligare verksamheter som förbränner biomassa etableras. Eftersom styrmedel för att främja bio-CCS inte ska leda till överkompensation, vilket också vore oförenligt med EU:s statsstödsregler, är det ovanstående antagandet rimligt. Det blir då den extra åtgången av el och värme för bio-CCS specifikt som kan få konsekvenser för den biologiska mångfalden genom att den kan leda till ett ökat uttag av biomassa.

I de fall när energiåtgång för koldioxidavskiljning primärt ersätter egen elproduktion blir konsekvenserna små för biomassaåtgången och därmed också för den biologiska mångfalden. Detta kan i synnerhet vara fallet vid bio-CCS tillämpat på massabruk och kraftvärmeverk (se avsnitt 20.8.2). Resonemanget förutsätter att el på marginalen inte produceras med biomassa, vilket bör vara ett rimligt antagande.

Vid sidan av massabruk och biobränsleeldade kraftvärmeverk finns den stora potentialen för bio-CCS i Sverige inom integrerade massa- och pappersbruk. Dessa kan utifrån platsspecifika förutsättningar komma att agera på olika sätt för att lösa det tillkommande energibehovet för bio-CCS. En möjlighet är att installera

ytterligare en biobränsleeldad panna, sannolikt eldad med restprodukter från skogsbruket, för att producera ånga och el. Detta ökar naturligtvis anläggningens användning av biomassa.

I avsnitt 20.8.2 redovisas en uppskattning av påverkan på biomassaanvändningen av 2 respektive 10 miljoner ton avskild biogen koldioxid genom bio-CCS. Avskiljning och komprimering av 2 miljoner ton biogen koldioxid uppskattas öka konsumtionen av biomassa med cirka 0,6 TWh. Motsvarande siffra för 10 miljoner ton avskild och komprimerad biogen koldioxid är cirka 5,5 TWh biomassa. Osäkerheten i beräkningar och antaganden är hög, men ökningen i biomassaåtgång bör landa i intervallet 3–8 TWh vid avskiljning och komprimering av 10 miljoner ton biogen koldioxid. Den ökade biomassaåtgång som förutses kan ställas i relation till den totala mängden biobränsle som 2017 tillfördes det svenska energisystemet, vilken var 143 TWh.⁵⁶

Det ökade uttaget av biomassa antas till stor del kunna bestå av restprodukter från skogsbruket och andra biogena restflöden även om efterfrågan och konkurrensen om biomassa kan komma att öka i framtiden, i en värld som ställer om. De aktörer där bio-CCS-tekniken bedöms kunna komma att tillämpas antas även i framtiden ha möjlighet att köpa in ytterligare biomassa för energiändamål, fast till högre priser, vid sidan av den bioråvara som behövs för produktionen i anläggningen. Hur konkurrensen om exempelvis grenar och toppar för bioenergiändamål kan komma att utvecklas i framtiden beror också på transportavstånd och hur transportkostnaderna utvecklas från olika avverkningsplatser.

Biokol

Enligt räkneexemplet i avsnitt 20.8.3 ovan kan användning av biokol i Sverige leda till ett ökat behov av biomassa. Biomassan som används antas i första hand härröra från biogent avfall i form av park- och trädgårdsavfall samt från restprodukter inom jordbruk, industri och skog, fast till högre priser än dagens. Resursanvändningen kan betraktas som hållbar om den baseras på ovan nämnda råvaror i mindre skala.

⁵⁶ Energimyndigheten (2019a).

Användning av biokol som jordförbättringsmedel kan dessutom ge sidonyttor i form av förbättrad jordstruktur och ökad infiltration. Enligt IPCC:s specialrapport om markanvändning och klimat kan användning av biokol som jordförbättringsmedel resultera i förbättrad vattenhållningskapacitet och bättre näringsnyttjande.

Användningen av biokol kan också leda till en ökad livsmedels-säkerhet, eftersom biokol bedöms kunna öka avkastningen med 25 procent på jordbruksmark i tropikerna, medan den ger mer begränsade effekter i tempererade områden.⁵⁷

Effekter på miljö kvalitetsmålen av åtgärder i andra länder

Väl genomförda samarbeten för utsläpps begränsningar i andra länder kan bidra till kunskapsöverföring, höjd kapacitet och höjd ambitionsnivå i värdländernas egna klimatplaner. Åtgärderna ska bidra till hållbar utveckling i värdländerna, spridningseffekter av lågutsläppsteknik samt ge stöd till arbetet i de internationella klimatförhandlingarna.

20.11 Effekter på konkurrensförhållanden, risk för koldioxidläckage

Utredningens huvudförslag inom LULUCF-sektorn bedöms inte få några konsekvenser för konkurrensförhållandena annat än att det kan bli konkurrens om tillgängliga stöd om intresset för att implementera åtgärderna som föreslås blir stort.

Det bedöms inte heller uppstå någon risk för koldioxidläckage, dvs. att utsläpp i Sverige flyttas någon annanstans till följd av förslagen inom LULUCF-området. Huvudförslagen rör framför allt åtgärder på jordbruksmark och tidigare jordbruksmark, vilka inte väntas inte ge någon betydande negativ effekt på biomassaproduktionen; snarare kan tillgången på biomassa öka genom ökad energiskogsodling och beskogning.

En viktig övergripande fråga är behovet av mark för livsmedelsproduktion och hur den utvecklas i framtiden. För livsmedelsproduktionen är det avgörande om en åtgärd utförs på mark som redan

⁵⁷ IPCC (2019).

tagits ur produktion eller inte. Livsmedelsproduktionen påverkas t.ex. inte om odling av energiskog och återvätning av organogen mark sker på övergiven mark som inte längre odlas. De scenarier som använts i analyserna pekar mot att stora arealer kommer tas ur bruk i framtiden, i linje med den historiska trenden. Samtidigt pekar uppskattningar av den globala livsmedelsförsörjningen på stora behov av livsmedelsproduktion på nordligare breddgrader i framtiden, vilket gör att permanent omföring av mark i alltför stor utsträckning bör undvikas.

Utredningens åtgärdsförslag och utformningen av styrmedel har som en utgångspunkt att inte stå i strid med målen i Livsmedelsstrategin, där det övergripande målet är en konkurrenskraftig (svensk) livsmedelskedja där den totala livsmedelsproduktionen ökar samtidigt som relevanta nationella miljömål nås, i syfte att skapa tillväxt och sysselsättning samt bidra till hållbar utveckling i hela landet. Produktionsökningen, både konventionell och ekologisk, bör svara mot konsumenternas efterfrågan. En produktionsökning skulle kunna bidra till en ökad självförsörjningsgrad av livsmedel. Sårbarheten i livsmedelskedjan ska minska.

När det gäller bio-CCS är förslagen utformade så att de inte ska medföra kostnadsökningar i produktionen hos de företag som inför tekniken, vilket i sin tur leder till att risken för koldioxidläckage minimeras samtidigt som företagets konkurrenskraft troligen ökar när de kan visa att de produkter de säljer bidrar till nettonegativa utsläpp.

I avsnitt 20.12.3 *Regionalpolitik och konsekvenser för enskilda och företag* berörs dessa aspekter ytterligare.

20.12 Andra konsekvenser

20.12.1 Förslagets förenlighet med EU-rätten inklusive reglerna om statligt stöd

Utredningens bedömning

Några förslag rör förändringar av EU-lagstiftningen i syfte att göra förslagen förenliga med EU-rätten. Bemyndiganden för ändringar i EU-rättsakter finns i 10 kap. regeringsformen.

Skäl för utredningens bedömning

EU:s gemensamma jordbrukspolitik

De förslag som rör åtgärder på jordbruksmark omfattas av möjligheten att använda de stödformer som ingår i EU:s gemensamma jordbrukspolitik. En ny period gäller från 2021 och ett nytt landsbygdsprogram tas fram för närvarande. Alla åtgärder som rör ökad kolinlagring på jordbruksmark kommer kunna ingå i det nya programmet som ska gälla från 2021.

Sverige har möjlighet att se över och undersöka möjlig utformning av både befintliga och nya åtgärder för att gynna kolinlagring på jordbruksmark inom de ramar som satts för landsbygdsprogrammet. Det är också möjligt att se över ersättningsnivåerna.

LULUCF-förordningen och ansvarsfördelningsförordningen

Inom EU påverkar åtgärder inom LULUCF-sektorn Sveriges möjligheter att nå de åtaganden landet har inom EU.

I LULUCF-sektorn ska bokförda kategorier sammantaget inte generera nettoutsläpp. Om så är fallet ska underskottet kompenseras med överskott från den icke-handlande sektorn (ESR-sektorn), dvs. de utsläpp som omfattas av reglerna enligt EU:s ansvarsfördelningsförordning⁵⁸ eller genom EU:s utsläppshandelssystem⁵⁹. Om LULUCF-aktiviteterna sammantaget leder till ett nettoupptag får en del av överskottet, upp till ett förutbestämt maxvärde, användas för att täcka eventuellt underskott i ESR-sektorn.

EU:s utsläppshandelssystem

I dag är endast transporter via rörledningar av koldioxid för lagring tillståndspliktiga i EU:s utsläppshandelssystem. Utredningen föreslår i kapitel 12 att även andra transporter av koldioxid för lagring

⁵⁸ Europaparlamentets och rådets förordning 2018/842/EU av den 30 maj 2018 om medlemsstaternas bindande årliga minskningar av växthusgasutsläpp under perioden 2021–2030 som bidrar till klimatåtgärder för att fullgöra åtaganden enligt Parisavtalet (*Effort Sharing Regulation*).

⁵⁹ Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG av den 13 oktober 2003 om ett system för handel med utsläppsrätter för växthusgaser inom gemenskapen.

bör vara tillståndspliktiga enligt handelsdirektivet⁶⁰. Därefter bör Europeiska kommissionens genomförandeförordning om att övervaka och rapportera växthusgasutsläpp⁶¹ och kommissionens genomförandeförordning om att verifiera uppgifter och ackreditera kontrollörer⁶² ändras dels så att det finns en godkänd metod att övervaka koldioxiden under transporten, dels så att det blir möjligt att genom massbalansmetod särskilja biogen och fossil koldioxid under transporten till lagringsplatsen samt vid lagringen utan att allt betraktas som fossil koldioxid.

Utredningen föreslår även att Sverige, som ett av flera alternativ för att skapa incitament för bio-CCS på europeisk nivå, kan verka inom EU för att krediter från bio-CCS ska få användas inom utsläppshandelssystemet och att det totala antalet utsläppsrätter justeras om så sker.

Utredningen föreslår sammantaget ändringar av utsläppshandelssystemet så att utredningens uppdrag kan nås.

Statligt stöd

I både gruppundantagsförordningen⁶³ och i Europeiska kommissionens riktlinjer för statligt stöd till miljöskydd och energi⁶⁴ definieras koldioxid under energiinfrastruktur som rörledningar, inbegripet tillhörande förstärkningsstationer för transport av koldioxid till lagringsanläggningar, i syfte att injektera koldioxiden i en lämplig underjordisk geologisk formation för permanent förvaring.⁶⁵ Utredningen föreslår att även andra transporter av koldioxid än genom rörledningar ska läggas till i förordningens och riktlinjernas definitioner.

⁶⁰ Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG av den 13 oktober 2003 om ett system för handel med utsläppsrätter för växthusgaser inom gemenskapen.

⁶¹ Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2018/2066 av den 19 december 2018 om övervakning och rapportering av växthusgasutsläpp i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG.

⁶² Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2018/2067 av den 19 december 2018 om verifiering av uppgifter och ackreditering av kontrollörer i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG.

⁶³ Kommissionens förordning (EU) nr 651/2014 av den 17 juni 2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget.

⁶⁴ Meddelande från Kommissionen: Riktlinjer för statligt stöd till miljöskydd och energi för 2014–2020, (2014/C 200/01).

⁶⁵ Artikel 2, punkt 130 d i gruppundantagsförordningen och riktlinjernas definition i 1.3 (31) d.

EU:s riktlinjer gäller endast 2014–2020.⁶⁶ Utredningens förslag är att Sverige bör föreslå att möjligheterna att ge statsstöd enligt gruppundantagsförordningen och riktlinjerna för statligt stöd till avskiljning och lagring av koldioxid förlängs under en längre tid, eftersom de långa ledtiderna och behovet av långsiktighet gör att statligt stöd till CCS och bio-CCS behöver kunna ges under lång tid framöver.

Statligt stöd som utbetalas till projekt inom bio-CCS enligt utredningens förslag måste följa reglerna för statligt stöd vilket anges i en föreslagen ny förordning (se vidare i 20.13.2, *Konsekvenser av utredningens förslag till författningsändringar*). Det framgår även av utredningens förslag att statligt stöd inte får överkompensera en verksamhetsutövare som investerar i eller driver en anläggning som tillämpar bio-CCS för den tillkommande kostnaden.

Utredningen föreslår sammantaget ändringar av reglerna för statligt stöd så att utredningens uppdrag kan nås.

20.12.2 Förslagets förenlighet med internationell rätt

Utredningens bedömning

Bemyndiganden för ändringar i internationella konventioner finns i 10 kap. regeringsformen. De ändringar som föreslås är i enlighet med ändringsförfarandena i internationell rätt.

Skäl för utredningens bedömning avseende förslagen som ökar kolsänkan

Det finns inga internationella konventioner som direkt begränsar möjliga åtgärder inom LULUCF-sektorn i Sverige. Däremot kan åtgärder inom sektorn påverka möjligheterna att nå internationella överenskommelser inom miljöområdet.

Sverige bokför utsläpp och upptag för LULUCF-aktiviteterna beskogning, avskogning och skogsbruk enligt *Kyotoprotokollet*⁶⁷.

⁶⁶ Kommissionen har föreslagit en förlängning av en rad statsstödsregelverk med två år för att hinna byta ut kommissionen och genomföra den utvärdering som en eventuell ändring av reglerna kräver, se European Commission, Competition, State Aid: *Fitness Check of the 2012 State aid modernisation package, railways guidelines and short-term export credit insurance*.

⁶⁷ Kyotoprotokollet till Förenta nationernas ramkonvention den 9 maj 1992 om klimatförändringar.

Utfallet för dessa bokföringsaktiviteter påverkas dock sannolikt inte av föreslagna åtgärder, eftersom protokollets regelverk bara gäller till 2020.

I *Parisavtalet* finns inga gemensamma regler för hur LULUCF-sektorn ska inkluderas. Sveriges åtaganden om utsläppsminskningar regleras i EU:s gemensamma utfästelse (s.k. *nationally determined contributions*, NDC:s), vilken i sin tur regleras mellan EU:s medlemsstater genom ansvarsfördelningsförordningen och LULUCF-förordningen.

Målen för arbetet inom *konventionen om biologisk mångfald*⁶⁸ är att bevara och hållbart nyttja biologisk mångfald samt att nyttan som uppstår vid användandet av genetiska resurser ska fördelas rättvist. Bevarandet av biologisk mångfald omfattas av en strategisk plan som parterna till konventionen antog 2010. Planen innehåller 20 delmål som kallas Aichimålen. Målen handlar om att minska den direkta påverkan och förbättra situationen för biologisk mångfald samt öka nyttan av ekosystemtjänster för alla. Dessa mål har Sverige införlivat i det nationella miljömålsarbetet.

De åtgärder som föreslås av utredningen har formulerats så att riktlinjer och rådgivning för implementering av åtgärder utformas så att andra miljömål inte ska påverkas. Bedömningen av omfattningen har också tagit hänsyn till att andra mål måste beaktas, vilket lett fram till att den tekniska potentialen (arealen) minskat kraftigt.

Samtidigt finns ingen fullständig analys av hur mycket mark av olika slag som kan behöva skyddas i någon form för att Sverige ska leva upp till internationella åtaganden. När det gäller skog har Skogsutredningen 2019 (M 2019:02) i uppdrag att undersöka möjligheterna och lämna förslag på åtgärder för stärkt äganderätt till skog, nya flexibla skydds- och ersättningsformer vid skydd av skogsmark samt hur internationella åtaganden om biologisk mångfald ska kunna förenas med en växande cirkulär bioekonomi.⁶⁹

*Ramsarkonventionens*⁷⁰ definition av våtmarker rymmer många olika miljöer. Förutom myrar, sumpskogar, strandmiljöer, svämmarker och våta gräsmarker omfattar konventionen även vattendrag, sjöar och grunda marina områden. Världens naturliga våtmarker och vattenmiljöer är mycket värdefulla och har många funktioner som är

⁶⁸ Konventionen om biologisk mångfald, CBD.

⁶⁹ Stärkt äganderätt, flexibla skyddsformer och naturvård i skogen (dir. 2019:46).

⁷⁰ Konventionen om våtmarker av internationell betydelse, i synnerhet såsom livsmiljö för våtmarksfåglar.

till nytta för människan. Exempelvis bidrar de till mat- och vattenförsörjning samt vattenrening och kollagring.

Parterna till Ramsarkonventionen förbinder sig att

- verka för markplanering och förvaltning som tar hänsyn till våtmarker och vattenmiljöer,
- främja forskning och utbildning samt
- samarbeta med andra länder i frågor som rör konventionen, i synnerhet rörande gränsöverskridande våtmarker och vattensystem.

Utredningens förslag bedöms inte påverka konventionens mål negativt utan snarare i positiv riktning genom förslaget om återvätning.

Skäl för utredningens bedömning avseende förslagen om CCS och bio-CCS

Som framgår av kapitel 12 reglerar eller påverkar flera internationella konventioner CCS och bio-CCS.

Enligt *havsrättskonventionen*⁷¹ har kuststater suveräna rättigheter över kontinentalsockeln i syfte att utforska den och utvinna dess naturtillgångar. Huvudregeln är att även om en kuststat får ställa vissa villkor för utläggandet utanför kuststatens territorialhav kan kuststaten inte vägra andra stater att lägga ut undervattenskablar och rörledningar på kontinentalsockeln.

*Londonprotokollet*⁷² tillåter numera geologisk lagring av koldioxid under havsbotten genom ett tillägg till protokollet men förbjuder export av avfall eller annat material för dumpning. För att göra det möjligt att transportera koldioxid för lagring hos annan part gjordes en ändring av Londonprotokollet 2009. Ändringen har inte trätt i kraft än men protokollets 14:e partsmöte beslutade den 7–11 oktober 2019 att anta en resolution om att tillåta en provisorisk tillämpning av möjligheten att transportera koldioxid för lagring hos annan part till dess ändringen träder i kraft. Det är alltså numera möjligt att transportera koldioxid för lagring hos annan part om de parter som vill tillämpa ändringen deponerar en avsiktsdeklaration om proviso-

⁷¹ Förenta nationernas havsrättskonvention. United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS.

⁷² 1996 års protokoll till 1972 års konvention om förhindrandet av havsföroreningar till följd av dumpning av avfall och annat material.

risk tillämpning av ändringen samt det avtal om export som har ingåtts mellan de berörda parterna hos Internationella sjöfartsorganisationen (IMO).

*Helsingforskonventionen*⁷³ innehåller inget undantag för geologisk lagring av koldioxid av det slag som finns i Londonprotokollet.

*Osparkonventionen*⁷⁴ har ändrats så att den överensstämmer med CCS-direktivet⁷⁵.

Om vissa angivna verksamheter eller åtgärder kan antas medföra en betydande miljöpåverkan i ett annat land, eller om ett land kan komma att påverkas betydligt av verksamheten, ska enligt *Esbokonventionen*⁷⁶ det andra landet ges möjlighet att delta i miljöbedömningen.

I *konventionen om biologisk mångfald* (CBD) finns ett moratorium om geoengineering, enligt vilket parterna ska säkerställa att inga klimatrelaterade geoengineering-aktiviteter som kan påverka biologisk mångfald äger rum tills det finns tillräckligt med vetenskaplig bas som rättfärdigar sådana aktiviteter. Moratoriet gäller dock inte koldioxidinfångning och lagring från fossila bränslen om koldioxiden fångas in innan den når atmosfären. Eftersom fossil CCS uttryckligen är undantaget bedömer utredningen att moratoriet måste anses omfatta bio-CCS.

Utredningen föreslår att Londonprotokollets ändring om transport av koldioxid för lagring hos annan part ratificeras samt att ändringar av eller tillägg till Helsingforskonventionen och konventionen om biologisk mångfald görs.

Även om ändringen av Londonprotokollet numera kan tillämpas provisoriskt föreslår utredningen att Sverige ratificerar ändringen eftersom Sverige bör exportera koldioxid för geologisk lagring i andra länder. Ytterligare skäl för att Sverige behöver ratificera ändringen är att Londonprotokollets exportförbud kan motverka genomförandet av CCS-direktivet, eftersom direktivet ändrar EU:s avfalls-lagstiftning och möjliggör export enligt EU-rätten. Sverige bör därför driva att alla parter till protokollet som är EU-medlemsstater ratificerar ändringen. Till dess att ändringen träder i kraft bör Sverige tillämpa ändringen provisoriskt. När Sverige har ingått ett bilateralt avtal om export av koldioxid bör Sverige därför deponera en dekla-

⁷³ 1992 års konvention om skydd av Östersjöområdets marina miljö.

⁷⁴ Konventionen för skydd av den marina miljön i Nordostatlanten.

⁷⁵ Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/31/EG av den 23 april 2009 om geologisk lagring av koldioxid.

⁷⁶ Konventionen om miljökonsekvensbeskrivningar i ett gränsöverskridande sammanhang.

ration om provisorisk tillämpning tillsammans med exportavtalet hos IMO.

Utredningen föreslår i kapitel 12 att Sverige ska ta initiativ till att parterna till Helsingforskonventionen ändrar konventionen eller antar en resolution om tolkning av konventionen som innebär att geologisk lagring i havsbotten tillåts. EU är part till konventionen. Internationella avtal som EU är bunden av är inom EU-rätten överordnade sekundärrättsakter som CCS-direktivet. Sverige har därför, förutom en folkrättslig förpliktelse, även en EU-rättslig förpliktelse att inte tillåta injektering av koldioxid i havsbotten inom Helsingforskonventionens tillämpningsområde.⁷⁷ Även om utredningens ställningstagande är att avvakta med lagring i Sverige i närtid följer av kravet på lojalt samarbete i artikel 4 i fördraget om Europeiska unionen att Helsingforskonventionen måste vara förenlig med CCS-direktivet.

Sverige bör verka för att beslutet om moratoriet om geoen지니어ing som fattades av CBD:s tionde partsmöte ändras, eftersom det finns risk för att moratoriet tolkas och tillämpas på ett sätt som innebär att det utgör ett hinder för att utveckla bio-CCS i Sverige och andra länder och därmed i förlängningen till att infria Parisavtalets mål.

20.12.3 Regionalpolitik och konsekvenser för enskilda och företag

Utredningens bedömning

Förslagen som rör åtgärder på jordbruksmark och tidigare jordbruksmark bedöms inte öka sysselsättningen eller befolkningstillväxten. När det gäller återvätning av dränerad torvmark kan det öka sysselsättningen i de regioner där åtgärden är aktuell. Förslagen har ingen eller liten påverkan för boende och andra som vistas på landsbygden.

Förslagen som möjliggör CCS/bio-CCS kan öka sysselsättningen och befolkningstillväxten i de regioner där aktuella företag är belägna.

Förslagen på området utsläpps begränsningar i andra länder bedöms inte medföra några regionalpolitiska konsekvenser.

⁷⁷ Se även Langlet (2018).

Skäl för utredningens bedömning avseende förslagen om åtgärder inom LULUCF-sektorn

Utredningens förslag som rör hur befintlig jordbruksmark används och hur jordbruksmark som tidigare tagits ur produktion kan nyttjas, berör lantbrukare och lantbruksföretag som väljer att vidta föreslagna åtgärder och ta del av de stöd som åtgärderna berättigar till. Utredningen föreslår utökade resurser till berörda myndigheter för insatser som rör information och vägledning, i syfte att underlätta för berörda företag att söka de ersättningar och genomföra de åtgärder som utredningen föreslår. Åtgärderna är frivilliga för företagen och de transaktionskostnader som kan uppkomma hos dem som är intresserade bedöms sjunka till låga nivåer till följd av de föreslagna resursförstärkningarna.

Åtgärderna på befintlig jordbruksmark bedöms rymmas inom ordinarie verksamheter och påverkar därför inte sysselsättningen i någon större utsträckning.

Ett undantag är dock energiskogsodling. Plantering och skörd av salix kräver speciella maskiner. De flesta odlare skriver kontrakt med en köpare som då köper salixen på rot. Behovet av att på gårdsnivå göra dyra investeringar är alltså lågt. Jämfört med att odla exempelvis spannmål innebär salix en mer extensiv odling. Skörd sker i genomsnitt vart tredje till femte år och om man vill ta vara på salixens hela livscykel är marken låst i cirka 25 år. Att odla salix kan därmed innebära färre person- och maskintimmar i jordbruksföretaget.

En invändning mot energiskogsodling är att marken under en längre tid inte kan användas för annan jordbruksproduktion. Till skillnad för vad som gäller plantering med traditionella skogsträd är det dock normalt inga problem att avsluta energiskogsodlingen och åter bereda marken för andra grödor, även om grödan är förknippad med hög återställningskostnad av åkermarken när odlingen bryts.

Beskogning av tidigare jordbruksmark och förbättrad skötsel av mark som börjat växa igen bör kunna öka sysselsättningen något för företag inom skogsnäringen. Samtidigt handlar det i varje förekommande fall om relativt små arealer, vilket troligen kan rymmas inom ordinarie verksamheter. Plantering av träd på åkermark kan kräva en relativt intensiv skötsel av planteringen och på näringsrika åkrar växer träden snabbt. Tidiga röjningar, gallringar med korta intervall och en kort omloppstid kännetecknar skötseln av åkerplanteringar. En posi-

tiv konsekvens för markägaren är förstas den ökade virkesproduktionen. Med en omloppstid om 50 år kan ett planterat bestånd producera 400 kubikmeter per hektar, huvudsakligen som sågtimmer.

Åtgärden återvätning av dränerad torvmark kan minska tillgången på odlingsbar mark och skogsråvara. Skogsråvaran från dessa marker kan ha ett visst ekonomiskt värde men bör inte räknas som klimatnyttig på samma sätt som biomassa som vuxit på vanlig mark, på grund av utsläppen från marken. Odlingsintensiteten är i allmänhet lägre på de organogena jordarna än på mineraljordar, och arealen jordbruksmark på organogen jord har minskat i snabbare takt än den totala minskningen av jordbruksmark.

Återvätning är också en aktivitet som kommer att skapa arbetstillfällen för företag som jobbar inom markarbeten och anläggning, eftersom åtgärden tillämpas i begränsad omfattning i dag jämfört med den omfattning som utredningen föreslår. Baserat på Skogsstyrelsens tidigare bedömningar om åtgärden kan arbete skapas för lokala företag som utför grävarbeten motsvarande 400 miljoner kronor under en tioårsperiod.

Åtgärden kommer kunna tillämpas över i stort sett hela landet men den bedöms ge störst klimatnytta på bördiga torvmarker i norra Sverige och på de flesta dikade torvmarker i södra Sverige, där även andelen lämplig mark är störst. I den fördjupade utvärderingen föreslås att åtgärder till att börja med bör riktas mot dikade skogliga torvmarker som har mycket låg produktivitet samt övergivna, tidigare agrara, torvmarker som har ett stort torvdjup men som inte övergått till produktiv skogsmark.

Tanken är att det är mark som tagits ur jordbruksproduktion och som inte föryngrats, alternativt nyligen kalavverkats, som kommer i fråga för åtgärden. Troligtvis är det marker där markägaren inte vill lägga resurser på högre produktion, och därigenom bör inte utbudet av skogsråvara minska i någon högre grad. På längre sikt kan utbudet för skogsindustrin minska medan det på kortare sikt kan öka eftersom åtgärden kan tidigarelägga avverkningen på vissa objekt.

Ingen eller liten påverkan för boende och andra som vistas på landsbygden

De flesta av utredningens förslag som rör LULUCF-sektorn påverkar inte miljön i sådan utsträckning att det får konsekvenser för boende och andra som vistas på landsbygden.

När det gäller fånggrödor, mellangrödor och agroforestry är utgångspunkten att åtgärderna inte påverkar befintlig markanvändning eller situationen för boende och andra som vistas i sådana miljöer. I en intervjustudie i en svensk skogsbygd värdesattes agroforestry nästan lika högt av befolkningen som fortsatt traditionellt jordbruk och betesdrift utan träd. Sämst ansåg de intervjuade att spontan igenväxning och granplantering var.⁷⁸ Andra undersökningar visar ett troligt samband mellan omgivande markanvändning och marknadsvärdet av bostadsfastigheter som antyder att agroforestry kan vara minst lika bra ur boendemiljösynpunkt som fortsatt traditionellt jordbruk.

En mosaik av öppen betesmark och spridda trädjungar och skogspartier har i många fall högre biologiskt värde än helt träd fria betesmarker, särskilt om dungarna och skogspartierna omges av bryn med buskar.⁷⁹

Energiskogsodling med t.ex. högväxande salix kan lokalt förändra landskapet och påverka hur de närboende uppfattar den omgivande miljön. Påverkan på landskapet måste dock värderas i relation till hur marken annars skulle ha använts. Den mark som avses i denna utredning är framför allt mark som annars skulle tagits ur bruk och så småningom förmodligen vuxit igen.

När det gäller beskogning är allmänhetens inställning till igenväxning i allmänhet negativ, i synnerhet till plantering av s.k. granåkrar på jordbruksmark. Det finns en generell, och ofta stark, skepsis till att marker som brutits och brukats av tidigare generationer planteras igen. Utredningens förslag inkluderar en analys av vilka marker som kan vara lämpliga och vad som kan planteras utan att andra miljömål och landskapsvärden försvinner. Sannolikt kommer det företrädesvis att handla om att plantera lövträd, vilket i många fall förbättrar landskapsbilden och gör att intrycket för allmänheten blir mer positivt.

⁷⁸ Drake m.fl. (1991).

⁷⁹ Olsson m.fl. (2008).

Återvätning av torvmark ökar tillgången på naturliga våtmarker och därtill hörande växt- och djurliv i landskapet, vilket kan upplevas som positivt för boende och andra som vistas i landskapet. Vissa typer av avrinningsområden motverkar dessutom eventuellt översvämningsriskerna nedströms.

När det gäller livsmedelsproduktionen är utgångspunkten för utredningens förslag att de riktlinjer för utformning av åtgärder som ska tas fram av berörda myndigheter ska ta hänsyn till andra miljömål och målen i Livsmedelsstrategin. Förslagen påverkar bara i liten utsträckning den areal som används för livsmedelsproduktion i dag. Åtgärder som förändrar markanvändningen rör främst jordbruksmark som redan tagits ur bruk, dvs. ofta marker som redan i dag är marginaliserade.

Förslagets konsekvenser för biologisk mångfald beskrivs i avsnitt 20.10.1.

Skäl för utredningens bedömning avseende förslagen som möjliggör CCS inklusive bio-CCS

Utredningens förslag gör att det blir möjligt att tillämpa CCS inklusive bio-CCS, vilket kan öka sysselsättningsgraden vid de företag som väljer att nyttja denna möjlighet. Företag som potentiellt skulle kunna tillämpa CCS inklusive bio-CCS är lokaliserade utmed hela den svenska kusten från norr till söder samt vid Vänern och Mälaren.

Eftersom avskiljning är en frivillig verksamhet blir en sådan verksamhet endast aktuell om den blir lönsam, vilket då kan leda till ökad sysselsättning och en ökad befolkning på de orter där de aktuella företagen redan är lokaliserade. Effekten förväntas dock bli liten under driftsfasen. Under konstruktionsfasen av en avskiljningsanläggning sysselsätts dock ett större antal personer under en begränsad tidsperiod, och små och medelstora företag kan gynnas genom att kontrakteras som underleverantörer.

Koldioxidavskiljning kommer i första hand att vara aktuellt för större företag. Konsekvenserna för små och medelstora företag förväntas därmed bli liten.

Förslagen till utökade resurser hos berörda myndigheter för att på olika sätt underlätta för genomförande av bio-CCS syftar till att sänka trösklar och minska transaktionskostnaderna för de företag som är intresserade av att genomföra den här typen av åtgärder.

20.12.4 Konsekvenser för myndigheter och allmänna domstolar

Utredningens bedömning

Förslagen om att öka kolsänkan och minska utsläppen medför tillkommande arbetsuppgifter för alla berörda myndigheter.

De tillkommande årliga arbetsuppgifterna 2021–2030 uppskattas totalt motsvara 10 årsarbetskrafter för Jordbruksverket för rådgivning, 10–15 årsarbetskrafter för Skogsstyrelsen för rådgivning och 20–25 årsarbeten primärt för Skogsstyrelsen för återvätningsinsatsen. Hur behovet fördelas mellan myndigheterna bestäms när återvätningsinsatsen detaljplaneras.

Utöver de årliga insatserna ovan bedöms utformning av riktlinjer och kriterier m.m. för åtgärderna till största delen rymmas inom ordinarie budget men ytterligare cirka 5 årsarbeten totalt för administrativa insatser vid myndigheterna kan tillkomma (se nedan).

Förslagen som rör CCS inklusive bio-CCS medför tillkommande arbetsuppgifter för Energimyndigheten. De tillkommande arbetsuppgifterna uppskattas motsvara 3–4 årsarbetskrafter. Förslagen leder till marginellt fler ärenden och mål hos länsstyrelsernas miljöprövningsdelegationer samt mark- och miljödomstolarna, vilket beräknas rymmas inom den ordinarie verksamheten.

Förslaget om ett nytt program för resultatbaserad klimatfinansiering av utsläppsbegränsningar i främst medelinkomstländer bedöms inte medföra några nya arbetsuppgifter för Energimyndigheten.

Skäl för utredningens bedömning avseende tillkommande uppgifter inom LULUCF-sektorn

Utredningen lämnar förslag som får konsekvenser för flera myndigheter. Skogsstyrelsen, Jordbruksverket, länsstyrelserna och Naturvårdsverket berörs av tillkommande regeringsuppdrag, vilka i flera fall bedöms rymmas inom myndigheternas ordinarie verksamhet och kan klaras utan resurstillskott; uppdrag och uppgifter och en bedömning av extra insatser redovisas nedan.

Jordbruksverket föreslås få i uppdrag att

- ta fram underlag för att utveckla och intensifiera befintlig rådgivning vad gäller föreslagna åtgärder och vilka stöd som kan sökas.
- se över utformningen av åtgärder inom landsbygdsprogrammet samt ersättningsnivåerna för aktuella åtgärder.

Uppdraget om rådgivning bedöms innebära extra arbete utöver myndighetens ordinarie arbete med cirka 10 årsarbetskrafter över en 10-årsperiod.

Skogsstyrelsen föreslås få i uppdrag att

- ta fram förslag rörande stödformer m.m. för beskogning och optimerad skötsel av självsådd skog på tidigare jordbruksmark,
- genomföra en rådgivningsverksamhet med information om åtgärder som leder till ökad kolinlagring och bevarad kolsänka samt om skadeförebyggande och klimatanpassande åtgärder samt
- fortsätta arbetet med för att övervaka och bekämpa befintliga och nya skadegörare; i budgeten för 2020 tillför regeringen Skogsstyrelsen medel under 2020–2022 för hantering av skogsskador och för att stödja arbetet med att bekämpa angrepp av granbarkborre.

De tillkommande arbetsuppgifterna för dessa uppdrag uppskattas motsvara 10–15 årsarbetskrafter på myndigheten.

Skogsstyrelsen föreslås också tilldelas ett anslag på totalt 15 miljoner kronor 2021–2023 för forskning som syftar till att öka kunskapen om växthusgasbalanser för olika typer av torvmarker, om effekterna av att våtmark återskapas på dessa marker samt om hur olika klimatinducerade skador på skog ska kunna begränsas. De tillkommande arbetsuppgifterna för att administrera dessa utlysningar uppskattas motsvara mindre än 1 årsarbetskraft.

Uppdragen till Jordbruksverket, länsstyrelserna och Skogsstyrelsen om att utforma kriterier för vilken mark som är lämplig för agroforestry samt utforma kriterier för vilken mark (tidigare jordbruksmark) som är lämplig för beskogning och vilka trädslag som är lämpligast för åtgärden, bedöms rymmas inom ordinarie budget.

Skogsstyrelsen och länsstyrelserna i samråd med Jordbruksverket föreslås få i uppdrag att utveckla rådgivning för återvättningsprojekt. Återvättningsaktiviteter bedöms också innebära extra administration för planering och uppföljning utöver den administration som redan finns inom befintliga stödprogram. De tillkommande arbetsuppgifterna rörande återvättningsprojekt uppskattas motsvara 20–25 årsarbetskrafter totalt.

Naturvårdsverket i samråd med Jordbruksverket föreslås få i uppdrag att analysera hur effekten på växthusgasbalansen av exploatering av mark ska beräknas och hur utsläppen kan begränsas, t.ex. genom att exploateringen styrs till annan mark eller att effekten begränsas på annat sätt. Uppdraget bedöms rymmas inom ordinarie budget.

Naturvårdsverket föreslås få i uppdrag att utveckla förslag på ett system för att uppskatta, redovisa och verifiera vidtagna kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn samt uppskatta kostnaden för ett sådant system. Uppdraget ska ske i samråd med Jordbruksverket och Skogsstyrelsen, så att systemet på ett kostnadseffektivt sätt drar nytta av den rapportering som görs av utfallet inom landsbygdsprogrammet och av den uppföljning som görs av rådgivningsinsatser och stöd till återvättningsprojekt. Uppdraget bedöms preliminärt rymmas inom ordinarie budget, men kostnader kan tillkomma för utveckling av systemet för klimatrapportering så att det också inkluderar den uppföljning av kompletterande åtgärder som Naturvårdsverket svarar för.

Naturvårdsverket föreslås vara ansvarig myndighet för att följa upp och redovisa kompletterande åtgärder inom LULUCF-sektorn. Det administrativa arbetet på myndigheten bedöms rymmas inom ordinarie verksamhet med uppföljning och rapportering. Däremot bedöms kostnaden för själva systemet kunna öka jämfört med dagens system.

En åtgärd som innebär att jordbruksmark tas ur jordbruksproduktion får vidtas först efter anmälan om samråd till länsstyrelsen, om inte åtgärden är av ringa betydelse för jordbruket på brukningsenheten eller för natur- och kulturmiljön. Utredningen bedömer att den mark som tas ur produktion är sådan mark som redan tagits, eller skulle tagits, ur produktion och att förslagen därför inte innebär någon ökning av antalet anmälda samråd.

Länsstyrelsen är ansvarig tillsynsmyndighet när jordbruksmark tas ur jordbruksproduktion. I denna tillsyn inkluderas bl.a. plantering av skog på åkermark och plantering av skog på ängs- eller betesmark. Den plantering av skog som föreslås här bedöms redan ha föregåtts av att jordbruksmarken tagits ur produktion, vilket innebär att tillsynen inte bedöms behöva öka i nämnvärd omfattning.

När det gäller återvätning av dränerad torvmark är tillförsel av vatten för att öka grundvattenmängden eller utförande av en anläggning eller en annan åtgärd för detta en tillstånds- eller anmälningspliktig vattenverksamhet.⁸⁰ Om vattenverksamheten innebär anläggande av våtmark där vattenområdet har en yta som inte överstiger fem hektar är den normalt sett anmälningspliktig.⁸¹ Detta innebär att aktiviteten återvätning av dränerad torvmark kan medföra en ökad börda för prövnings- och tillsynsmyndigheter framför allt när det gäller den återvätning som blir anmälningspliktig eftersom bedömningen är att majoriteten av återvätningsobjekten som är aktuella är mindre än fem hektar. De tillkommande arbetsuppgifterna bedöms motsvara 1 årsarbetskraft hos länsstyrelserna totalt. De tillståndspliktiga vattenverksamheterna bedöms rymmas inom mark- och miljödomstolarnas ordinarie verksamhet.

Skäl för utredningens bedömning avseende förslagen om CCS inklusive bio-CCS

Utredningen lämnar förslag som får konsekvenser för myndigheter. Energimyndigheten, Naturvårdsverket och Sveriges geologiska undersökning (SGU) berörs på kort sikt av tillkommande regeringsuppdrag. Dessa uppdrag bedöms dock rymmas inom myndigheternas ordinarie verksamhet och kan klaras utan resurstillskott.

Energimyndigheten föreslås få utökade uppgifter. Utredningen föreslår att ett nationellt centrum för CCS inklusive bio-CCS inrättas vid myndigheten och att myndigheten administrerar omvända auktioner för bio-CCS. Dessutom föreslås myndigheten få ett samordningsansvar för CCS och bio-CCS. De tillkommande arbetsuppgifterna uppskattas motsvara 3–4 årsarbetskrafter.

⁸⁰ 11 kap. 3 § 7, 9 och 9 a §§ miljöbalken.

⁸¹ 19 § 1 förordningen (1998:1388) om vattenverksamheter.

Naturvårdsverket och SGU berörs av att aktiviteten på CCS-området ökar i Sverige. Merarbetet bedöms dock rymmas inom myndigheternas ordinarie verksamhet och kan klaras utan resurstillskott.

Utredningens förslag innebär inte att det tillkommer ytterligare ärende- eller måltyper till miljöprövningsdelegationer eller mark- och miljödomstolarna. Anläggningar för geologisk lagring av koldioxid som gäller en sammanlagd planerad lagring av mer än 100 000 ton koldioxid kräver sedan 2013 tillstånd av mark- och miljödomstolen.⁸² Om lagringen gäller högst 100 000 ton koldioxid prövas ansökan av länsstyrelsens miljöprövningsdelegation.⁸³ Ett sådant tillstånd kan överklagas till mark- och miljödomstolen. Utredningen föreslår att lagring inte bör ske i Sverige i närtid, och eftersom det ännu inte är praktiskt möjligt att lagra koldioxid i Sverige har inga ansökningar eller överklaganden kommit in till miljöprövningsdelegationerna eller till mark- och miljödomstolarna. Utredningens förslag innebär inte heller att det är sannolikt att nya ansökningar kommer att komma in.

När det gäller avskiljning av koldioxid innebär förslagen däremot sannolikt en ökning av antalet ärenden hos miljöprövningsdelegationerna och antalet mål hos mark- och miljödomstolarna. Måltypen avskiljning av koldioxid prövas sedan 2013 av länsstyrelsens miljöprövningsdelegation som första instans.⁸⁴ Dessa beslut kan sedan överklagas till mark- och miljödomstolarna. Utredningen bedömer att förslagen kommer att leda till att färre än 10 anläggningar kommer att avskilja koldioxid fullskaligt 2030 och färre än 20 anläggningar kommer att avskilja koldioxid fullskaligt 2040. Prövning och tillsyn av dessa nytillkomna ansökningar bedöms rymmas inom miljöprövningsdelegationernas och mark- och miljödomstolarnas ordinarie verksamhet och kan klaras utan resurstillskott. Den befintliga kompetensen hos prövningsmyndigheterna är tillräcklig för de ärenden och mål som tillkommer.

⁸² 9 kap. 6 § miljöbalken och 29 kap. 60 § miljöprövningsförordningen (2013:251).

⁸³ 9 kap. miljöbalken och 29 kap. 61 § miljöprövningsförordningen.

⁸⁴ 9 kap. 6 § miljöbalken, 29 kap. 62 och 63 §§ miljöprövningsförordningen.

Skäl för utredningens bedömning avseende transparent och ändamålsenlig bokföring och rapportering av negativa utsläpp och CCU

Naturvårdsverket föreslås få i uppdrag att skapa ett system för att samla in data samt beräkna och redovisa negativa utsläpp för uppföljning av kompletterande åtgärder och de nationella klimatmålen. Systemet för datainsamling bör omfatta dels negativa utsläpp av växthusgaser, inklusive avskiljning och lagring av biogen och atmosfärisk koldioxid samt användning av biokol som kolsänka, del *carbon capture and utilisation* (CCU). Uppdraget bedöms rymmas inom ordinarie budget.

Skäl för utredningens bedömning avseende förslagen om ett program för resultatbaserad finansiering av internationella utsläpps begränsningar

Energimyndigheten bedriver redan verksamhet på området internationella utsläpps begränsningar. Det föreslagna programmet är av liknande omfattning som det program myndigheten genomförde under 2010-talet.

20.12.5 Konsekvenser för jämställdhet och den personliga integriteten

Utredningens bedömning

Inget av förslagen bedöms få några konsekvenser för jämställdheten eller den personliga integriteten.

Skäl för utredningens bedömning

De förslag som utredningen lägger berör inte individer, deras personliga integritet eller befolkningsgrupper. Inte heller påverkas de könsskillnader som kan finnas avseende t.ex. vilket kön som ansvarar för driften av ett lantbruk eller för avskiljning, transport eller lagring av koldioxid.

Finansiering av vissa typer av åtgärder för utsläpps begränsningar i andra länder har enligt tidigare utvärderingar medfört positiva effekter för kvinnors utveckling mot ökad jämställdhet, särskilt i de minst utvecklade länderna (se kapitel 14). Utredningens förslag på området stödjer troligen en utveckling där åtgärder med den här typen av synergier även ges stöd i framtiden.

20.12.6 Konsekvenser för den kommunala självstyrelsen, brottsligheten och det brottsförebyggande arbetet samt de integrationspolitiska målen

Utredningens bedömning

Inget av förslagen förväntas få några konsekvenser för den kommunala självstyrelsen, brottsligheten och det brottsförebyggande arbetet eller de integrationspolitiska målen.

Skäl för utredningens bedömning

Inget av utredningens förslag ändrar fördelningen av uppgifter mellan stat och kommun eller innebär en reglering av den kommunala verksamheten. Förslagen bedöms inte ha någon betydelse för brottsligheten och det brottsförebyggande arbetet. Inte heller bedöms förslagen påverka möjligheten att nå de integrationspolitiska målen.

20.13 Konsekvenser av utredningens förslag till författningsändringar

20.13.1 Inledning

Utredningen föreslår att regeringen beslutar om en ny förordning och ändrar tre förordningar. Det övergripande syftet med förslagen är att undanröja brister och hinder i lagstiftningen för hela kedjan som krävs för att CCS och bio-CCS ska kunna tillämpas på svenska utsläppskällor.

De förordningsändringar som föreslås har stöd i regeringens s.k. restkompetens i 8 kap. 7 § regeringsformen och i 15 kap. 28 § miljöbalken.

Utredningen bedömer att förslagen bör träda i kraft så snart som möjligt, med hänsyn till de långa tidsperspektiven och till att vissa förslag först måste genomföras innan andra kan inledas. Den nya förordningen om statligt stöd till negativa utsläpp genom bio-CCS bör dock träda i kraft först när medel finns tillgängliga.

20.13.2 Förslag till förordning om statligt stöd till negativa utsläpp genom bio-CCS

Utredningen föreslår en ny förordning som möjliggör att statligt stöd till negativa utsläpp genom bio-CCS kan lämnas. Stödet måste först anmälas och godkännas av Europeiska kommissionen.

Energimyndigheten ska besluta om stöd vid särskilda auktionstillfällen och stödet kan delvis betalas ut i förskott.

I förordningen bemyndigas Energimyndigheten att föreskriva om den närmare utformningen av auktionssystemet.

Förordningsförslaget innebär en ökad arbetsbörda för Energimyndigheten, se avsnitt 20.12.4.

20.13.3 Förslag till förordning om ändring i förordningen (2014:21) om geologisk lagring av koldioxid

Enligt 15 kap. 27 § miljöbalken får avfall inte dumpas eller förbrännas inom Sveriges sjöterritorium och ekonomiska zon eller föras ut ur landet eller ur den ekonomiska zonen om det är avsett att dumpas eller förbrännas på det fria havet. Regeringen får enligt 28 § samma kapitel meddela föreskrifter om undantag från förbudet mot dumpning för geologisk lagring av koldioxid vilket regeringen har gjort i denna förordning. Undantaget gäller dock inte export av koldioxid för lagring i ett annat land. Ett sådant undantag bör därför införas i en ny paragraf i förordningen.

Begreppet CCS föreslås få en definition i 2 § i förordningen. För att slå fast att det ska finnas ett nationellt centrum för frågor som gäller CCS och bio-CCS vid Statens energimyndighet föreslås en ny paragraf med detta innehåll. Se om resurser i avsnitt 20.12.4.

20.13.4 Förslag till förordning om ändring i förordningen (2014:520) med instruktion för Statens energimyndighet

Genom ett tillägg till 2 § i förordningen får Energimyndigheten ansvar för vägledning och information till projektägare av CCS och bio-CCS, samordningsansvar för frågor om CCS och bio-CCS samt ansvar för de frågor om CCS och bio-CCS som inte faller inom någon annan myndighets ansvarsområde. Tillägget anger även att Energimyndigheten ska skapa förutsättningar för en väl planerad, resurseffektiv och miljömässigt hållbar utbyggnad av CCS inklusive bio-CCS i Sverige.

Den ökade arbetsbörda detta innebär för Energimyndigheten redovisas i avsnitt 20.12.4.

20.13.5 Förslag till förordning om ändring i förordningen (2017:1319) om statligt stöd till åtgärder för att minska industrins processrelaterade utsläpp av växthusgaser och för negativa utsläpp

I 1 § andra punkten i förordningen föreslås att *växthusgaser* byts ut till *koldioxid* eftersom CCS-direktivet endast omfattas geologisk lagring av koldioxid.

Ändringen är endast en rättelse.

20.14 Analys av alternativ till utredningens huvudförslag inom området markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk, LULUCF

Konsekvenser av att ett bokfört överskott enligt LULUCF-förordningen får räknas som kompletterande åtgärd mot 2030

I utredningsdirektivet anges att ökade nettoupptag utöver LULUCF-förordningens krav om bibehållet nettoupptag bör kunna räknas som kompletterande åtgärd för uppfyllande av Sveriges nationella etappmål inom klimatramverket.

LULUCF-förordningen syftar till att bevara och förstärka kolsänkan inom EU samt att bidra till att EU:s 2030-mål nås. Enligt uppdraget ska utredningen undersöka, föreslå och motivera en tolkning av hur de svenska klimatmålen förhåller sig till regelverket på EU- och FN-nivå vad gäller eventuella kvantitativa begränsningar för hur mycket LULUCF-sektorn får bidra som kompletterande åtgärd.

Utredningen har studerat på vilket sätt och under vilka villkor ökade nettoupptag av koldioxid och minskade utsläpp av växthusgaser, beräknade enligt LULUCF-förordningens bokföringsregler, bör kunna räknas som kompletterande åtgärder utöver LULUCF-förordningens krav.

Enligt utredningens bedömning skulle LULUCF-förordningens bokföringsregler tillämpade på de ingående bokföringsaktiviteter som omfattar utsläpp och upptag inom LULUCF-sektorn i Sverige kunna leda till att Sverige uppfyller LULUCF-förordningens krav på att inga nettoskulder ska uppstå i systemet med en relativt stor marginal, vid en utveckling där inga ytterligare styrmedel införs på området. Baseerat på de prognoser som tas fram och skickas till Europeiska kommissionen vartannat år, senast i mars 2019, skulle överskottet kunna uppgå till mellan 1,2 och 3,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter 2030. Den högre nivån förutsätter att ett stort bokfört nettoupptag kan erhållas för brukad skogsmark utöver det bokförda överskott som genereras från övriga bokföringsaktiviteter. Osäkerheterna i beräkningen är dock stora och det kan inte uteslutas att överskottet helt skulle kunna utebli eller till och med omvandlas till ett underskott.⁸⁵

⁸⁵ Se även Naturvårdsverket (2016).

Förutom att utfallet enligt LULUCF-förordningen beror på den faktiska utvecklingen i de aktuella bokföringsaktiviteterna så beror det också dels på bokföringsförutsättningarna, dvs. på utsläppen från aktiviteterna bruk av åkermark, betesmark och våtmark för referensperioden 2005–2009, dels på vilken nivå referensnivån för brukad skogsmark slutligen fastställs.

Den s.k. skogliga referensnivån ska spegla förhållandet mellan avverkningen och den tillväxt som är tillgänglig för avverkning fram till 2030 utan att ett land varken bokförs för underskott eller får ett överskott av krediter för aktiviteten bruk av skogsmark. Om nivån sätts högre än rådande förhållande mellan avverkning och tillväxt kommer Sverige tilldelas ett överskott av krediter enligt LULUCF-förordningen utan ytterligare åtgärder som ökar sänkan eller minskar avgången av växthusgaser inom skogsbruket. En sådan referensnivå innebär samtidigt en större möjlighet för skogsindustrin att med högre avverkningsnivåer bidra till utvecklingen av en europeisk bioekonomi⁸⁶ och till ytterligare ersättning av fossil råvara i olika sektorer utan att avverkningsnivån ger upphov till skulder enligt LULUCF-förordningens bestämmelser, trots att nettoupptaget i skogen med en sådan utveckling i själva verket minskar jämfört med nuvarande nivåer. Vid en sådan utveckling ökar samtidigt risken för ytterligare konflikter med uppsatta mål om att bevara den biologiska mångfalden i skogen.

Det finns en risk att LULUCF-sektorn resulterar i ett underskott, antingen av bokföringsmässiga eller naturliga skäl. Utredningens förslag innebär att de kompletterande åtgärderna först bidrar till att balansera ett sådant underskott och att resterande mängd sedan får tillgodoräknas som kompletterande åtgärd relativt det nationella målet.

Begränsning av hur många enheter som får föras över från LULUCF-sektorn

Räknat över hela tioårsperioden 2021–2030 får upp till 4,9 miljoner ton användas för att möta Sveriges åtagande enligt ansvarsfördelningsförordningen om 40 procent lägre utsläpp till 2030 jämfört med 2005. Sveriges nationella mål är betydligt ambitiösare (se kapitel 3), vilket innebär att detta överskott troligtvis inte kommer att behöva nyttjas. Denna s.k. allmänna flexibilitet är en framförhandlad mängd krediter

⁸⁶ Givet att en sådan efterfrågan uppstår.

som syftar till att sänka kostnaderna för måluppfyllelse för medlemsländer som har särskilt stora utsläpp i jordbrukssektorn⁸⁷. Tilldelningen baseras därför på medlemsländernas utsläpp i jordbrukssektorn och har inte att göra med storleken på hur stora utsläppen och upptagen i LULUCF-sektorn är. Omfattningen beror inte heller på om medlemsländerna inför faktiska styrmedel för att förstärka kolsänkan eller inte.

Denna begränsade flexibilitet för LULUCF-krediter på EU-nivå bör enligt utredningen inte vara begränsande för storleken på de kompletterande åtgärder som kan kopplas till konkret genomförda åtgärder inom LULUCF-sektorn som genomförs efter 2020 för att nå det betydligt ambitiösare nationella utsläppsmålet.

Utsläppseffekter

Alternativet att låta ett potentiellt överskott enligt LULUCF-förordningen utgöra stora delar eller hela mängden kompletterande åtgärder fram mot 2030 bedöms inte leda till någon additionell utsläppseffekt jämfört med motsvarande utveckling enligt *business as usual*. Alternativet medför även att utsläppen av växthusgaser inte behöver minska lika mycket mot det nationella klimatmålet för den icke-handlande sektorn till 2030 utan att andra additionella kompletterande åtgärder kompenserar för detta. Alternativet innebär därmed även högre sammanlagda utsläpp globalt och i Sverige mot 2030 jämfört med om utredningens förslag till strategi genomförs.

Alternativet att använda överskott från LULUCF-förordningen bedöms sammantaget inte vara i linje med intentionerna i klimatramverket, där en ökad kolsänka anges som kriterium på vad som skulle krävas av åtgärderna i LULUCF-sektorn för att de skulle kunna räknas som en kompletterande åtgärd.

Kostnader

Handlingsalternativet ställer inte krav på några ytterligare åtgärder jämfört med dagens utveckling. Det överskott som kan uppkomma enligt LULUCF-förordningen är därmed inte förenat med några extra utgifter för Sverige. Förutsättningarna att uppnå de högre volymerna kompletterande åtgärder på längre sikt riskerar samtidigt

⁸⁷ Framgår av ingressen till LULUCF-förordningen och ansvarsfördelningsförordningen.

att försämrats, vilket potentiellt skulle kunna leda till ökade kostnader för måluppfyllelse på längre sikt.⁸⁸ Alternativet leder samtidigt till lägre administrativa kostnader jämfört med övriga förslag.

Risk och möjligheter

Att bedöma trender inom LULUCF-sektorn är förknippat med mycket stora osäkerheter, särskilt för utvecklingen inom skogsbrukssektorn men även för utvecklingen inom jordbruket. Även om nuvarande bedömningar pekar mot att det skulle kunna uppstå ett betydande överskott för Sverige enligt LULUCF-förordningen skulle det potentiellt också kunna uppstå skulder. Det sistnämnda skulle exempelvis kunna bli fallet om tillväxten i skogen minskar utan att avverkningsnivån hinner anpassas eller genom att större volymer skog förstörs i samband med störningar i form av bränder, insektsangrepp eller stormar. LULUCF-förordningen ger samtidigt möjlighet att undanta negativa effekter från bokföringen på nettoupptag i skog genom naturliga störningar. Det förutsätter dock mycket omfattande störningar; t.ex. kvalificerar inte störningar motsvarande storleken på de bränder som inträffade i Sverige 2014 och 2018 för ett sådant undantag.

Även små förändringar av de olika flödena (tillväxt och avgång) som styr kolförrådets utveckling kan ge stor påverkan på nettoupptaget. En inriktning mot att förlita sig på överskott enligt LULUCF-förordningen som huvudstrategi för de kompletterande åtgärderna mot 2030 är alltså inte att förorda med tanke på de stora osäkerheterna på området. En sådan strategi innebär också större risker för att målen för de kompletterande åtgärderna inte nås på längre sikt och att kostnaderna blir högre när dessa ska genomföras.

Ytterligare åtgärder med potential att öka kolsänkans storlek vid sidan av utredningens förslag till kompletterande åtgärder

Den svenska skogen ger stora bidrag till ökade upptag och minskade utsläpp av växthusgaser både inom och utanför Sveriges gränser. Skogen bidrar dels genom att det sker en betydande ökning av kolförrådet i skog och mark, dels genom att skogsråvara som tas ur

⁸⁸ Om inte Sverige skulle välja att fortsätta agera på liknande sätt även på längre sikt och räkna delar av landets kolsänka som en kompletterande åtgärd även vid en business-as-usual utveckling.

skogen ersätter material baserade på fossil råvara med stora livs-
cykelutsläpp av koldioxid. Till detta kommer avverkningsrester och
restprodukter från industrin som kan ersätta fossila bränslen.

Kolsänkan i skogen kan öka ytterligare, antingen genom att

- mer skog skyddas från avverkning genom olika typer av avsättningar,
- ökad naturhänsyn tas i skogsbruket eller
- produktionshöjande åtgärder vidtas.

Effekten på kolsänkan beror både på hur tillväxten utvecklas och på
marknadens efterfrågan på skogsråvara, vilket påverkar avverknings-
nivån. De två första åtgärdsalternativen kan minska den möjliga leve-
ransen av skogsråvara, medan det tredje alternativet kan leda till en
ökning. Detta påverkar också möjligheten att ersätta material med
stor klimatpåverkan och fossila bränslen med skogsråvara. I de två
fall där leveranspotentialen av skogsråvara minskar till förmån för
ökade kollager i skogen kan klimateffekten ändå utebli om markna-
den inte minskar sin användning av skogsprodukter, vilket riskerar
att leda till ökade avverkningar utanför Sveriges gränser.

Effekten, både på kolsänkan och på avverkningsmöjligheterna,
varierar dessutom över tid. Att skydda mer skog och vidta åtgärder
för ökad naturhänsyn i skogsbruket kan ge ganska snabb effekt på
kolsänkan beroende på hur den totala avverkningen påverkas och
utvecklas medan produktionshöjande åtgärder ger en reell effekt
först efter flera tiotals år. De kvantitativa resultat som diskuteras
nedan utgår från att hela den tillgängliga tillväxten på virkesproduk-
tionsmark avverkas såväl i åtgärdsscenarierna som i det jämförande
scenariot för att effekten av åtgärderna ska kunna studeras isolerat.
Hur den verkliga effekten på kolsänkan utvecklas beror på efter-
frågan på skogsråvara i samband med att åtgärden implementeras
och på den framtida efterfrågan.

Ytterligare avsättning av skogsmark för naturvårdsändamål (mål om biologisk mångfald och levande skogar)

I dag är närmare 1,4 miljoner hektar (5,8 procent av den produktiva
skogsmarksarealen) formellt skyddad.⁸⁹ Dessutom är drygt 1,2 miljoner
hektar undantagna från virkesproduktion genom frivilliga avsättningar

⁸⁹ Skogstyrelsen (2019).

och drygt 0,4 miljoner hektar är undantagna genom hänsynsytor på virkesproduktionsmark. Det finns även 3,2 miljoner hektar improduktiv skogsmark som också är undantagen från virkesproduktion.

Kolsänkan i skog och mark skulle, i ett kort tidsperspektiv, öka om arealen skyddad produktiv skogsmark ökar, t.ex. för att främja biologisk mångfald för att nå miljökvalitetsmålet *Levande skogar* och leva upp till de internationella åtaganden som gjorts för att skydda ekosystemen. I ett längre tidsperspektiv minskar effekten på kolinlagringen när tillväxten i den åldrande skogen successivt avtar. En ökning av kolsänkan totalt sett förutsätter också att den totala avverkningen minskar som en konsekvens av det ökade skyddet. Det finns dock ingen uppdaterad analys om vilket ytterligare skydd som krävs för att uppnå miljömålen relaterat till biologisk mångfald. I den senaste fördjupade utvärderingen av miljökvalitetsmålet *Levande skogar* efterfrågades en bristanalys om vilka arealer som krävs för att nå målet.

I ett scenario från Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)⁹⁰ ökades arealen produktiv skogsmark undantagen från skogsbruk från 3,6 till 8,1 miljoner hektar. Utifrån detta scenario har en nedskalning gjorts inom ramen för utredningen. Utgångsläget är en tentativ bedömning⁹¹ om att ytterligare 1 miljon hektar skogsmark kan behöva undantas från skogsbruk på något sätt för att nå miljökvalitetsmålet *Levande skogar*. Det faktum att det sannolikt är svårare att uppnå tillräckligt stora arealer med frivilliga avsättningar än tidigare och att det är osäkert hur avverkningen faktiskt utvecklas har SLU:s scenario skalats ner till ett alternativ där 0,5 miljoner hektar produktiv skogsmark undantas från virkesproduktion. Detta scenario resulterar i en reell ökning av nettoupptaget i skogsmark med drygt 1 miljon ton koldioxid per år till 2030 och med drygt 3 miljoner ton koldioxid per år till 2045, jämfört med om den skyddade arealen inte hade ökat. Den positiva effekten avtar dock över tid; efter 100 år är skillnaden drygt 0,5 miljoner ton koldioxid per år, och efter ytterligare några tiotal år har den additionella effekten av de ökade avsättningarna på kolinlagringen upphört.

Jämfört med alternativet att inte skydda mer skog blir den möjliga avverkningen i genomsnitt 2 miljoner skogskubikmeter per år lägre för perioden 2020–2045 (motsvarande 2 procent av den genomsnittliga avverkningen under perioden) och närmare 2,5 miljoner skogskubikmeter per år lägre för perioden 2045–2100 (motsvarande

⁹⁰ Skogsstyrelsen (2015), Sveriges lantbruksuniversitet (2019).

⁹¹ Olle Højjer, Naturvårdsverket, personlig kommunikation (2019).

2,5 procent). Jämfört med dagens avverkningsnivå, dvs. nivån i starten av scenarierna, erhålls en minskad avverkning de första 10 åren; därefter ökar avverkningsmöjligheterna även för detta scenario eftersom tillväxten på virkesproduktionsmark ökar, delvis som en effekt av klimatförändringarna. Detta kompenserar för den avverkningsminskning som beror på att den skyddade arealen ökar. Eventuella negativa effekter av klimatförändringarna, vilket också kan påverka utvecklingen, inkluderas inte i modellsimuleringen.

Förlängda omloppstider (mål om biologisk mångfald och levande skogar)

Utöver att skydda skogsmark kan vissa skogsbruksåtgärder som främjar biologisk mångfald öka kolsänkan. Till exempel kan skogarnas omloppstider förlängas på vissa delar av virkesproduktionsmarken genom att avverkningen skjuts framåt några tiotal år. SLU har gjort simuleringar av en ökad omloppstid med i genomsnitt 30 år på en relativt stor areal. Om en del av den potentialen realiseras, t.ex. på 0,5 miljoner hektar och med en ökning av omloppstiden med 10 år skulle det kunna resultera i en ökning av kolsänkan till 2030 och 2045 med cirka 0,2 respektive 0,1 miljoner ton per år. Samtidigt minskar avverkningsmöjligheterna något, åtminstone inledningsvis innan en ny balans nåtts. I jämförelse med alternativet att i någon form skydda mer skog är minskningen marginell (se kapitel 6.1.1).

En förlängd omloppstid skulle kunna åstadkommas genom att lägsta slutavverkningsålder i olika delar av landet höjs eller genom att markägare kompenseras för den förlorade inkomst som ett senareläggande av slutavverkningen innebär.

Ytterligare produktionshöjande åtgärder inom skogsbruket

Aktivt brukade skogar växer bättre eftersom de planteras med genetiskt bättre plantmaterial och är yngre. De har dessutom en lägre naturlig avgång än oskötta skogar. Tillväxten kan ökas ytterligare genom ett antal produktionshöjande åtgärder som ger en positiv effekt, både på kolinlagringen och genom att skördad trädbiomassa används för substitution av fossila produkter.

I ett scenario som avsåg att belysa effekten av att efterfrågan på skogsråvara ökar simulerades effekten på virkesförrådet av produk-

tionshöjande åtgärder, främst ökad kvävegödsling och större arealer som förnygras med contortatall (se kapitel 6.1.1).

Detta är ett scenario där avverkningen sätts till den högsta uthålliga. Större tillgång på virke ger valmöjligheter om hur virket ska användas. Det kan användas till ökad substitution men det kan också delvis lämnas i skogen och bidra till ett större kollager där. Likaså kan det möjliggöra att andra områden kan lämnas för naturvårdsändamål, vilket också bidrar till en ökad kolsänka.

Om hela tillväxten i stället tas ut ökar nettoinlagringen med närmare 3 miljoner ton koldioxid till 2030 och med drygt 3 miljoner ton koldioxid till 2045. Samtidigt ökar avverkningen med i snitt 2 miljoner skogskubikmeter per år fram till 2045 och med i snitt 12 miljoner skogskubikmeter per år för perioden därefter.

I scenariot ökar tillväxten och avverkningsmöjligheterna avsevärt under kommande hundraårsperiod, men eftersom hela nettotillväxten på virkesproduktionsmark avverkas blir den genomsnittliga ökningen i nettoinlagring i levande biomassa över hela perioden bara 1 miljon ton koldioxid per år jämfört med referensalternativet där åtgärderna inte införs.

Det är inte troligt att samtliga åtgärder som ingår i scenariot är genomförbara i praktiken om andra mål tas i beaktande. Den kort-siktiga ökningen beror t.ex. till stor del på behovsanpassad gödsling som ger en ökning på drygt 1 miljon ton koldioxid till 2030 i levande biomassa. Plantering med contortatall ger på kort sikt en ökad kolbindning men på längre sikt sker en minskning.

Traditionell skogsgödsling ger effekt på kort sikt med en uppbyggnad av kol i både biomassa och i mark. Påverkan på den totala produktionen under hela omloppstiden blir dock relativt liten, eftersom tillväxtökningen tas ut i avverkning relativt kort tid (10–15 år) efter utförd gödsling.

Flera av åtgärderna är förenade med mållkonflikter även i den omfattning som använts i scenariot och får sannolikt inte samma genomslag som åtgärder som redan är väletablerade i skogsbruket. Om t.ex. behovsanpassad gödsling och ökningen av contortatall inte tas med i analysen blir ökningen av kolsänkan runt 1 miljon ton koldioxid 2030.

Om marknadens efterfrågan på skogsråvara ökar kommer det leda till att skogsbruket implementerar åtgärder för att möta detta behov i det korta perspektivet. Då är kvävegödsling i princip den enda åtgärd som kan ha reell effekt; övriga åtgärder leder till pro-

duktionsökningar först i ett längre perspektiv. Om efterfrågan inte skulle öka, eller rentav minska, blir effekten av de produktionshöjande åtgärderna på nettoinlagringen större.

Påverkan på utsläppen

Ovanstående exempel på hur ökad kolsänka i skog kan åstadkommas ger var för sig signifikanta bidrag till nettoupptaget. Tabell 20.5 visar utvecklingen över tid för åtgärderna i exemplet. I tabellen redovisas effekten av enskilda åtgärdsstrategier i scenarier där allt virke tas ut på virkesproduktionsmark. En kombination av åtgärder kan också vara tänkbar. Exempelvis kan produktionshöjande åtgärder på en viss del av den produktiva skogsmarken skapa utrymme för fler avsättningar utan att de totala avverkningsnivåerna påverkas.

Hur effekten av dessa åtgärder skulle kunna tillgodoräknas om de på sikt övervägs att inkluderas som kompletterande åtgärder, behöver klargöras. Även om effekten av t.ex. ökade avsättningar är relativt enkelt att skatta för de arealer det berör blir det dock svårare att hantera effekten på den totala kolbalansen eftersom det är den sammanlagda avverkningsnivån som påverkar de totala nettoupptagen, och den påverkas inte bara av det ökade skyddet utan också av hur marknaden utvecklas.

Tabell 20.6 Effekter på nettoupptag och avverkning för olika scenarier jämfört med ett referensscenario med oförändrad skogsskötsel

Skillnad i nettoinlagring (miljoner ton koldioxidekvivalenter), skillnad i avverkning (miljoner skogskubikmeter och procent) samt effekt på biologisk mångfald och substitutionsmöjligheter på kort/lång sikt (positiv=+, negativ=-)

	Nettoinlagring			Avverkning				Biologisk mångfald	Substitution
	2030	2045	2100	2020-2045		2045-2100			
Ökat skydd (0,5 Mha)	1,3	3,1	1,1	-2	-2%	-2,5	-2,5%	+/+	-/-
Förl. omloppstid ¹	0,2	0,1	0,04	-0,1	-0,1%	0	0	+/+	-/+
Ökad produktion	2,8	3,1	1,3	2	2%	12	13%	-/-	+/+

¹ Motsvarar en ökning av omloppstiden med tio år på en halv miljon hektar.

Kostnader

Kostnaden för att undanta större arealer produktiv skogsmark från virkesproduktion kan bedömas utifrån dagens kostnadsnivå för skydd av skog. Baserat på genomsnittliga kostnader för ersättning för olika typer av avsättningar i dag, och en annualisering av kostnaden givet att effekten kan tillgodoräknas över väldigt lång tid, hamnar kostnaden för åtgärden ökat skydd av skog på mellan 300 och 1 400 kronor per kg koldioxid. Kostnaden för att avsätta mark varierar dock stort beroende på skyddsform, regionalt och inom regioner för de skyddsformer som finns i dag. Beräkningen här omfattar ett spann på cirka 15 000 till 200 000 kronor per hektar.

En ökad omloppstid innebär att skogsägaren förmås att avverka sin skog några tiotals år senare. En diskontering av den senarelagda intäkten med hänsyn tagen till additionell avverkningsbar tillväxt och en ränta på 3,5 procent ger att kostnaden för att vänta med avverkningen 10 till 30 år för att lagra in mer kol blir 700–1 100 kronor per kg koldioxid vid en beräkning baserad på avverkningsmogen tall eller granskog och dagens virkespriser. Det motsvarar mellan 20 och 60 procent av intäkten vid slutavverkning vid normal omloppstid.

När det gäller produktionshöjande åtgärder leder de generellt till en ökad intäkt för skogsägaren. I fallet med traditionell skogsgödsling kan åtgärden till och med leda till att beståndet kan avverkas tidigare med samma utfall i volym som om gödsling inte skett. Sammantaget är det svårt att se att någon av de produktionshöjande åtgärderna innebär en kostnad för skogsägaren.

Risk och möjligheter

De tre åtgärderna för att öka kolsänkan i skogen som beskrivs ovan ger var för sig goda möjligheter att bidra till att de föreslagna målen om bidraget från kompletterande åtgärder till 2030 och 2045 kan nås och även överträffas. Ökat skydd av skog bedöms dessutom vara en åtgärd som behöver genomföras för att uppsatta miljö kvalitetsmål och internationella åtaganden om att bevara den biologiska mångfalden ska kunna nås.

Möjligheterna till substitution kan dock minska om avverkningen minskar som en följd av ökade avsättningar eller skogsbruksmetoder som leder till minskad leverans av skogsråvara. Detta kan försvåra

möjligheterna till utsläppsminskningar i verksamheter där biomassa i dag ersätter fossila produkter. I dag ligger avverkningen visserligen något lägre än den högsta möjliga nivån men jämförelsen indikerar ändå att om efterfrågan på skogsråvara i framtiden består eller ökar, kan behovet behöva mötas med skogsråvara från annat håll eftersom ökat skydd av skog leder till att avverkningen begränsas. Vid bibehållen eller ökande marknad för skogsprodukter kan bortfallet av skogsråvara från Sverige med andra ord komma att kompenseras med ökade avverkningar i andra länder. Effekten av att avverkningar skjuts på framtiden eller minskar i omfattning påverkar också sysselsättningen inom skogsbrukssektorn. Produktionshöjande åtgärder riskerar att stå i konflikt med flera miljömål, särskilt målen om biologisk mångfald. Det kan samtidigt möjliggöra ökade avsättningar. Ökat skydd av produktiv skogsmark och förlängda omloppstider kan också innebära ökade risker för exempelvis stormfällningar och granbarkborreangrepp. Sådana händelser kan få omfattande konsekvenser för både kolsänkan och ekonomin.

I de simuleringar som beskrivs i exemplen ovan har det i samtliga scenarier antagits att skogstillväxten kommer att påverkas positivt till följd av den klimatförändring som kan förväntas (se kapitel 8). Samtidigt finns det risker förknippade med klimatförändringen som det inte har tagits hänsyn till. Tillväxtförluster kan uppstå till följd av mer extrema torrperioder eller perioder med mycket nederbörd, ökad frekvens och utbredning av skogsbränder, mer frekventa stormskador samt ökade förekomster av olika skadegörare. Den förlängda vegetationsperioden kan inte heller nyttjas fullt ut på Sveriges breddgrader på grund av ljusbrist under hösten. Ökad kolinlagring genom ökad tillväxt under våren kan därför komma att motverkas av markkolsförluster på grund av ökad nedbrytning av organiskt material under hösten. Det finns flera studier som indikerar att en ökad tillväxt i boreala skogar inte ska tas för given eftersom förändringar i positiv riktning kan motverkas av förändringar i negativ riktning.

20.15 Beskrivning av presenterade kostnadsuppskattningar

Kostnadsuppskattningar för bio-CCS

I kapitel 9 om realiserbara potentialer för bio-CCS redovisar utredningen följande kostnadsuppskattningar för bio-CCS-installationer i en relativt snar framtid.

Avskiljning av biogen koldioxid bör kunna genomföras till en kostnad av 400 till 600 kronor per ton på anläggningar med gynnsamma förutsättningar för bio-CCS inom massa- och pappersindustri samt kraftvärmeproduktion. För en kostnad som understiger 800 kronor per ton bör mer än 10 miljoner ton biogen koldioxid per år kunna avskiljas inom dessa sektorer.

Andelen annualiserade kapitalkostnader varierar för olika anläggningar men antas i genomsnitt uppgå till 30 procent av kostnaderna för avskiljning och komprimering. Vid en beräkning med en samhällsekonomisk kalkylränta (3,5 procent i stället för 7,5 procent) sjunker de annualiserade kapitalkostnaderna med 30 procent och den sammanlagda åtgärdskostnaden med 9 procent, förutsatt att kapitalkostnaden utgör omkring 30 procent av kostnaderna för avskiljning. Det ger en sammanlagd sänkning av åtgärdskostnaden med knappt 40–60 kronor per ton jämfört med den företagsekonomiska beräkningen.

Kostnaden för transport av koldioxid från svenska anläggningar till en lagringsplats uppskattas till mellan 150 och 300 kronor per ton. Koldioxidlagring bör kunna ske till en kostnad på 100 till 200 kronor per ton, koldioxid, inklusive kostnad för övervakning av lagringsplatsen i enlighet med CCS-direktivet.

Summeras uppskattningarna för hela CCS-kedjan erhålls kostnadsintervallet 650–1 050 kronor per ton koldioxid för den kategori av anläggningar inom massa- och pappersindustrin samt kraftvärmeproduktion som har gynnsammast förutsättningar för koldioxidavskiljning.

Det finns även anläggningar i Sverige som genom befintliga industriella processer erhåller koldioxid i mycket hög koncentration. Dessa anläggningar skulle därför ha en låg eller obefintlig tillkommande kostnad för att producera koldioxid av tillräcklig renhet för vidare transport och geologisk lagring. Kostnader tillkommer dock för komprimering av koldioxid och för transport och lagring. Efter-

som dessa anläggningar i nuläget genererar relativt små mängder koldioxid skulle de investeringar som krävs i framför allt transportinfrastruktur leda till höga kostnader uttryckt som kronor per ton koldioxid, men om dessa anläggningar fick möjlighet att dela transportinfrastruktur med en eller flera stora koldioxidkällor skulle de kunna genomföra bio-CCS till en betydligt lägre kostnad än om de agerar på egen hand.

Anläggningar som går i bräsch för tillämpning av CCS inklusive bio-CCS kommer att möta högre kostnader än anläggningar som investerar i CCS/bio-CCS i ett senare skede, när teknik och systemlösningar mognat. Eventuella svenska projekt inom bio-CCS förväntas tidsmässigt följa bakom det norska Fullskaleprojektet samt projekt i Nederländerna och Storbritannien som planerna för dessa ser ut i dagsläget, men eftersom svenska CCS-projekt i närtid förutsätter lagring av koldioxid i annat land kommer inte svenska projekt inom bio-CCS att vara de första som genomförs i Sveriges närområde.

Den kostnadsbedömning som utredningen presenterar utgår från att vissa läreffekter av dessa första projekt i andra länder kan nyttjas av tidiga svenska projekt.

Det är viktigt att påpeka att de första storskaliga CCS-projekten i Europa kan komma att ha kostnader som är högre än, men sannolikt inte mycket högre, de kostnader utredningen uppskattar för svenska projekt inom bio-CCS. Koldioxidavskiljning beräknas inom Fullskaleprojektet kosta 710 respektive 825 norska kronor per ton för de ingående anläggningarna. Den relativa kostnaden för hela CCS-kedjan inklusive transport och lagring uppskattas till 1 440 respektive 1 555 norska kronor per ton. I kostnaden ingår hela utgiften för infrastrukturen för transport- och lagring vilken delvis är kraftigt överdimensionerad i förhållande till den mängd koldioxid som planeras avskiljas från de två norska anläggningarna. Kostnaden per ton lagrad koldioxid blir väsentligt lägre om kostnaden för infrastrukturen för transport- och lagring fördelas på en större mängd lagrad koldioxid med hänsyn till den faktiska kapaciteten. Den tekniska livslängden för avskiljningsanläggningar och infrastruktur antas vara 25 år och kostnaden gäller 2018 års prisnivå. En norsk krona var 2018 värd mellan 1,05 och 1,10 svenska kronor.

Kostnadsuppskattningarna inom ramen för Fullskaleprojektet ska uppdateras 2020. Den kostnadsuppskattning som genomfördes 2018 resulterade i lägre uppskattade kostnader jämfört med vad som tidigare redovisats.

Utredningen har även tagit del av mer plats specifika inledande beräkningar framtagna av Stockholm Exergi.⁹² Stockholm Exergis egna beräkningar stärker bilden att de kostnadsintervall utredningen anger, 400–600 kronor per ton avskild biogen koldioxid och ytterligare 250–500 kronor för transport och lagring, är rimliga att anta för en kraftvärmeanläggning med goda förutsättningar för bio-CCS som byggs i ett relativt tidigt skede.

Den samlade potentialen för avskiljning av biogen koldioxid är i kostnadsintervallet 400–600 kronor per ton är av redan nämnda skäl mycket svår att precisera i nuläget, men utredningen bedömer att den sannolikt är i storleksordningen flera miljoner ton. Det är denna potential som de inledande auktionerna främst syftar till att realisera.

Framtida kostnadsutveckling för bio CCS

Generellt sett blir en teknik billigare med tiden, i takt med att den får spridning och erfarenheterna ökar. Detta är exempelvis fallet för sol- och vindkraft som uppvisat kraftigt sjunkande kostnader samtidigt som kraftslagen genomgått en markant expansionsfas under senare år. Även om flertalet tekniker som tillämpas inom CCS-kedjan inte är nya har området inte genomgått någon expansionsfas liknande den som skett och sker för förnybar energi och energilagring. Potentialen för kostnadsreduktioner bör alltså rent generellt vara betydande för CCS-teknik, under förutsättning att fler projekt kommer till stånd under de närmaste årtiondena.

Det Norske Veritas uppskattar att kostnaden för CCS kommer att sjunka med 15–20 procent för varje fördubbling av den installerade effekten. Om det byggs 60 nya fullskaliga avskiljningsanläggningar i världen bör kostnaden därmed sjunka med 30 procent jämfört med dagens nivå, enligt samma källa.⁹³ Andra studier pekar i samma riktning.⁹⁴

⁹² Stockholm Exergi, Fabian Levihn, personlig kommunikation (2019).

⁹³ Helle och Koefoed(2018).

⁹⁴ Rubin, Davison och Herzog (2015).

En motverkande faktor i sammanhanget är utvecklingen av priserna på bioenergi. När efterfrågan på biomassa för bl.a. bioenergiändamål ökar stiger priserna, vilket bidrar till att tillämpning av bio-CCS-teknik blir något dyrare även på befintliga anläggningar som redan använder biomassa för sin produktion.

Uppskattade kostnader för föreslagna styrmedel i LULUCF-sektorn

Kostnadsberäkningar för de olika åtgärderna på jordbruksmark och jordbruksmark som tagits ur bruk baseras på olika rapporter om kostnader och intäkter för olika produktionssystem men också på utredningens egna beräkningar. För bedömningen av åtgärdskostnader för återvätning av torvmarker på skogsmark och före detta jordbruksmark har underlag från Jordbruksverkets och Skogsstyrelsens nyligen genomförda regeringsuppdrag på området varit den främsta källan. Resultatet varierar dock stort beroende på alternativkostnaden (eller intäkten) för den aktuella marken. Jämförelser för energiskog har gjorts med stöd av Jordbruksverkets kalkyler för energigrödor samt utredningens egna beräkningar vad gäller beskogning och agroforestry.

Utredningens åtgärdsförslag på LULUCF-området föreslås i stor utsträckning komma till stånd genom stöd till berörda markägare och rådgivning. Stöden bedöms främst komma från kommande landsbygdsprogram som nu är under utveckling. Förslaget är därför att Jordbruksverket utreder bidragsnivåerna för föreslagna åtgärder och också analyserar hur fler åtgärder kan inkluderas i programmet. Utredningen har dock gjort vissa preliminära beräkningar av kostnaderna för föreslagna styrmedel, vilket som kan vara vägledande för stödnivåerna.

Kostnaden för att inkludera fånggrödor och mellangrödor har uppskattats till cirka 200–700 kronor per kg koldioxid baserat på bidragskalkyler från Länsstyrelsen i Västra Götalands län⁹⁵. Inga additionella nyttor har värderats, dvs. fånggrödan eller mellangrödan antas i beräkningen inte generera några extra intäkter. Det finns i dag ett stöd för fånggrödor på 1 100 kronor per hektar. Att stödet inte

⁹⁵ Länsstyrelsen Västra Götalands län (2018).

nyttjas fullt ut beror inte bara på ersättnings storlek, samtidigt som det i vissa fall kan vara berättigat med en högre ersättning.

I utredningens beräkning har stödnivån behållits på dagens nivå, eftersom den troligen är tillräcklig för större delen av den aktuella arealen.

Baserat på Jordbruksverkets kalkyler för energigrödor⁹⁶ genererar energiskogsodlingen en intäkt om alternativkostnaden är i träda men en kostnad på i genomsnitt 500 kronor per kg koldioxid om alternativkostnaden baseras på vallodling. Kalkylerna som använts i skattningen antar en fältstorlek på 6 hektar.

Enligt en rapport från SLU⁹⁷ varierar lönsamheten för olika grödor med fältstorleken. Det är sannolikt att många av de marker som kan komma ifråga, dvs. marker som tagits ur produktion eller är på väg att tas ur produktion, är marginalmarker där fältstorleken är betydligt mindre och där avstånden till den aktuella marken också påverkar kostnaderna för brukandet. Ur ett ekonomiskt perspektiv har arronderingen stor betydelse för vad marken ska användas till. Produktionskostnaderna är höga på marginalmarkerna, vilket gör att det blir dyrt per kg livsmedel att använda dessa för livsmedelsproduktion.

Det finns investeringsstöd för energiskogsodling, och stödets storlek bör utredas vidare. I utredningens räkneexempel har nivån satts till 7 000 kronor per hektar.

Agroforestry kan sannolikt generera en intäkt om biomassan skördas men kan även utgöra en kostnad på cirka 100 kronor per ton koldioxid om huvudsyftet är att träden ska stå kvar. Utgångsläget är kostnad för beskogning och de investeringskostnader denna omfattar. I utredningens räkneexempel har nivån satts till 4 500 kronor per hektar.

Beskogning bedöms under alla omständigheter vara en lönsam åtgärd för markägaren, eftersom kunskapen är god om vilka typ av beskogning som passar i olika situationer. Icke desto mindre kan ett stöd behövas för att beskogning ska bli intressant för markägare. I utredningens räkneexempel har nivån satts till 6 000 kronor per hektar, dvs. ungefär samma nivå som för energiskog. Utredningen har även föreslagit en särskild utredning för att detaljutforma förslag om eventuellt stöd till beskningsåtgärder.

⁹⁶ Jordbruksverket. (2018).

⁹⁷ Nilsson, Rosenqvist (2019).

Kostnaden för återvätning baseras på uppskattningar gjorda av Skogsstyrelsen och Jordbruksverket som inkluderar planering, utförande av själva åtgärden, eventuell skötsel samt markersättning. En annualisering av kostnaden med antagandet att åtgärdens effekt kan slås ut över 20–40 år och med en kalkylränta på 3,5 procent ger att kostnaden för åtgärden hamnar på mellan 100 och 350 kronor per ton koldioxid för skogsmark och mellan 400 och 700 kronor per ton koldioxid för jordbruksmark. Majoriteten av återvättningsprojekten (cirka 90 procent) bedöms ske på skogsmark där åtgärds-kostnaden per hektar är betydligt lägre än om åtgärden genomförs på jordbruksmark, vilket är av avgörande betydelse för den ersättningsnivån per hektar och per kg koldioxidekvivalent som anges i tabell 20.3. Ersättningsnivån baseras på åtgärds-kostnaden per hektar för skogsmark och att åtgärden förväntas ha effekt under 40 år, dvs. där en total åtgärds-kostnad på cirka 20 000 kronor per hektar har slagits ut över 40 år.

Administrationskostnaderna är ibland en stor del av den totala åtgärds-kostnaden. I fallet med återvätning av skogsmark kan den administrativa kostnaden i vissa fall utgöra hälften av åtgärdens total-kostnad. Hur stor del som utgörs av administrativa kostnader avgörs av de enskilda objektens storlek.

Kostnaderna för ökade rådgivningsinsatser och administration av stöd för de åtgärder som inte redan ingår i landsbygdsprogrammet är svåra att allokera direkt till klimatnyttan om rådgivningsinsatserna inte specifikt inriktas mot klimatåtgärder. Tillkommande kostnader anges i tabell 20.3.

Pris på enheter från utsläpps begränsningar som genomförs i andra länder under Parisavtalets artikel 6

Bedömningar på kortare sikt

Priserna på de enheter från utsläpps begränsningar i andra länder som kan komma att överföras och handlas mellan länder i enlighet med Parisavtalets kommande artikel 6-regelbok bedöms, i likhet med tidigare projekt från flexibla mekanismer under Kyotoprotokollet, inte direkt kunna kopplas till vad de konkreta åtgärderna kostar att genomföra i respektive land. De kommer i stället främst bero av ett antal andra faktorer. I kapitel 15 redogörs för de resonemang som

förs om vad som initialt kan komma att påverka prisutvecklingen när efterfrågan inte är så hög, samtidigt som de potentiella värdländerna också har egna åtaganden att uppfylla under Parisavtalet.

Som redogörs för i kapitel 14 skapades en internationell utsläppsmarknad under 00-talet, med en efterfrågan på krediter som drevs av länders utsläppsbegränsningsåtaganden under Kyotoprotokollet samt den efterfrågan som uppstod inom näringslivet i Japan och inom EU:s utsläppshandelssystem. Då utvecklades s.k. primär- och sekundärmarknader⁹⁸ för utsläppsminskningenheter från CDM-projekt.

Under perioden 2005–2011 fungerade det s.k. spotpriset på sekundärmarknaden som referensnivå för prissättningen på primärmarknaden. Privata aktörer förvärvade enheter på primärmarknaden i syfte att sälja vidare på sekundärmarknaden, vilket ledde till att en relation mellan prisnivåerna på de två marknaderna etablerades. Efter som handeln på primärmarknaden inte var standardiserad förekom dock en prisvariation mellan olika förvärsavtal beroende på en rad faktorer. Prissättningen avseende förvärsavtal berodde under denna period, förutom på sekundärmarknadspriset, bl.a. även på bedömningar avseende det enskilda projektet samt köparens och säljarens preferenser.

Sedan skedde ett kraftigt efterfrågefall på sekundärmarknaden som medförde att den sedan slutet av 2011 inte längre spelade någon roll som referenspris för primärmarknaden. Primärmarknadens kvarvarande aktörer började därför tillämpa nya prissättningskoncept. Ett dominerande angreppssätt blev ett slags kostnadsprissättning – en projektspecifik ansats där de finansiella förutsättningarna för enskilda projekts genomförande bedömdes, för att en prisnivå som krävs för att projekt ska bli genomförbara på kommersiella grunder på så sätt bestämdes.

Med Parisavtalet är förutsättningarna annorlunda. Avtalet har en uppbyggnad nerifrån och upp och målen ska nås genom att Parisavtalets parter lägger fram klimatplaner. Dessa planer skiljer sig dock åt till sin form och omfattning och sådana skillnader skapar utmaningar för internationell utsläppshandel.

⁹⁸ CDM-marknaden har varit uppdelad i en primärmarknad och en sekundärmarknad. På primärmarknaden har förvärsavtal till största delen tecknats i tidiga skeden av projektcykeln och avsett framtida leveranser av utsläppsminskningenheter. Sekundärmarknaden åsyftar standardiserad börshandel för utfärdade utsläppsminskningenheter vilka redan sålts av projektägare till aktörer på primärmarknaden.

Det finns stora skillnader mellan länders nationella klimatplaner, inte minst när det gäller ambitionsnivåer. Även skillnader i design m.m. avseende befintliga initiativ inom prissättning av växthusgasutsläpp innebär en hög grad av fragmentering och heterogenitet, vilket i sin tur medför att artikel 6-enheter som ingår i avtal om internationella överföringar mellan stater inte kommer att vara enhetliga. Detta försvårar utvecklingen mot en global utsläppshandel.

På kortare sikt kan priserna därför antingen antas komma att sättas relativt heterogent (se kapitel 15) efter en ekonomisk utvärdering. En annan möjlig utveckling skulle kunna vara att flygbolagen via Internationella civila luftfartsorganisationens (ICAO:s) klimatkompensationsprogram CORSIA väljer att agera på samma marknad som länderna under artikel 6. Om utbudet av artikel 6-enheter inledningsvis begränsas på grund av osäkerhet hos säljarländerna skulle betalningsviljan bland köpare inom CORSIA kunna bli prissättare. Flygbolagens alternativkostnader i form av åtgärder inom flyget kan då tänkas vägleda de priser som sätts på ett liknande sätt som priserna inom utsläppshandelssystemet tidigare påverkade prissättningen på CDM-krediter.

Utredningen väljer i denna konsekvensanalys att göra antagandet att flygbolagen inom CORSIA kan komma att spela en sådan roll som beskrivs ovan. Flygbolagens internationella branschorganisation IATA (International Air Transport Association) har i en inläga från hösten 2019 till ICAO⁹⁹ redovisat egna antaganden om vilka prisnivåerna kan komma att bli för de s.k. off-sets de kan komma att förvärva med start 2021.

Flygbranschens egna prisbedömningar hamnar på mellan 8 US-dollar per ton i inledningen, till 20 US-dollar per ton efter drygt 10 år. Flygbolagens genomsnittskostnader per enhet beräknas enligt inlagan uppgå till 16 US-dollar per ton koldioxidekvivalenter 2021–2035.

Utredningen gör utifrån detta bedömningen att de enheter som länder kommer kunna förvärva under artikel 6 som lägst kommer ligga i den övre delen av detta kostnadsspann.

I en studie från november 2019 för Energimyndigheten gör författarna den sammantagna bedömningen att ett realistiskt prisintervall för artikel 6-enheter mot 2030 skulle kunna ligga på 100–500 kronor per ton, med 150–300 kronor per ton som ett mer troligt intervall i närtid,

⁹⁹ ICAO (2019).

utifrån förväntade kostnader för att generera utsläpps begränsningsenheter under artikel 6.4 och köparländers betalningsvilja.¹⁰⁰

Priser på minst 200 kronor per ton koldioxid

I utredningens egna beräkningar i avsnitt 20.4.1 har antagits att priset för de enheter som Sverige kan komma att förvärva kan komma att uppgå till minst 200 kronor per ton, dvs. en något högre prisnivå jämfört med de antaganden som IATA gjort och inom det intervall som författarna till Energimyndighetens underlag angav (se ovanstående avsnitt). Utredningen väljer att anta en något högre prisnivå redan från 2020-talets inledning, eftersom utredningen lägger förslag om att de svenska förvärven ska ha en ambitionshöjande inriktning och uppfylla Parisavtalets kommande regelbok på ett sätt som utgör ett föredöme för andra länder. Förvärven ska ställa krav på (i) hög kvalitet, (ii) bidra till hållbar utveckling, (iii) ha en hög miljöintegritet i de utsläpps begränsningar som genomförs och (iv) möjliggöra för en höjning av världens egen klimatambition. Kommande artikel 6-bestämmelser kan dessutom komma att innebära att en viss andel av de enheter som handlas måste annulleras direkt, utan att någon part kan tillgodoräkna sig dem. Krav på automatisk annullering leder till att priserna blir högre.

En viktig skillnad gentemot den tidigare perioden under Kyoto-protokollet är vidare att Parisavtalet lägger större vikt vid klimatfinansiering än vad Kyotoprotokollet gjorde. Det kommer därför troligen bli vanligare att pengar från olika klimatbudgetar kombineras för att finansiera insatser. Till skillnad från CDM-enheter kommer inte alltid hela utsläppsminskningseffekten från en insats kunna fördelas till de medel som betalas för utsläpps begränsningsenheter, eftersom samma utsläppsminskningar inte tillåts hänföras till flera finansieringskällor. Detta kan även komma att påverka pris-sättningen av artikel 6-enheter uppåt.

Alla dessa faktorer sammantaget talar för att priserna kan komma att öka ytterligare under 2020-talet. Utredningen väljer därför även att räkna med ett känslighetsalternativ där priserna stiger till i genomsnitt 400 kronor per ton under 2020-talet, dvs. mer i den övre delen av det prisintervall som studien för Energimyndigheten resulterade i.

¹⁰⁰ First Climate (Switzerland) AG, Perspectives Climate Group GmbH (2019). Avrundade siffror 1 amerikansk dollar har satts till 10 kronor.

Bedömningar på längre sikt i en värld som ställer om i linje med Parisavtalets temperaturmål

I utvecklingsvägar som är kompatibla med högst 1,5–2 graders temperaturökning är det nödvändigt med en mycket omfattande ambitionshöjning världen över. Med en betydligt ökad och mer jämn ambitionsnivå i de nationella klimatplanerna på sikt utifrån ländernas respektive förmåga och förutsättningar, och en större likformighet i åtagandenas utformning, förbättras förutsättningarna att nyttja de möjligheter till länkning av handelssystem som artikel 6.2 under Parisavtalet innebär. På sikt kan det vid en sådan utveckling bli möjligt att det utvecklas system för att utvärdera och jämföra de relativa värdena hos artikel 6-enheter på marknaden, vilket skulle kunna skapa förutsättningar för en mer enhetlig prissättning.

Enligt resultat från modelleringar av 1,5- och 2-gradersscenarier kan den genomsnittliga marginalkostnaden (det s.k. skuggpriset) för att nå utsläppsminskningarna till 2030 i 2-gradersscenarier hamna på nivåer runt 50 US-dollar per ton. Resultaten indikerar att minskningsenheter vid denna tid, om en globalt mer enhetlig prissättning har kunnat utvecklas, kan komma att hamna under dagens kostnader på marginalen i exempelvis Sverige. På lite längre sikt försvinner dock denna skillnad helt i modelleringarna.

Priserna konvergerar vid lite olika tidpunkter beroende på hur scenarierna är uppbyggda. I en del fall antas priserna konvergera redan 2030, i andra fall fram emot 2050.

Skillnaden i marginalkostnader för utsläppsbegränsningar mellan rikare och fattigare länder minskar mycket snabbt vid en utveckling i linje med 1,5-gradersscenarier och hamnar enligt modelleringarna på betydligt högre nivåer än i 2-gradersscenarier redan 2030.¹⁰¹ Vid en sådan ambitionshöjning indikerar alltså modellresultaten att det relativt snabbt inte blir billigare att genomföra åtgärder i andra länder jämfört med kostnaderna för åtgärder på hemmaplan. Skillnader i kostnader mellan olika regioner skulle kunna bestå om det på sikt skulle utvecklas tekniker för negativa utsläpp i relativt stor skala, t.ex. DACCS, som kan tillämpas i olika omfattning i olika delar av världen.

¹⁰¹ IPCC (2018).

*Priserna stiger snabbt och konvergerar mellan länder
i 1,5- och 2-gradersscenarier*

Det finns sammantaget en rad skäl som talar för att priserna kan komma att stiga ytterligare mot 2030 jämfört med de priser som utredningen valt att räkna med i denna konsekvensbeskrivning.

Klimatramverkets utgångspunkt är att ramverkets mål ska genomföras i en värld som ställer om. I en sådan värld är det inte sannolikt att det kommer vara billigare att genomföra åtgärder i andra länder än i Sverige på lite längre sikt. Utredningen föreslår att de kompletterande åtgärderna i andra länder på längre sikt bör inriktas mot tekniker för negativa utsläpp med hög permanens. Eventuella pris-skillnader mellan olika regioner kommer då bero på dels hur förutsättningar utvecklas för då aktuella tekniker i olika delar av världen, dels hur sammanhängande framtida växthusgasmarknader kan komma att bli.

Referenser

Propositioner

- Prop. 2017/18:1, *Budgetpropositionen för 2018. Förslag till statens budget för 2018, finansplan och skattefrågor.*
- Prop. 2016/17:146, *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige.*
- Prop. 2016/17:104, *En livsmedelsstrategi för Sverige – fler jobb och hållbar tillväxt i hela landet.*
- Prop. 2016/17:16, *Godkännande av klimatavtalet från Paris.*
- Prop. 2015/16:1, *Budgetpropositionen för 2016. Förslag till statens budget för 2016, finansplan och skattefrågor.*
- Prop. 2014/15:64, *Genomförande av offshoredirektivet.*
- Prop. 2011/12:125, *Geologisk lagring av koldioxid.*
- Prop. 2009/10:155, *Svenska miljömål – för ett effektivare miljöarbete.*
- Prop. 2008/09:162, *En sammanhållen klimat- och energipolitik – Klimat.*
- Prop. 1999/2000:74, *Godkännande av ett nytt protokoll m.m. till två marina konventioner.*
- Prop. 1997/98:45, del 1, *Miljöbalk.*

SOU och skrivelser

- SOU 2019:11: *Biojet för flyget.*
- SOU 2018:76: *Mindre aktörer i energilandskapet – förslag med effekt.*
- Ds. 2018:38: *Anpassad miljöprövning för en grön omställning.*
- Skr. 2017/18:238: *En klimatstrategi för Sverige.*
- SOU 2017:99: *Effektivare energianvändning.*

- SOU 2017:83: *Brännbeta skatter! Bör avfallsförbränning och utsläpp av kväveoxider från energiproduktion beskattas?*
- SOU 2016:47: *En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige.*
Delbetänkande av Miljömålsberedningen.
- SOU 2016:21: *Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige.*
Delbetänkande av Miljömålsberedningen.

Artiklar och publikationer

- Anderson och Peters (2016): *The trouble with negative emissions.* Science, 354(6309), 182–183 (2016).
- Andersson, Joelsson (2013): *Hur exploatering av åkermark kan begränsas – En växande fråga.* Examensarbete. Institutionen för Teknik och samhälle. Lunds Tekniska Högskola.
- Asian Development Bank, ADB (2017): *Future Carbon Fund Delivering Co-benefits for Sustainable Development.*
- Avfall Sverige (2018): *Marknaden för biokol i Sverige.* Rapport 2018:14.
- Baum, Weih, Busch, Kroiher, Bolte (2009): *The impact of Short Rotation Coppice plantations on phytodiversity.* Agriculture and Forestry Research 3 2009 (59).
- Berglund, Eklöf (2019): *Övergivna torvjordar i Mellansverige – Rapport till klimatpolitiska vägvalsutredningen.* Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för mark och miljö.
- Bergstén, Keskitalo (2019): *Feeling at home from a distance? How geographical distance and non-residency shape sense of place among private forest owners.* Society & Natural Resources. Vol. 32, nr 2.
- Bloomberg (2018): *Electric vehicle outlook 2018,* Bloomberg New energy finance.
- Bloomberg (2019a): *Clean energy investments trends 2018.* Bloomberg New Energy Finance.
- Bloomberg (2019b): *Electric vehicle outlook 2019,* Bloomberg New energy finance.

- Bolinder, Freeman, Kätterer (2017): *Sammanställning av underlag för skattning av effekter på kolinlagring genom insatser i Landsbygdsprogrammet*. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Bolinder, Stendahl, Kätterer (2019): *Utredning om kolbalanser vid beskogning av jordbruksmark*. Redovisning av uppdrag till Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Boverket (2018a): *Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan*. Rapport 2018:5.
- Boverket (2018b): *Klimatdeklaration av byggnader. Förslag på metod och regler*. Slutrapport. Rapport 2018:23.
- Brege, Nord, Stehn (2017): *Industriellt byggande i trä – nuläge och prognos mot 2025*. Forskningsrapport LIU-IEI-RR-17/00263-SE.
- Börjesson, Lundgren, Ahlgren, Nyström (2013): *Dagens och framtidens hållbara biodrivmedel*-Underlagsrapport från f3 till utredningen om FossilFri Fordonstrafik (f3 report; vol. 2013:3).
- Börjesson (2016): *Potential för ökad tillförsel och avsättning för inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi*. Lund University. Department of Technology and Society. Environmental and Energy Systems Studies. Rapport 97.
- Center for Clean Air Policy, CCAP (2017): *Using transfers to enhance ambition over the NDC cycles*.
- Clean Energy Wire (2019): *Merkel puts contentious CCS technology back on German agenda*.
- Climate Finance Innovators (2019): *Moving Towards Next generation of Carbon Markets, observations from article 6 pilots*.
- Climate Focus (2019): *Landscape of article 6 pilots – A closer look at initial cooperative approaches*.
- Commission Staff Working Document (2008): *Impact Assessment of Package of Implementation measures for the EUs on climate change and renewable energy for 2020*. SEC (2008)85/3.
- Committee on Climate Change (2019): *The UKs contribution to stopping global warming*, Committee on Climate Change maj 2019.
- de Vries, Kros, Reinds, Butterbach-Bahl (2011): *Quantifying impacts of nitrogen use in European agriculture on global warming potential*. Current Opinion in Environmental Sustainability, 3(5), 291–302.

- Drake, Kumm, Andersson (1991): *Har jordbruket i Rottnadalen någon framtid?* Småskriftsserien 48. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för ekonomi.
- EASAC (2018): *Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?* EASAC policy report 35.
- EASAC (2019): *Forest bioenergy, carbon capture and storage, and carbon dioxide removal: an update.*
- EEA (2008): *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2008*, EEA report no 5/2008.
- EEA (2014): *Progress towards 2008–2012 Kyototargets in Europe*, EEA Technical report no 18/2014.
- EEA (2018): *Trends and projections in Europe 2018*, EEA report no 16/2018.
- Elfvig (2009): *En plantering med poppel, björk och gran på nedlagd jordbruksmark vid Umeå*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens ekologi och skötsel. Rapport 2009:5.
- Enerdata (2016): *Benchmark levels of ambition from country's INDCs (Intended Nationally Determined Contributions)*.
- Energiforsk (2015): *Processindustrin och nollvisionen*. Energiforsk rapport 2015:138.
- Energimyndigheten (2019a): *Energiläget (2019) – En översikt*.
- Energimyndigheten (2019b): *Årsrapport 2018 för Sveriges program för internationella klimatinsatser*. ER 2019:05
- Energimyndigheten (2019c): *Kontrollstation 2019 för reduktionsplikten- reduktionspliktens utveckling 2021–2030*.
- Ericsson, Sundberg, Nordberg, Ahlgren, Hansson (2017): *Time-dependent climate impact and energy efficiency of combined heat and power production from short-rotation coppice willow using pyrolysis or direct combustion*. Global Change Biology Bioenergy.
- Eriksson, Johansson, Hörnfeldt, Woxblom, Bohlin, Lindhagen (2011): *Skog på jordbruksmark – erfarenheter från de senaste decennierna*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens produkter. Rapport 17.

- Eriksson, Johansson, Hörnfeldt, Woxblom, Bohlin, Lindhagen (2013): *Beskogning av jordbruksmark – stora möjligheter men också risker*. Fakta skog – Rön från Sveriges lantbruksuniversitet 1:2013.
- Erlandsson (2019): *Modell för bedömning av svenska byggnaders klimatpåverkan – inklusive konsekvenser av befintliga åtgärder och styrmedel*. IVL Svenska miljöinstitutet rapportnummer U6093, rapport på uppdrag av Naturvårdsverket och Boverket.
- ESO (2016): *När det rätta blir det lätta – en ESO-rapport om ”nudging”*. ESO 2016:17.
- Europeiska kommissionen (2018): *In-depth analysis in support on the COM (2018) 773: A Clean Planet for all – A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*.
- Europeiska revisionsrätten (2018): *Demonstration av avskiljning och lagring av koldioxid och innovativa förnybara energikällor i kommersiell skala i EU: utvecklingen har inte gått framåt som planerat under det senaste årtiondet*. Särskild rapport nr 24/2018.
- FAO (2018): *The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050*. Rome. 224 pp.
- First Climate (Switzerland) AG, Perspectives Climate Group GmbH (2019): *Pricing of Verified Emission Reduction Units under Art. 6, Gaining a Better Understanding of Possible Scenarios*, 2019.
- Fasihi, Efimova, Breyer (2019): *Techno-economic assessment of CO₂ direct air capture plants*. Journal of Cleaner Production 224.
- Fridahl (2019): *Incitamentsstrukturer för bioenergi med koldioxid-avskiljning och -lagring i Sverige och Europeiska unionen – Underlagsrapport till Klimatpolitiska vägvalsutredningen (M 2018:07)*. Stockholm Environment Institute och Linköpings universitet.
- Fuss m.fl. (2018): *Negative emissions – Part 2: Costs, potentials and side effects*. Environmental Research Letters. 13, nr 6.
- Gardarsdottir, Normann, Skagestad & Johnsson (2018): *Investment costs and CO₂ reduction potential of carbon capture from industrial plants – A Swedish case study*.

- Garnett, Godde, Muller, Röö, Smith (2017): *Grazed and Confused? Ruminating on cattle, grazing systems, methane, nitrous oxide, the soil carbon sequestration question – and what it all means for greenhouse gas emissions*. FCRN, University of Oxford.
- Geden (2015): *Policy Climate advisers must maintain integrity*. *Nature*, 521(7550), 27–28 (2015).
- Girardin, Bouriaud, Hogg, Kurz, Zimmermann, Metsaranta (2016): *No growth stimulation of Canada's boreal forest under half-century of combined warming and CO₂ fertilization*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (52), E8406–E8414.
- Global CCS Institute (2018): *The Global Status of CCS*.
- Gold Standard Foundation (2018): *Future proofing the voluntary carbon markets. Double counting post-2020*. Version 1.0. Geneva.
- Grassi m.fl. (2018): *Reconciling global-model estimates and country reporting of antropogenic forest CO₂ sinks*. *Nature Climate Change* 8,914-920(2018).
- Green Stream (2018): *Lessons learned from the Swedish Programme for International Climate Change Mitigation*.
- Griscom m.fl. (2017): *Natural climate solutions*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 114(44).
- Griscom m.fl. (2019): *We need both natural and energy solutions to stabilize our climate*, Letter to the editor, *Wiley Global Change Biology*, feb. 2019.
- Group of Chief Scientific Advisors (2018): *Novel carbon capture and utilization technologies, Scientific Opinion*. 4/2018. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation.
- Gustafsson (2019): *Förslag till styrning mot användning av biokol*. Inläga från Stockholm Exergi till klimatpolitiska vägvalsutredningen 2019-02-08.
- Hamrick & Gallant (2017): *Unlocking Potential, State of the Voluntary Carbon Markets 2017*. Washington, DC: Ecosystem Marketplace.
- Hannerz, Bohlin (2012): *Markägares attityder till plantering av poppel, hybridasp och Salix som energigrödor – en enkätundersökning*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens produkter 20.

- Hedlund, Brady, Hanson, Hristov, Alkan Olsson, Smith, Wilhelmsson (2017): *Värdering av ekosystemtjänster inom jordbruket – för effektivt beslutsfattande*. Slutrapport för forskningsprojekt. Naturvårdsverket rapport 6753.
- Helle och Koefoed (2018): *CCS needs to start with a bang, not a whimper – Realizing Carbon Capture and Storage (CCS) technologies globally*. DNV GL, DNVGL.com.
- Hellman (2017): *Agroforestry på svensk åkermark – vägen mot ett resilient och mångfunktionellt jordbruk?* Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtproduktionsekologi.
- Henderson, Gerber, Hilinski, Falcucci, Ojima, Salvatore (2015): *Greenhouse gas mitigation potential of the world's grazing lands: modeling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 207, 91–100.
- Henttonen, Nöjd, Mäkinen (2017): *Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971–2010 – An analysis based on National Forest Inventory*. Forest Ecology and Management, 386, 22–36.
- Hermwille, Kreibich (2016): *Identity Crisis? Voluntary Carbon Crediting and the Paris Agreement*. JIKO Policy Brief No 02/2016. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy GmbH.
- Honegger, Reiner (2018): *The political economy of negative emissions technologies: consequences for international policy design*, Climate Policy, 18:3, 306–321.
- ICAO (2019): *Working Paper A40-WP/193 Industry views on CORSIA*.
- IEA (2011): *Carbon Capture and Storage and the London Protocol: Options for Enabling Transboundary CO₂ Transfer*.
- IEA (2019): *Tracking Clean Energy Progress*.
- INFRAS, Fraunhofer ISI, Wuppertal institute for Climate (2019): *Options for fostering increasing levels under the Paris article 6.4 mechanism, discussion paper, mars 2019*.
- INFRAS, Carbon Limits och SEI (2019): *Article 6 in the Paris Agreement as an ambition mechanism Options and recommendations*, juni 2019.

- IPCC (2005): *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Metz, Davidson, de Coninck, Loos, and Meyer (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 442 pp.
- IPCC (2006): *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, Buendia, Miwa, Ngara and Tanabe (eds). Published: IGES, Japan.
- IPCC (2014): Fifth assessment report Mitigation of climate change kapitel 13.
- IPCC (2014): *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*.
- IPCC (2018): *Global Warming of 1.5 °C*. Masson-Delmotte, Zhai, Pörtner, Roberts, Skea, Shukla, Pirani, Moufouma-Okia, Péan, Pidcock, Connors, Matthews, Chen, Zhou, Gomis, Lonnoy, Maycock, Tignor, and Waterfield (eds.).
- IPCC (2019a): *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- IPCC (2019b): *Special report on Climate Change and Land*.
- IPCC (2019c): *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.
- IRENA (2019): *Renewables 2019 Global status report*. REN 21.
- IVL (2019): *Underlag om internationella investeringar till den klimatpolitiska vägvalsutredningen*, maj 2019.
- Johansson (2010): *Överlevnad och tillväxt i planteringar av träd på f.d. åkermark*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för energi och teknik Rapport 27.
- Johnsson och Kjärstad (2019): *Avskiljning, transport och lagring av koldioxid i Sverige – Behov av forskning och demonstration*.
- Joint Research Centre, JRC (2018): *Global energy and climate outlook 2018, Sectoral mitigation options toward a low-emissions economy*. EUR29462 EN.
- Jonasson (2018): *PM. Scenarier för jordbrukets klimatpåverkan med livsmedelsstrategin och ändrad konsumtion*.

- Jordbruksverket (2012): *Ett klimatvänligt jordbruk 2050*. Jordbruksverkets rapport 2012:35.
- Jordbruksverket (2017): *Exploatering av jordbruksmark 2011–2015*. Jordbruksverkets rapport 2017:5.
- Jordbruksverket (2018a): *Kalkyler för energigrödor 2018, fastbränsle, biogas, spannmål och raps*.
- Jordbruksverket (2018b): *Regeringsuppdrag att redovisa miljömålsprojekt om exploatering av jordbruksmark*. Jordbruksverket Dnr 4.1.17-07429/2018.
- Jordbruksverket (2018c): *Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd*. Jordbruksverkets rapport 2018:30.
- Jordbruksverket (2018d): *Miljöersättning för minskat kväveläckage – en uppföljning inom landsbygdsprogrammet*.
- Jordbruksverket (2018e): *Våtmarker och dammar – en uppföljning inom landsbygdsprogrammet*.
- Jordbruksverket (2018f): *Ett rikt odlingslandskap. Fördjupad utvärdering 2019*. Jordbruksverkets rapport 2018:31.
- Jordbruksverket (2019): *Hur påverkar nivå på miljöersättningar viljan att söka? Utvärdering av ersättningsnivåns betydelse för sökande i landsbygdsprogrammet*. Utvärderingsrapport 2019:14.
- Karlsson, Delahaye, Johnsson, Kjærstad & Rootzén (2017): *Immediate deployment opportunities for negative emissions with BECCS: a Swedish case study*.
- Kasimir, Hongxing, Coria, Nordén (2017): *Land use of drained peatlands: Greenhouse gas fluxes, plant production, and economics*. *Global change biology* 24:8.
- Kauppi, Posch, Pirinen (2014): *Large Impacts of Climatic Warming on Growth of Boreal Forests since 1960*. *Plos One*, 9 (11).
- Keskitalo (2018): *Studier av den svenske – och till viss del svenska – skogsägaren. PM till Klimatpolitiska vägvalsutredningen*.
- Kim och Park (2018): *Effect of the development of Clean Development Mechanism on the deployment of renewable energy: Less developed vs. well-developed financial markets*. *Energy economics* 2018.
- Kindbom, Gustafsson (2018): *Reporting of negative emissions in GHG emission inventories*. SMED Report No 19:2018.

- Kirchmann, Kätterer, Bergström, Börjesson, Bolinder (2016): *Flaws and criteria for design and evaluation of comparative organic and conventional cropping systems*. *Field Crops Research*. 186:99–106.
- Kjärstad, Skagestad, Eldrup & Johnsson (2016): *Ship transport – a low cost and low risk CO₂ transport option in the Nordic countries*. *International Journal of Greenhouse Gas Control* 54.
- KOM (96) 217 slutlig: *Communication from the Commission under the UN framework Convention on Climate Change*.
- KOM (2011) 112 slutlig: *Färdplan för ett konkurrenskraftigt, utsläppsnålt samhälle 2050*.
- KOM (2011) 144 slutlig: *Vitboken om EU:s framtida transportpolitik*.
- KOM (2011)885 slutlig: *Energifärdplan för 2050*.
- KOM (2018)842 slutlig: *Report on the functioning of the European Carbon Market*.
- KOM (2019) 640 slutlig: *Den europeiska gröna given*.
- Kommittédirektiv 2019:46: *Stärkt äganderätt, flexibla skyddsformer och naturvård i skogen*.
- Konjunkturinstitutet (2012): *Miljö, ekonomi och politik*.
- Konjunkturinstitutet (2018): *EUETS, marknadsstabilitetsreserven och effekter av annulleringar*. KI-nr 2018:10.
- Kumm (2013a): *Träd på marginell jordbruksmark är lönsam klimatpolitik*. *Ekonomisk Debatt* nr 3 2013 årgång 41.
- Kumm (2013b): *På väg mot ett ekonomiskt hållbart, högproducerande och klimatsmart jordbruk med höga landskapsvärden*. *Naturvårdsverket rapport 6578*.
- Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien (2019): *Så klarar det svenska jordbruket klimatmålen*. En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet.
- Kurz, Dymond, Stinson, Rampley, Neilson, Carroll (2008): *Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change*. *Nature*, 452 (7190), 987–990.
- Kätterer, Bolinder, Berglund, Kirchmann (2012): *Strategies for carbon sequestration in agricultural soils in northern Europe*. *Acta Agriculturae Scand A* 62:181–198.

- Kätterer, Roobroeck, Andrén, Kimutai, Karlton, Kirchmann, Nyberg, Vanlauwe, Röing de Nowina (2019): *Biochar addition persistently increased soil fertility and yields in maize-soybean rotations over 10 years in sub-humid regions of Kenya*. Field Crops Research, Volume 235, 18–26.
- La Hoz, Theuer m.fl. (2017): *International transfers under Article 6 in the context of diverse ambition of NDCs* Stockholm Environment Institute, SEI, 2017.
- Langlet (2014): *Transboundary Transit Pipelines: Reflections on the Balancing of Rights and Interests in Light of the Nord Stream Project*, 63:4 International & Comparative Law Quarterly.
- Langlet (2015): *Exporting CO₂ for Sub-Seabed Storage: The Non-Effective Amendment to the London Dumping Protocol and its Implications*. 30 International Journal of Marine and Coastal Law.
- Langlet (2018): *Using the Continental Shelf for Climate Change Mitigation: A Baltic Sea Perspective*. 9 kap. i H. Ringbom, Regulatory Gaps in Baltic Sea Governance.
- Langlet (2019): *Vissa internationellrättsliga hinder för användning av CCS/bio-CCS – analys och handlingsalternativ*. Underlagsrapport till Klimatpolitiska vägvalsutredningen.
- Larsson, Lundmark, Ståhl (2009): *Möjligheter till intensivodling av skog*. Sveriges lantbruksuniversitet. Slutrapport från regeringsuppdrag Jo 2008/1885.
- Leviñh, Linde, Gustavsson & Dahlén (2018): *Cost effectiveness of BECCS: policy implications and the case of Stockholm*, International Conference on Negative CO₂ Emissions, Göteborg.
- Lindgren, Lundblad (2014): *Towards new reporting of drained organic soils under the UNFCCC*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för mark och miljö 14.
- Länsstyrelsen Västra Götalands län (2018): *Bidragsskalkyler för konventionell produktion*.
- Michaelowa och Butzengeiger (2017): *Ensuring additionality under Art. 6 of the Paris Agreement Suggestions for modalities and procedures for crediting of mitigation under Art. 6.2 and 6.4 and public climate finance provision under Art. 6.8*, Discussion Paper Perspectives Climate Research – November 2017.

- Michaelowa (2019): *Additionality revisited: guarding the integrity of market mechanisms under the Paris Agreement*. Climate Policy 13 of June 2019.
- Mortensen (2016): *Koldioxidlagring i Sverige – sammanställning och resultat från NordiCCS*. SGU-rapport 2016:20.
- Nabuurs, Lindner, Verkerk, Gunia, Deda, Michalak (2013): *First signs of carbon sink saturation in European forest biomass*. Nature Climate Change, 3 (9), 792–796.
- National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (2018): *Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration: A Research Agenda*. A Consensus study report of the National Academies of Sciences, Engineering and Medicine.
- National Inventory Report Sweden (2020): *Greenhouse Gas Emission Inventories 1990–2018 submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol*.
- Naturvårdsverket (2012a): *Arbetsrapport LULUCF. Underlag till Naturvårdsverkets redovisning om Färdplan 2050*. 2012-12-11.
- Naturvårdsverket (2012b): *Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050*. Rapport 6537.
- Naturvårdsverket (2016): *Effekter av förslag till genomförande av EU:s klimatramverk 2030*. Samlings-PM NV-05849-16.
- Naturvårdsverket (2019a): *Underlag till regeringens klimatpolitiska handlingsplan*. Rapport 6879, mars 2019.
- Naturvårdsverket (2019b): *FU Fördjupad utvärdering av miljömålen 2019. Med förslag till regeringen från myndigheter i samverkan*.
- New Climate Institute, NCI, (2018): *Opportunities and safeguards for ambition raising through Article 6 The perspective of countries transferring mitigation outcomes* Project number 817001, April 2018.
- NCI, PBL (2019): *Greenhouse gas mitigation scenarios for major emitting countries 2019 update*.
- NCI, PBL och IIASA (2019): *GHG mitigation policies in major emitting countries: an overview of recently adopted policies* (June 2019 update).

- Niemi Hjulfors, Hjerpe (2014): *Mer än bara energi-, miljö- och samhällsnyttor med energigrödor*. Jordbruksverket.
- Nieminen, Hökkä, Laiho, Juutinen, Ahtikoski, Pearson, Ollikainen (2018): *Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands?* Forest Ecology and Management, 424, 78–84.
- Nilsson, Rosenqvist (2019): *Lönsamheten för odling på marginalmarker*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för energi och teknik. Rapport 109.
- Nordlund, Westin (2010): *Forest values and forest management attitudes among private forest owners in Sweden*. Forests, 2(1), 30–50.
- Obersteiner m.fl. (2018): *How to spend a dwindling greenhouse-gas budget*. Nature Climate change 8, 7–10 (2018).
- OECD/FAO (2018): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2018–2027*. OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- OECD (2003): *Green Investment Schemes: Options and Issues* COM/ENV/EPOC/IEA/SLT, 9.
- OECD (2017): *Policy insights on tackling Environmental Problems with the Help of Behavioural Insights*.
- OECD/IEA (2016): *Carbon Capture and Storage*. Legal and Regulatory Review – edition 5.
- Olsson i samarbete med HagmarksMistras forskare (2008): *Mångfaldsmarker: Naturbetesmarker – en värdefull resurs*. AlfaPrint, Solna.
- Pahkakangas, Berglund, Lundblad, Karlton (2016): *Markanvändning på organogena jordar i Sverige*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö 21.
- PBL (2018): *Global and Regional Greenhouse Gas Emissions Neutrality, Implications of 1,5 C and 2 C scenarios for reaching net zero greenhousegas emissions*, Heleen Van Soest, Michel den Elzen, Nicklas Forsell, Kendall Esmeijer, Detlef van Vurren, (September 2018).

- Piao, Ciais, Friedlingstein, Peylin, Reichstein, Luysaert (2008): *Net carbon dioxide losses of northern ecosystems in response to autumn warming*. Nature, 451, 49–54.
- Pitblado, Baik, Hughes, Ferro, Shaw, Det Norske Veritas (USA) Inc. (2004): *Consequences of LNG Marine Incidents*.
- Profu, Sweco & Energiforsk (2015): *Elanvändningen i Sverige 2030 och 2050 – Slutrapport till IVA Vägval el*.
- Regeringskansliet (2018): *Reformpaket för den gemensamma jordbrukspolitiken efter 2020*. Faktapromemoria 2017/18: FPM 140.
- Refinitiv (2018): *EUA price forecast*.
- Rogelj m.fl. (2015): *Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1,5 °C*, Nature Climate Change, 2015, Vol. 5 (519–527).
- Rogelj, Shindell, Jiang m.fl. (2018): *Mitigation Pathways Compatible with 1.5 °C in the Context of Sustainable Development*. In: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report*.
- Rootzén (2015): *Pathways to deep decarbonisation of carbon-intensive industry in the European Union – Techno-economic assessments of key technologies and measures*. Chalmers Tekniska Högskola.
- Rubin, Davison & Herzog (2015): *The cost of CO₂ capture and storage*.
- Rytter, Mc Carthy (2016): *Uthållig produktion av hybridasp efter skörd*. Skogforsk arbetsrapport 898, 2016.
- Sandbag (2018): *Climate of cooperation. Why countries need to cooperate to cut ESR emissions cost-effectively*, mars 2018.
- Sandbag (2019): *Halfway there, Existing policies put Europe on track for emission cuts of at least 50 % 2030*, mars 2019.
- SCB (2018): *El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2017*.
- Schneider (2017): *Environmental Integrity under Article 6 of the Paris Agreement*. UBA discussion paper.
- Seidl, Schelhaas, Verkerk (2014): *Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage*. Nature Climate Change, 4, 806–810.
- SIDA (2018): *SIDAs årsredovisning 2018*.

- Skagestad, Haugen & Mathisen (2015): *CCS case synthesis Final Report*. NordiCCS Technical Report D3.14.1501/D14.
- Skagestad, Wolf, Anheden, Gardarsdottir, Mathisen & Normann (2018): *Impact analysis of CO₂ capture from pulp mills – effects on CO₂ emissions, costs and green electricity production*.
- Skogforsk (2006): *Trakthyggesbruk med gran och självföryngrad björk, en jämförande studie*. Skogforsk. Uppsala.
- Skogsstyrelsen (2008): *Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08*. Skogsstyrelsen. Rapport 2008:25.
- Skogsstyrelsen (2015a): *Skogliga konsekvensanalyser 2015 – SKA 15*. Skogsstyrelsen. Rapport 2015:10.
- Skogsstyrelsen (2015b): *Effekter av ett förändrat klimat*. Skogsstyrelsens rapport 2015:12.
- Skogsstyrelsen (2018a): *Produktionshöjande åtgärder. Rapport från samverkansprocess skogsproduktion*. Skogsstyrelsens rapport 2018:1.
- Skogsstyrelsen (2018b): *Åtgärder för att minska skador på skog. Rapport från samverkansprocess skogsproduktion*. Skogsstyrelsens rapport 2018:4.
- Skogsstyrelsen (2018c): *Skogseko 1-2018*.
- Skogsstyrelsen (2019a): *Sammanfattning av kunskapsläget kring klimatpåverkan av dikning respektive återvätning av skogsmark (inkl övergiven jordbruksmark)*. Skogsstyrelsen diarie-nummer 2018/5027.
- Skogsstyrelsen (2019b): *Statistik om formellt skyddad skogsmark, frivilliga avsättningar, hänsynsytor samt improduktiv skogsmark*. Rapport 2019:18.
- Skogsstyrelsen (2019c): *Fördjupad utvärdering av Levande skogar 2019*. Rapport 2019:2.
- Stora Enso (2016): *Miljöredovisning Nymölla bruk*.
- Stripple, Ljungkrantz, Gustafsson, Andersson (2018): *CO₂ uptake in cement-containing products. Background and calculation models for IPCC implementation*. IVL report no. B 2309.
- Sundberg (2018): *CO₂-Negative Cooking and Cultivation in Smallholder Farms in Africa: the Potential Role of Pyrolysis and Biochar*. Presentation at International conference on Negative CO₂ Emissions May 22–24.

- Sundberg; Karlton; Gitau; Kätterer; Kimutai; Mahmoud; Njenga; Nyberg; de Nowina; Roobroeck (2019): *CO₂-Negative Cooking and Cultivation in Smallholder Farms in Africa – The Potential Role of Pyrolysis and Biochar*. 2019, submitted manuscript.
- Sveriges geologiska undersökning (2017): *Geologisk lagring av koldioxid i Sverige – Lägesbeskrivning avseende förutsättningar, lagstiftning och forskning samt olje- och gasverksamhet i Östersjöregionen*. Rapporter och meddelanden 142.
- Sveriges lantbruksuniversitet (2017): *Sammanställning av åtgärder inom LULUCF sektorn tillsammans med uppskattning av effekter av ett par av åtgärderna*. Redovisning av Naturvårdsverkets uppdrag nr 2251-16-005.
- Sveriges lantbruksuniversitet (2019): *Scenarier för den svenska skogen och skogsmarkens utsläpp och upptag av växthusgaser*. Slutredovisning av regeringsuppdrag (N208/01213/SK).
- Sweco (2019): *Klimatneutral konkurrenskraft-kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner*.
- Söderberg (2018): *Framtidens jordbruk?: En studie om agroforestry i tempererade områden*. Örebro universitet. Institutionen för naturvetenskap och teknik.
- Söderholm (2012): *Ett mål flera medel – Styrmedelskombinationer i klimatpolitiken*. Naturvårdsverket rapport 6491.
- The Rhodium Group (2019): *Taking stock 2019, an assessment by the Rhodium group*.
- The Royal Society & Royal Academy of Engineering (2018): *Greenhouse gas removal*.
- Trafikanalys (2017): *Skuggpris på koldioxid inom transportområdet*. PM 2017:8.
- Trafikverket (2019): *PM Prognoser och scenarier för att nå klimatmål*. In prep.
- UBA (2018): *Discussion paper: Marginal cost of CER supply and implications of demand sources*.
- UNEP (2017): *The Emissions Gap Report 2017*. United Nations Environment Programme.
- UNEP (2018): *The Emissions Gap Report 2018*. United Nations Environment Programme.

- UNEP (2019): *The Emissions Gap Report 2019*. United Nations Environment Programme.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2012): *Benefits of the Clean Development Mechanism 2012*.
- United Nations Climate Change (2019): *Achievements of the Clean Development Mechanism – Harnessing Incentives for Climate Action 2001–2018*.
- van den Berg, van Soest, Hof m.fl. (2019): Implications of various effort-sharing approaches for national carbon budgets and emission pathways, Climatic Change (2019).
- Vattenfall (2011): Pressmeddelande 2011-12-05.
- Voluntary Carbon market insights (2018): *Outlook and first quarter trends (Ecosystem marketplace)*.
- Världsbanken (2016): *State and trends of Carbon Pricing 2016*.
- Världsbanken (2019): *State and trends of Carbon Pricing 2019*.
- Wachsmuth, Schaeffer and Hare (2018): *The EU long-term strategy to reduce GHG emissions in light of the Paris Agreement and the IPCC special report on 1,5 C*, Working Paper Sustainability and Innovation No S22/2018.
- Weih (2006): *Energiskogsodling på åkermark – möjligheter för biologisk mångfald och kulturmiljö i ett landskapsperspektiv*. Rapport till Naturvårdsverket. Dnr. 802-114-04.
- Westin, Eriksson, Lidestav, Karppinen, Haugen, Nordlund (2017): *Individual forest owners in context*. In: Keskitalo, E. C. H. (ed.) *Globalisation and Change in Forest Ownership and Forest Use: Natural Resource Management in Transition*. Palgrave Macmillan, Basingstoke. p. 57–95.
- WRI (2018): *Low carbon futures in least developed countries WRI expert perspectives*.
- WSP (2018): *Kostnadseffektiv styrning mot lägre utsläpp? Kostnads-effektivitet hos styrmedel för lägre växthusgasutsläpp i transportsektorn*, WSP, PM 2018-06-28.
- Zaehle, Ciais, Friend, Prieur (2011): *Carbon benefits of anthropogenic reactive nitrogen offset by nitrous oxide emissions*. Nature Geoscience, 4(9), 601–605.

Zero emission platform (2017): *Climate solutions for EU industry: interaction between electrification, CO₂ use and CO₂ storage*. Bryssel.

Åberg (2017): *Konsekvenser av förbud mot landbaserad utvinning av olja och gas på land*.

Ökoinstitut och SEI (2016): *How additional is the Clean Development Mechanism?*

Ökoinstitut (2017): *CORSIA Quantification of the Offset demand*, Berlin June (2017).

EU-rättsakter

Fördraget om Europeiska unionens funktionssätt (*EUF-fördraget*).

Kommissionens delegerade förordning (EU) C(2019) 1492 om komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG vad gäller driften av innovationsfonden.

Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2018/2067 av den 19 december 2018 om verifiering av uppgifter och ackreditering av kontrollörer i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG.

Kommissionens genomförandeförordning (EU) 2018/2066 av den 19 december 2018 om övervakning och rapportering av växthusgasutsläpp i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG och om ändring av kommissionens förordning (EU) nr 601/2012.

Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/2001 av den 11 december 2018 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor.

Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/1999 av den 11 december 2018 om styrningen av energiunionen och av klimatåtgärder samt om ändring av Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 663/2009 och (EG) nr 715/2009, Europaparlamentets och rådets direktiv 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU och 2013/30/EU samt rådets direktiv 2009/119/EG och (EU) 2015/652 och om upphävande av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 525/2013 (*styrningsförordningen*).

- Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/842 av den 30 maj 2018 om medlemsstaternas bindande årliga minskningar av växthusgasutsläpp under perioden 2021–2030 som bidrar till klimatåtgärder för att fullgöra åtagandena enligt Parisavtalet samt om ändring av förordning (EU) nr 525/2013 (*ansvarsfördelningsförordningen, Effort Sharing Regulation*).
- Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/841 av den 30 maj 2018 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030 och om ändring av förordning (EU) nr 525/2013 och beslut nr 529/2013/EU (*LULUCF-förordningen*).
- Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/410 av den 14 mars 2018 om ändring av direktiv 2003/87/EG för att främja kostnadseffektiva utsläppsminskningar och koldioxidsnåla investeringar, och beslut (EU) 2015/1814.
- Europaparlamentets och rådets beslut (EU) 2015/1814 av den 6 oktober 2015 om upprättande och användning av en reserv för marknadsstabilitet för unionens utsläppshandelssystem och om ändring av direktiv 2003/87/EG.
- Meddelande från kommissionen, Riktlinjer för statligt stöd till miljöskydd och energi för 2014–2020 (2014/C 200/01).
- Kommissionens förordning (EU) nr 651/2014 av den 17 juni 2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget (*gruppundantagsförordningen*).
- Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 1305/2013 av den 17 december 2013 om stöd för landsbygdsutveckling från Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling (Ejflu) och om upphävande av rådets förordning (EG) nr 1698/2005.
- Europaparlamentets och rådets beslut nr 529/2013/EU av den 21 maj 2013 om bokföringsregler för utsläpp och upptag av växthusgaser till följd av verksamheter i samband med markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk och om information beträffande åtgärder som rör dessa verksamheter (*LULUCF-beslutet*).

- Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 525/2013 av den 21 maj 2013 om en mekanism för att övervaka och rapportera utsläpp av växthusgaser och för att rapportera annan information på nationell nivå och unionsnivå som är relevant för klimatförändringen och om upphävande av beslut nr 280/2004/EG.
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/30/EU av den 12 juni 2013 om säkerhet för olje- och gasverksamhet till havs och om ändring av direktiv 2004/35/EG (*offshoredirektivet*).
- Europaparlamentets och rådets beslut nr 406/2009/EG av den 23 april 2009 om medlemsstaternas insatser för att minska sina växthusgasutsläpp i enlighet med gemenskapens åtaganden om minskning av växthusgasutsläppen till 2020 (*ansvarsfördelningsbeslutet*).
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/31/EG av den 23 april 2009 om geologisk lagring av koldioxid och ändring av rådets direktiv 85/337/EEG, Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG, 2001/80/EG, 2004/35/EG, 2006/12/EG och 2008/1/EG samt förordning (EG) nr 1013/2006 (*CCS-direktivet*).
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/29/EG av den 23 april 2009 om ändring av direktiv 2003/87/EG i avsikt att förbättra och utvidga gemenskapssystemet för handel med utsläppsrätter för växthusgaser (*ändringsdirektivet*).
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall och om upphävande av vissa direktiv (*avfallsdirektivet*).
- Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1013/2006 av den 14 juni 2006 om transport av avfall (*avfallstransportförordningen*).
- Europaparlamentets och rådets beslut nr 280/2004/EG av den 11 februari 2004 om en mekanism för övervakning av utsläpp av växthusgaser inom gemenskapen och för genomförande av Kyotoprotokollet.
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/87/EG av den 13 oktober 2003 om ett system för handel med utsläppsrätter för växthusgaser inom gemenskapen och om ändring av rådets direktiv 96/61/EG (*handelsdirektivet*).

Internationella konventioner

Klimatavtalet från Paris, prop. 2016/17:16 (*Parisavtalet*).

Kyotoprotokollet till Förenta nationernas ramkonvention om klimatförändringar. SÖ 2002:41 (*Kyotoprotokollet*).

1996 års protokoll till 1972 års konvention om förhindrandet av havsföroreningar till följd av dumpning av avfall och annat material. SÖ 1974:8 och SÖ 2000:48 (*Londonprotokollet och Londonkonventionen*).

Förenta nationernas havsrättskonvention. SÖ 2000:1 (*havsrättskonventionen*).

1992 års konvention om skydd av Östersjöområdets marina miljö. SÖ 1996:22 (*Helsingforskonventionen*).

Konventionen för skydd av den marina miljön i Nordostatlanten. SÖ 1994:25 (*Osparkonventionen*).

Förenta nationernas ramkonvention om klimatförändringar. SÖ 1993:13 (*klimatkonventionen*).

Konventionen om miljökonsekvensbeskrivningar i ett gränsöverskridande sammanhang. SÖ 1992:1 (*Esbokonventionen*).

Konventionen om våtmarker av internationell betydelse, i synnerhet såsom livsmiljö för våtmarksfåglar. SÖ 1975:76 (*Ramsarkonventionen*).

Kommittédirektiv 2018:70

Kompletterande åtgärder för att nå negativa utsläpp av växthusgaser

Beslut vid regeringssammanträde den 19 juli 2018

Sammanfattning

En särskild utredare ska föreslå en strategi för hur Sverige ska nå negativa utsläpp av växthusgaser efter 2045. Med negativa utsläpp avses här att Sveriges nettoutsläpp, beräknade i enlighet med propositionen Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige (prop. 2016/17:146), är mindre än noll. Utredaren ska undersöka hur bl.a. ökad kolsänka, avskiljning och lagring av koldioxid med biogent ursprung (bio-CCS) och verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder kan och bör bidra till detta. Utredaren ska föreslå hur incitament kan skapas och hinder undanröjas för önskvärd utveckling. Syftet med utredningen är att främja uppfyllandet av målen i det klimatpolitiska ramverket med särskilt fokus på att uppnå negativa utsläpp efter 2045.

Uppdraget innebär bland annat:

- Utredaren ska uppskatta vilken potential olika åtgärder har för att öka kolsänkan och uppskatta den sammantagna realiserbara potentialen för LULUCF-sektorn (Land Use, Land Use Change, and Forestry) att bidra till att uppfylla klimatmålen. Utredaren ska också föreslå sätt att skapa incitament till åtgärder som ökar kolsänkan.
- Utredaren ska identifiera brister och hinder i lagstiftningen, inkl. i EU-rätt och internationell rätt samt i genomförandet av dessa, för hela kedjan som krävs för att koldioxidavskiljning och lagring

(Carbon Capture and Storage, CCS) ska kunna tillämpas på svenska utsläppskällor och lämna författningsförslag för att undanröja dessa brister och hinder där så är relevant. Utredaren ska också lämna förslag för hur incitament kan skapas för bio-CCS. Vidare ska utredaren uppskatta den realiserbara potentialen för bio-CCS att bidra till att uppfylla klimatmålen. Utredaren ska redovisa information om möjliga lagringsplatser för koldioxid samt identifiera eventuella brister i kunskapsunderlaget om CCS. Utredaren ska inte lämna författningsförslag på skatteområdet.

- Utredaren ska uppskatta hur marknaden för verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder kommer att utvecklas från 2020 till mitten på detta sekel och vilken realiserbar potential Sverige har att använda verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder till att bidra till att uppfylla klimatmålen. Utredaren ska också identifiera och redovisa förslag på eventuella insatser som behövs för att Sverige ska kunna förvärva verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder i enlighet med strategin (se nedan).
- Utredaren ska sammanställa information om tekniska åtgärder vid sidan av ökad kolsänka och bio-CCS som kan ge upphov till upptag av koldioxid ur atmosfären och bedöma om förutsättningar kan finnas för någon eller några av dessa åtgärder att ge ett signifikant bidrag till negativa utsläpp i Sverige i mitten på detta sekel.
- Utredaren ska föreslå en strategi för hur Sverige ska nå negativa utsläpp efter 2045 och hur kompletterande åtgärder kan bidra till det, på basis av resultaten från analyserna ovan. Som en del av strategin ska utredaren lämna förslag på hur stor mängden utsläppsminskningar genom kompletterande åtgärder bör vara och hur den bör fördelas över tiden mellan år 2021 och 2045 samt därefter för att uppnå målet så samhällsekonomiskt effektivt som möjligt, inom ramarna för riksdagsbeslutet om det klimatpolitiska ramverket (prop. 2016/17:146, bet. 2016/17:MJU24, rskr. 2016/17:320). Det ingår inte i utredarens uppdrag att lämna förslag till hur utsläppsminskningar ska åstadkommas i de sektorer som direkt omfattas av klimatmålen.

Uppdraget ska redovisas senast den 31 januari 2020.

Bakgrund

Miljökvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan, ett av 16 miljökvalitetsmål i det svenska miljömålssystemet, innebär att halten av växthusgaser i atmosfären ska stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Detta mål är i enlighet med FN:s ramkonvention om klimatförändringar. Målet ska uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras.

Precisering av miljökvalitetsmålet överensstämmer med Parisavtalets temperaturmål och innebär att den globala medeltemperaturökningen ska begränsas till långt under 2 grader Celsius över förindustriell nivå och ansträngningar görs för att hålla ökningen under 1,5 grader Celsius över förindustriell nivå.

Sverige ska vara ett ledande land i det globala arbetet med att förverkliga Parisavtalets ambitiösa målsättningar och bli världens första fossilfria välfärdsland.

Den 15 juni 2017 beslutade riksdagen om regeringens proposition Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige (prop. 2016/17:146, bet. 2016/17:MJU24, rskr. 2016/17:320). Det klimatpolitiska ramverket innebär i korthet följande:

En svensk klimatlag

Klimatlagen (2017:720) lagfäster att regeringens klimatpolitik ska utgå ifrån klimatmålen. Lagen reglerar även hur klimatarbetet ska bedrivas. Regeringen ska varje år presentera en klimatredovisning i budgetpropositionen. Vart fjärde år ska regeringen också ta fram en klimatpolitisk handlingsplan som bl.a. ska redovisa hur klimatmålen ska uppnås. Klimatlagen trädde i kraft den 1 januari 2018.

Ett långsiktigt klimatmål

Det långsiktiga klimatmålet är att Sverige senast år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären. Därefter ska Sverige uppnå negativa utsläpp. Utsläppen från verksamheter inom svenskt territorium ska vara minst 85 procent lägre än utsläppen år 1990.

Målet år 2045 förutsätter höjda ambitioner i EU:s utsläppshandels-system.

För att nå nettonollutsläpp och negativa utsläpp får s.k. kompletterande åtgärder tillgodoräknas. År 2045 får högst 15 procentenheter av de utsläppsminskningar som behövs för att nå nettonollutsläpp ske genom kompletterande åtgärder, vilket motsvarar 11 miljoner ton koldioxidekvivalenter. De möjliga kompletterande åtgärder vi känner till i dag är främst ökade upptag av koldioxid i skog och mark, verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder samt avskiljning och lagring av koldioxid med biogent ursprung (bio-CCS). De kompletterande åtgärderna ska beräknas enligt internationellt godkända regler.

Klimatmål för 2030, 2040 och för transportsektorn

För de utsläpp av växthusgaser i Sverige som omfattas av EU:s ansvarsfördelningsförordning (Effort Sharing Resolution, (EU) 2018/842), den s.k. ESR-sektorns utsläpp, gäller följande mål:

- Senast år 2030 bör utsläppen vara minst 63 procent lägre än utsläppen år 1990. Högst 8 procentenheter av utsläppsminskningarna får ske genom kompletterande åtgärder.
- Senast år 2040 bör utsläppen vara minst 75 procent lägre än utsläppen år 1990. Högst 2 procentenheter av utsläppsminskningarna får ske genom kompletterande åtgärder.

De kompletterande åtgärderna motsvarar högst 3,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2030 och högst 0,9 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2040.

Utsläppen från inrikes transporter utom inrikes flyg ska minska med minst 70 procent senast 2030 jämfört med 2010.

Ett klimatpolitiskt råd

Ett klimatpolitiskt råd bildades den 1 januari 2018. Rådet har till uppgift att bistå regeringen med en oberoende utvärdering av hur den samlade politik som regeringen lägger fram är förenlig med klimatmålen.

Den 12 april 2018 beslutade regeringen om skrivelsen En klimatstrategi för Sverige (skr. 2017/18:238). Regeringen presenterar i skrivelsen de åtgärder regeringen ditintills hade vidtagit för att nå klimatmålen och pekar ut riktningen för det fortsatta arbetet. Regeringen bedömer i skrivelsen att ”[e]n utredning bör tillsättas för att ta fram förslag på en strategi för hur Sverige ska nå negativa utsläpp efter 2045 och hur kompletterande åtgärder kan bidra till det. I uppdraget bör ingå att analysera förutsättningar och potentialer för kompletterande åtgärder samt belysa synergier och mållkonflikter. Därutöver bör konkreta åtgärder föreslås som behövs på såväl kort som lång sikt för att Sverige ska nå negativa utsläpp efter 2045. Utredningen bör fokusera på ökad kolsänka, CCS (inkl. bio-CCS) och verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder”.

Med Parisavtalet har världen för första gången fått ett avtal där alla länder förbinder sig att vidta åtgärder för att minska utsläppen och där man gemensamt ska sträva mot de temperaturmål som satts upp. Takten i arbetet med att nå målen kommer fortfarande att variera mellan olika länder men investeringar i bl.a. förnybar energi har under de senaste åren ökat snabbt i många delar av världen. Inom EU har ny lagstiftning som genomför Parisavtalet inom EU beslutats och inom energiområdet är förhandlingarna om mål och regelverk för bl.a. förnybar energi och effektivisering inne i slutskedet. En följd av detta väntas bl.a. bli ökad efterfrågan på biomassa.

Uppdraget

Ökning av kolsänkan

En ökning av kolsänkan bör enligt regeringens bedömning i prop. 2016/17:146 beräknas enligt internationellt beslutade regler. Det har inte utvecklats internationella regler för bokföring av skog och annan markanvändning under Parisavtalet och nuvarande regelverk under Kyotoprotokollet sträcker sig endast till 2020. EU har som första part nu tagit fram gemensamma bokföringsregler för tiden efter Kyotoprotokollet fram till 2030, genom beslut om den s.k. LULUCF-förordningen (Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2018/841 om inbegripande av utsläpp och upptag av växthusgaser från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk i ramen för klimat- och energipolitiken fram till 2030 och om ändring av förordning

(EU) nr 525/2013 och beslut nr 529/2013/EU), vilka kommer att tjäna som bokföringsregler för EU:s åtagande under Parisavtalet.

LULUCF-förordningen omfattar upptag och utsläpp av växthusgaser till och från markkategorier påverkade av mänsklig aktivitet. Kalfjäll, orörda våtmarker, sjöar och hav omfattas inte enligt definitionen. Enligt förordningen förbinder sig medlemsländerna till att inte ha minskade nettoupptag, eller ökade nettoutsläpp, under åtagandeperioden. Om så ändå sker kan detta kompenseras, t.ex. via ytterligare utsläppsminskningar inom ESR-sektorn.

Inom EU:s klimatramverk har Sverige möjlighet att använda totalt 4,9 miljoner ton koldioxidekvivalenter i ökade nettoupptag i LULUCF-sektorn för att uppnå vårt åtagande enligt ESR under hela tioårsperioden 2021–2030. Eftersom Sverige har ett långt mer ambitiöst nationellt mål än utsläppsminskningmålet enligt ESR förväntas Sverige inte behöva använda ett eventuellt ökat nettoupptag på detta sätt. Ökade nettoupptag utöver LULUCF-förordningens krav om bibehållet nettoupptag bör kunna räknas som kompletterande åtgärd för uppfyllande av Sveriges nationella etappmål inom klimatramverket.

Genom LULUCF-förordningen begränsas mängden ökat upptag som varje medlemsland får tillgodoräkna sig från marktypen brukad skogsmark. För Sverige innebär det en begränsning till ungefär 2,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter årligen. En eventuell ökning av kolsänkan i långlivade träprodukter respektive i död ved omfattas dock inte av begränsningen.

Biobaserade bränslen och biobaserade material som ersätter material producerat av fossila råvaror har ett mycket stort värde för samhället i en klimatomställning. Förändrade upptag och utsläpp bokförs i LULUCF-sektorn medan substitutionseffekten av att byta ut fossila material och bränslen ger minskade utsläpp inom ESR-sektorn och den handlande sektorn. Framtida ytterligare utsläppsminskningar inom ESR-sektorn och den handlande sektorn bedöms förutsätta en ökad användning av hållbart producerad bioenergi från skogsbruket. Detta kan minska den framtida potentialen att utnyttja en ökning av kolsänkan som kompletterande åtgärd.

Det finns olika sätt att öka upptagen och minska utsläppen inom LULUCF-sektorn. Ökad inbindning av kol i skog och skogsmark eller i jordbruksmark kan t.ex. skapa ökat upptag, medan återvätning av organogen mark (jordar med högt innehåll av organiskt material) kan ge minskade utsläpp. Även ökat byggtande i trä erbjuder möj-

ligheter till upplagring av kol i form av träprodukter. Avvägningar kommer att behöva göras mellan åtgärder som ökar kolinlagringen i skog och mark och utvecklingen av en bioekonomi, inklusive behovet av att producera biomassa för olika marknader för att ersätta fossila bränslen och material som orsakar större utsläpp av växthusgaser.

Det finns ett antal frågor som behöver studeras närmare om hur en ökad kolsänka kan bidra som kompletterande åtgärd, däribland potentialen för olika åtgärder, kostnader för dessa, hur effektiva incitament för åtgärder kan skapas och hur åtgärderna kan utformas utan att inverka negativt på möjligheten att nå andra miljömål, att öka livsmedelsproduktionen och att säkerställa tillgång till inhemsk biomassa. En annan fråga gäller hur EU:s klimatramverk kan påverka möjligheterna att använda en ökning av kolsänkan som kompletterande åtgärd. Den betydande osäkerhet som finns i mätningen av växt-husgasflöden och det faktum att både skogsmark och åkermark uppvisar stora mellanårsvariationer i utsläpp och upptag är en utmaning. Detsamma gäller osäkerheten om hur den framtida kolsänkan påverkas av såväl förändrad efterfrågan på skogsprodukter som av ett förändrat klimat, inte minst i ett längre tidsperspektiv. Utredaren ska därför:

- Uppskatta potentialen för olika åtgärder för att öka kolsänkan inom LULUCF-sektorn. Potentialerna ska där så är möjligt redovisas för åren 2030, 2040 och 2045 samt på ännu längre sikt. Eventuella hinder ska redovisas, såsom exempelvis svårigheter att fånga upp resultat av åtgärder i rapporteringen av LULUCF-sektorns utsläpp och upptag av växthusgaser.
- Uppskatta den sammantagna realiserbara potentialen för LULUCF-sektorn att kostnadseffektivt bidra till uppfyllandet av klimatmålen (för 2030, 2040, 2045 och till negativa utsläpp). Hänsyn ska tas till de potentiella målkonflikter som föreligger. Alternativa scenarier bör redovisas.
- Lämna förslag på hur incitament kan skapas för åtgärder som ökar kolsänkan. Eventuella hinder för att åstadkomma önskad utveckling ska redovisas. Utredaren ska inte lämna författningsförslag på skatteområdet.

- Undersöka, föreslå och motivera en tolkning av hur de svenska klimatmålen förhåller sig till regelverket på EU- och FN-nivå vad gäller eventuella kvantitativa begränsningar för hur mycket LULUCF-sektorn får bidra som kompletterande åtgärd.

Avskiljning och lagring av biogen koldioxid

Koldioxidavskiljning och lagring (Carbon Capture and Storage, CCS) är ett resultat av ett flertal tekniker i samverkan, där syftet är att undvika utsläpp av koldioxid till atmosfären genom att lagra koldioxiden permanent och under högt tryck, i djupa formationer i berggrunden.

I Sverige har CCS-tekniken på senare tid främst diskuterats som en åtgärd för att minska utsläppen från exempelvis cementindustrin och raffinaderier. Sådana åtgärder för att minska fossila utsläpp omfattas av de delar av klimatmålen som avser minskningar på svenskt territorium och är således inte att betrakta som kompletterande åtgärder. Avskiljning och lagring av koldioxid är emellertid inte bara en potentiell möjlighet för att minska de fossila utsläppen. Det går även att åstadkomma negativa utsläpp genom avskiljning och lagring av biogena utsläpp från exempelvis förbränning av biomassa. I teknisk mening skiljer sig inte avskiljning och lagring av koldioxid från biogena källor från de från fossila källor och de frågeställningar som aktualiseras vid en introduktion av CCS-teknik är likartade.

Det finns stora punktkällor i Sverige som kan bidra till att hålla nere kostnaderna för CCS. Den svenska utsläppsstatistiken visar att utsläppen från punktkällor om minst 100 000 ton koldioxid per år uppgår till sammanlagt knappt 18 miljoner ton fossil och nära 30 miljoner ton biogen koldioxid. Av de biogena utsläppen kommer cirka 22 miljoner ton från massa- och pappersbruk.

Det finns ett antal frågor som behöver utredas närmare om avskiljning och lagring av koldioxid. Det handlar bl.a. om fysiska lagringsmöjligheter i Sverige, ekonomiska kostnader, marknadsutveckling och ett flertal juridiska frågor, bl.a. kopplade till tillsyn, tillstånds- och miljöprövning för hantering, transport, export och lagring av koldioxid, som behöver analyseras vidare för att CCS och bio-CCS ska kunna bidra till att uppfylla Sveriges klimatmål. Juridiska frågor som behöver belysas gäller bl.a. hur möjligheterna att exportera koldioxidströmmar och lagra koldioxid påverkas av Londonprotokollet om för-

hindrandet av havsföroreningar till följd av dumpning av avfall och annat material och 1992 års konvention om skydd av Östersjöområdets marina miljö (Helsingforskonventionen). Det bör även undersökas i vilken utsträckning Sveriges genomförande av det s.k. offshore-direktivet (Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/30/EU om säkerhet för olje- och gasverksamhet till havs och om ändring av direktiv 2004/35/EG) påverkar möjligheterna till geologisk lagring av koldioxid. Kunskapsläget om CCS behöver också förbättras.

För avskiljning och lagring av biogen koldioxid är styrmedels- och marknadsnära aspekter viktiga, t.ex. hur incitament kan skapas för sådan verksamhet. Utsläpp från förbränning av biomassa redovisas inom LULUCF-sektorn och regelverk för redovisning av minskade utsläpp via bio-CCS saknas i dag. Det saknas därmed i dagsläget incitament inom EU:s utsläppshandelssystem eller andra styrmedel för att främja avskiljning och lagring av biogen koldioxid.

Uppdraget innebär därför följande:

- Utredaren ska identifiera brister och hinder i lagstiftningen, inkl. i EU-rätt och internationell rätt samt i genomförandet av dessa för hela kedjan som krävs för att koldioxidavskiljning och -lagring ska kunna tillämpas på svenska utsläppskällor. Detta inkluderar tänkbara metoder för transport av koldioxid såväl på land som till sjöss samt gränsöverskridande transporter. Utredaren ska lämna författningsförslag för att undanröja brister eller hinder där så är relevant med utgångspunkt i analysen.
- Utredarens ska sammanställa och redovisa information om möjliga lagringsplatser för koldioxid i Sverige och i det svenska närområdet samt bedöma genomförbarheten av transport och lagring av koldioxid från svenska utsläppskällor vid dessa.
- Utredaren ska identifiera brister i kunskapsunderlaget om CCS och lämna förslag på insatser för att förbättra kunskapsläget.
- Utredaren ska utreda hur bio-CCS kan utvecklas utan att detta ger skador på den biologiska mångfalden och ekosystemtjänsterna.
- Utredaren ska lämna förslag, inklusive författningsförslag om så bedöms vara lämpligt, för hur incitament kan skapas för avskiljning och lagring av koldioxid med biogent ursprung (bio-CCS). Utredaren ska inte lämna författningsförslag på skatteområdet.

- Utredaren ska uppskatta den realiserbara potentialen för bio-CCS att kostnadseffektivt bidra till uppfyllandet av klimatmålen (för 2030, 2040, 2045 och till negativa utsläpp).

Utredaren bör även belysa möjligheten och potentialen att använda avskild koldioxid som insatsvara i andra processer, s.k. CCU (Carbon Capture and Utilisation). Exempelvis bör möjligheten undersökas att använda avskild koldioxid i den kemiska industrin, som råvara vid produktion av transportbränslen, i byggvaror, i växthusodlingar eller vid odling av mikroalger, eftersom det kan bidra till substitution av fossila insatsvaror. Utredaren bör analysera och redovisa klimat-effekten av nyttiggörande eller cirkulering av avskild koldioxid, med hänsyn taget till om koldioxiden är av fossilt eller biogent ursprung.

Verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder

Verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder innebär att Sverige genomför en utsläppsminskande åtgärd i ett annat land varefter utsläppsminskningen kvantifieras och verifieras av en oberoende part i enlighet med kommande regelverk under Parisavtalet. Sverige kan sedan tillgodoräkna sig dessa utsläppsminskningar, i form av utsläppsenheter, som en kompletterande åtgärd vid avräkning av de nationella klimatmålen inklusive för att åstadkomma negativa utsläpp.

Grundläggande förutsättningar för att åtgärder i andra länder ska kunna tillgodoräknas är att det går att verifiera utsläppsminskningarna och att dubbelräkning inte sker. Utsläppsminskningarna bör vara utöver de som annars hade skett. De internationella samarbetsformerna ska enligt Parisavtalet bidra till ytterligare utsläppsminskningar på global nivå.

Enligt Parisavtalet ska beslut om ett regelverk för internationella samarbetsformer under avtalets artikel 6 fattas vid det 24:e partsmötet under klimatkonventionen i december 2018. Det är dock i nuläget oklart hur pass färdigt regelverket för internationella samarbetsformer kommer att vara efter det 24:e partsmötet. Det ingår inte i utredarens uppdrag att föreslå utformning av regelverket under Parisavtalet eftersom detta förhandlingsarbete redan pågår i annan ordning.

Den framtida efterfrågan på verifierade utsläppsminskningar och prisbilden för dem är avhängigt ett flertal faktorer. Förutom hur regelverket utformas inom ramen för Parisavtalet finns betydande osäkerheter om i vilken utsträckning länder och aktörer kommer att efterfråga denna typ av utsläppsminskningar. En viktig aspekt i detta sammanhang är utformningen av internationella instrument inom ramen för den internationella luftfartsorganisationen (ICAO) och den internationella sjöfartsorganisationen (IMO). Potentiellt kan dessa instrument leda till en stor efterfrågan på verifierade utsläppsminskningar.

Utredaren ska därför:

- Uppskatta hur marknaden för verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder kan komma att utvecklas från 2020 till mitten på detta sekel. Analysen kan med fördel belysa eventuella skillnader beroende på t.ex. inom vilken sektor och i vilken landkategori utsläppsminskningar görs samt vilka mervärden investeringarna har vid sidan av utsläppsminskningarna.
- Uppskatta den realiserbara potentialen för Sverige att använda verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder till att bidra till uppfyllandet av klimatmålen (för 2030, 2040, 2045 och till negativa utsläpp). Olika scenarier kan med fördel redovisas.
- Identifiera och redovisa förslag på eventuella insatser som behövs för att Sverige ska kunna förvärva verifierade utsläppsminskningar genom investeringar i andra länder i enlighet med strategin (se nedan).

Andra kompletterande åtgärder

Det finns tekniska åtgärder vid sidan av ökad kolsänka (inom LULUCF-sektorn) och bio-CCS som kan ge upphov till upptag av växthusgaser ur atmosfären. Generellt befinner sig dessa tekniker i sin linda och är ännu mycket långt från storskalig praktisk tillämpning. Givet denna utrednings långa tidsperspektiv bör dock en översiktlig analys göras av om det finns några nya tekniska åtgärder som skulle kunna bidra signifikant till negativa utsläpp i Sverige i mitten på detta sekel.

Utredaren ska därför:

- Sammanställa information om tekniska åtgärder vid sidan av ökad kolsänka och bio-CCS som kan ge upphov till upptag av växthusgaser ur atmosfären och bedöma om det kan finnas förutsättningar för någon eller några av dessa åtgärder att ge ett signifikant bidrag till negativa utsläpp i Sverige i mitten på detta sekel. Vid bedömningen ska den uppskattade kostnaden för upptag och eventuella negativa konsekvenser av storskalig tillämpning av teknikerna på samhälle och miljö vägas in, jämte andra relevanta faktorer.
- Lämna förslag till insatser för att främja utvecklingen av dessa tekniker, om utredaren bedömer att så är relevant med utgångspunkt i analysen ovan.

Uppdraget omfattar inte analys av tekniker som ändrar strålningsbalansen genom annan mekanism än minskning av halten växthusgaser i atmosfären.

Strategi för hur Sverige ska nå negativa utsläpp efter 2045 och hur kompletterande åtgärder kan bidra till det

Utredaren ska:

- Föreslå en strategi för hur Sverige ska nå negativa utsläpp efter 2045 och hur kompletterande åtgärder kan bidra till det, på basis av resultaten från analyserna ovan. I bedömningen av vilka åtgärder som bör vidtas enligt strategin ska hänsyn tas till bl.a. kostnadseffektivitet, jobbskapande i hela Sverige, konsekvenser för miljö kvalitetsmålen och generationsmålet (som ingår i miljömålssystemet), risken för s.k. koldioxidläckage, konsekvenser för företag och enskilda, effekter på jämställdhet, hälsoeffekter, offentliga finansiella effekter och andra relevanta samhällsekonomiska konsekvenser.
- Som en del av strategin lämna förslag på hur stor mängden utsläppsminskningar genom kompletterande åtgärder bör vara och hur den bör fördelas över tiden mellan år 2021 och 2045 samt därefter, inom ramarna för riksdagsbeslutet om det klimatpolitiska ramverket. Förslaget ska även avhandla hur avräkning mot målen ska ske registertekniskt. Osäkerheter i bedömningarna ska belysas.

Det ingår inte i utredarens uppdrag att lämna förslag till hur utsläppsminskningar ska åstadkommas i de sektorer som direkt omfattas av klimatmålen.

Konsekvensbeskrivningar

Utredaren ska för samtliga förslag redovisa såväl miljö- som hälsoeffekter och andra samhällsekonomiska konsekvenser inklusive offentligfinansiella effekter. Även hur förslagen förhåller sig till EU-rätten inklusive reglerna om statligt stöd ska redovisas, liksom hur de förhåller sig till internationell rätt i övrigt. Om utredarens förslag innebär offentligfinansiella kostnader ska förslag till finansiering anges. Vidare ska konsekvenser för enskilda, företag, myndigheter och de allmänna domstolarna redovisas, liksom konsekvenser för jämställdhet. Konsekvensanalysen ska i övrigt uppfylla kraven enligt förordningen (2007:1244) om konsekvensutredning vid regelgivning. Konsekvensanalysen ska påbörjas i utredningens inledande skede och löpa parallellt med det övriga arbetet.

Samråd och redovisning av uppdraget

Utredaren ska i sitt arbete samråda med Havs- och vattenmyndigheten, Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen, Statens energimyndighet, Statens jordbruksverk, Sveriges geologiska undersökning (SGU), Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Vinnova, andra berörda myndigheter, relevanta samverkansprocesser och pågående utredningar samt föra en nära dialog med relevanta intresseorganisationer, forskarvärlden och andra samhällsaktörer.

Uppdraget ska redovisas senast den 31 januari 2020.

(Miljö- och energidepartementet)

Statens offentliga utredningar 2020

Kronologisk förteckning

1. Översyn av yrket personlig assistent
– ett viktigt yrke som förtjänar bra villkor. S.
2. Skärpta regler om utländska månggiften. Ju.
3. Hållbar slamhantering. M.
4. Vägen till en klimatpositiv framtid. M.

Statens offentliga utredningar 2020

Systematisk förteckning

Justitiedepartementet

Skärpta regler om utländska
månggiften. [2]

Miljödepartementet

Hållbar slamhantering. [3]

Vägen till en klimatpositiv framtid. [4]

Socialdepartementet

Översyn av yrket personlig assistent – ett
viktigt yrke som förtjänar bra villkor.
[1]