

Delrapport 2- Riskbild: Klimatförändringar och Stockholms stads sårbarhet

**Delrapport 2- Riskbild: klimatförändringar och
Stockholms stads sårbarhet**
December 2013

Dnr: 125-1901/2013
Kontaktperson: Maria Tengvard

Konsult: 4C Strategies

Förord

Kommunstyrelsen samordnar stadens klimatanpassningsarbete i samråd med berörda nämnder och styrelser. Inom ramen för detta har föreliggande rapport tagits fram av kommunstyrelsen i samarbete med exploateringsnämnden, stadsbyggnadsnämnden, trafik- och renhållningsnämnden, miljö- och hälsoskyddsnämnden, Stockholm Vatten AB, Stockholms hamnar AB samt 4 C Strategies.

Rapporten ger en översiktlig bild av hur ett förändrat klimat kan komma att påverka delar av stadens verksamheter och dess befolkning. Det finns områden som kan komma att behöva fördjupas i det fortsatta arbetet vilket även bör omfatta en mer utvecklad analys av stadens sårbarheter.

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	5
Inledning	11
Klimatförändringar	14
Ökad temperatur	15
Nederbörd	19
Havsnivåhöjning	29
Vind	33
Geotekniska förutsättningar	34
Ras och skred	34
Erosion	36
Effekter på stadens verksamhet - sårbara områden	38
Tekniska försörjningssystem	38
Infrastruktur – vägar	47
Bebyggelse	49
Människors hälsa	56
Avslutande ord	62
Referenser	66
Bilaga	70
Erosionsförutsättningar i Mälaren, Saltsjön och Tyresån	71
Översvämningskarteringar Saltsjön och anknytande vattenområden	75
Översvämningskartering Bällstaån	79
Begreppet återkomsttid	81
Områden som påverkas av klimatförändringar	82

Sammanfattning

Världen står inför stora klimatförändringar vilket även kommer påverka Stockholms stad på olika sätt. I denna sammanfattning ges en bild av vilka dessa förändringar är samt hur de kan komma att påverka vissa viktiga delar av stadens verksamhet samt hur de kan påverka befolkning i staden.

Sammanfattningen följer samma struktur som rapporten. Det innebär att förväntade klimatförändringar beskrivs först, följt av ett avsnitt som beskriver risker kopplade till ras, skred och erosion. Därefter beskrivs vilka effekter det kan få på delar av stadens verksamhet och befolkning.

Klimatförändringar

Ett varmare Stockholm

Temperaturen har i Länsstyrelsen Stockholms regionala klimat- och sårbarhetsanalys bedömts öka med mellan 4-6 ° C mot slutet av seklet. Det är en bedömning som står sig rätt väl även i SMHI:s senaste regionala klimatscenarier från 2013, även om skillnader finns beroende på vilket klimatscenario bedömningen tar sin utgångspunkt i. De största temperaturskillnaderna förväntas ske vintertid, något som i sin tur bland annat leder till avsevärt mycket färre dagar med snö på marken. Förändrade temperaturförhållanden leder också till fler och mer intensiva värmeböljor.

Förändrade nederbördsmonster och översvämningsrisker

Nederbörden förväntas öka med ungefär 20 procent mot slutet av seklet. Den mest extrema dygnsnederbörden, av typen som kan förväntas en gång per hundra år, tros också öka med 20 procent i slutet av seklet i jämförelse med referensperioden 1961-1990. Ökningen kan generellt sett förväntas bli något större för de kortare regnen (en timma och kortare) än för dygnsnederbörd. Osäkerheterna kring trolig utvecklingen för nederbörden bedöms vara tämligen stora.

Stadens utsatthet för översvämningsrisker förändras i takt med att klimatet förändras. Vissa risker blir mindre medan andra blir större. På kort sikt är översvämningsriskerna i Mälaren synnerligen höga. När ombyggnationen av Slussen är klar och en ny reglering av Mälaren är på plats bedöms riskerna bli avsevärt lägre än idag.

Tyresån med tillhörande sjösystem i södra delen av staden förväntas vid ett förändrat klimat totalt sett få en minskad tillrinning av vatten. Även om flödena under vintertid förväntas bli större än idag tyder dagens klimatscenarier på generellt sett minskade risker. De översvämningsrisker som finns är störst längs stränderna i sjöarna Drevviken och Magelungen.

Bällstaån i nordvästra delen av staden är det som har störst översvämningsrisk. Som del av dagvattensystemet kommer ån troligen få ta emot större mängder nederbörd i framtiden. Pågående och framtida exploateringar gör också att mängden hårdgjorda ytor ökar vilket i sin tur gör att tillrinningen till ån blir större. Redan i dagens förhållanden kan relativt stora översvämnningar uppstå vid 10-årsregn medan mycket omfattande översvämnningar och därmed skador blir följderna av ett 100-årsregn.

Översvämnningar orsakade av regn kan bli vanligare om dagvattensystemet inte har kapacitet att hantera de ökade nederbördsmängder som väntas. Utmaningarna är särskilt stora i befintlig bebyggelse. I nya exploateringsområden finns möjlighet att använda dimensioneringsnivåer som räknar in förväntad ökning av nederbörd.

På ett övergripande plan är kunskaper om stadens sårbarhet för regnorsakade översvämnningar något begränsade. Mot bakgrund av de stora konsekvenser sådana översvämnningar kan få vore det värdefullt att ytterligare studera hur extrem nederbörd kan förväntas påverka staden.

Stigande havsnivåer

Det pågår en global havsnivåhöjning som kommer att fortsätta även i framtiden. För Stockholms stads del motverkas havsnivåhöjningen av landhöjningen. Men mot slutet av seklet förväntas havsnivån ändå ha stigit med ungefär en halv meter med dagens nivå (baserat på en global havsnivåhöjning om en meter år 2100). Hur det påverkar infrastruktur, tekniska försörjningssystem och bebyggelse bör studeras djupare. Beredskap bör också finnas för att havsnivån kan komma att öka fortare än beräknat. Det faktum att havsnivåhöjningen förväntas fortsätta även efter nästa sekel bör också uppmärksammas.

Ras, skred och erosion

Klimatförändringarna förväntas öka risker kopplade till ras, skred och erosion. Det sker framförallt i områden med redan idag bristfällig stabilitet men även idag stabila områden kan drabbas av ökade risker. I dagsläget finns översiktliga bedömningar av stabiliteten av såväl bebyggda som obebyggda områden i Stockholms stad. Vissa bebyggda områden har bedömts som riskfyllda ur ett stabilitetsperspektiv, liksom ett obebyggt område (Valla gårde). Bedömningarna är gjorda utifrån dagens klimatförhållanden varför det kan vara lämpligt att undersöka förväntad utveckling under förändrade klimatförhållanden.

En höjd havsnivå kommer också leda till att större områden kommer vara utsatt för stranderosion. Sverige geotekniska institut (SGI) har också bedömt att erosionsriskerna i Norrströms utlopp bör utredas närmare, något som troligtvis kommer ske under kommande år.

Sårbara områden

Ett antal av Stockholms stads verksamhetsområden har studerats, med fokus på de som är särskilt känsliga för klimatförändringarnas effekter. Dricksvattenförsörjning, avloppssystem, dagvattenhantering, bebyggelse, det kommunala vägnätet och hälsoeffekter har alla bedömts som relevanta att studera mot bakgrund av deras sårbarhet och samhällsvikt.

Dricksvattenförsörjning

Dricksvattenförsörjningen ställs i och med klimatförändringarna inför ett antal utmaningar, både på kortare på och längre sikt. Sammantaget kommer förändrade klimatförhållanden leda till att råvattenkvaliteten försämras. Det ställer i sin tur högre krav på reningsprocesser, sannolikt med ökade kostnader som följd. På lång sikt, troligen under nästa sekel, hotas Mälaren som dricksvattentäkt. Havsnivåhöjningen kommer då ha lett till en situation där Mälaren inte längre står högre än Saltsjön. Det kräver antingen en annan dricksvattentäkt alternativt storskaliga tekniska lösningar som stänger ute havsvattnet från Mälaren.

Avloppssystem och dagvattenhantering

Ökade nederbörds mängder kommer, särskilt i kombination med höjda havsnivåer, påverka avloppssystemen i staden. Avloppssystemen är till cirka 40 % ett kombinerat system där

spillvatten och dagvatten leds tillsammans, något som gör det mer utsatt än modernare avloppssystem. Stockholm Vatten har i samarbete med andra aktörer studerat hur klimatförändringarna kan påverka bland annat Henriksdals reningsverk och studerar nu hur reningsverket i Bromma kan möta ett förändrat klimat. Inriktningsbeslut har under hösten 2013 fattats om att lägga ner reningsverket i Bromma.

Generellt sett kan sägas att stadens avloppssystem riskerar råka ut för ökat antal fall av bräddningar. Det innebär utsläpp av avloppsvatten beroende på att ledningsnätet är överbelastat. Ett antal källaröversvämningar kan också väntas vid höga flöden i Mälaren och högt vattenstånd i Saltsjön.

Dagvattenhantering är en viktig fråga mot bakgrund av förväntade ökade nederbördsmängder. Dagvattensystemet är i vissa delar av staden dimensionerade efter 2-årsregn och i vissa delar efter 10-årsregn. Det innebär att systemet i vissa delar av staden endast är byggt efter att kunna hantera regn av storleken som förväntas falla vartannat år. Vid nederbörd som är mer omfattande än vad som dimensionerats för uppstår ofta översvämningar. Vid nya exploateringar dimensioneras dagvattensystemet för att kunna hantera en ökning av det dimensionerande 10-årsregnet med 20 procent.

På ett övergripande plan kan en förtätning av staden, om den innebär fler hårdgjorda ytor, innebära utmaningar för dagvattenhanteringen. Problematiken kring Bällstaån är ett exempel på hur ökad mängd hårda ytor kan medföra ökad översvämningsrisk.

Infrastruktur - vägar

Klimatförändringarna kan väntas påverka infrastruktur, såsom väg, järnväg, sjöfart och luftfart på ett flertal sätt. Inom ramen för denna rapport beskrivs översiktligt troliga effekter på vägar. Det handlar både om effekter på själva konstruktionerna och konsekvenser för drift. De största klimatrelaterade hoten mot vägkonstruktioner bedöms vara vattenrelaterade och härröra sig till översvämning, bortspolning av vägar och vägbanker, skadade broar samt ras, skred och erosion. Klimatförändringarna kan också ha effekter som minskar stadens kostnader inom området. Varmare vintrar kan leda till mindre dubbdäcksanvändning, mindre

behov av saltning samt eventuellt minska behoven av snöröjning.

I dagsläget finns ingen samlad riskanalys över det kommunala vägnätet. Att inventera vägnätet i förhållande till de förändringar i riskbild klimatförändringarna medför bör därför övervägas. Effekter av klimatförändringarna kan också i högre utsträckning än idag komma in i planeringsprocesser för nya vägar och vid underhåll av befintligt vägnät.

Bebyggelse

Förändrade temperaturförhållanden, nederbördsmonster och havsnivåförhållanden ger alla effekter på byggnadskonstruktioner. Ett varmare klimat gör att uppvärmningsbehovet minskar, enligt den nationella klimat- och sårbarhetsutredningen med ungefär 35 procent år 2100. Det medför också att behovet av kyla ökar. Utbyggnaden av kylsystem i stadens fastigheter är inte helt klarlagd, men den information som finns tillgänglig tyder på att förmågan är begränsad.

Ökade nederbörds mängder kan medföra ökad risk för mögel- och fuktskador. Nyare byggnadskonstruktioner kan i högre grad drabbas, i de fall byggnaderna är enstegstättade. Därutöver finns risker kopplade till översvämning från vattendrag och sjöar, hav och nederbörd. I det korta perspektivet är riskerna störst för byggnadskonstruktioner som kan drabbas vid en översvämning i Mälaren. I det längre perspektivet är det istället havsnivåhöjningen som kommer att innebära störst utmaningar.

För att skydda de stora värden som finns i stadens fastighetsbestånd bör klimatanpassningsperspektivet finnas med både i projektering av ny bebyggelse samt i renovering av det befintliga beståndet. Även bebyggelse som inte ägs av staden bör även den, av sina ägare, i möjligaste mån skyddas från negativa effekter av klimatförändringar.

Hälsoeffekter

För boende och andra som vistas i staden uppstår vissa ökade hälsorisker. Förutom de risker som är hänförliga till direkta effekter, såsom naturolyckor, finns även indirekta effekter. Smittsamma sjukdomar riskerar att bli vanligare, exempelvis genom ökad spridning av sjukdomar via fästingar och myggor.

En annan viktig effekt av klimatförändringarna är värmeböljor, ett fenomen som förväntas öka både i intensitet och frekvens. Det får i sin tur effekter på framförallt sårbara grupper, ofta äldre och personer med viss typ av medicinering. I Stockholms stad förväntas antalet personer över 80 år öka med ungefär 65 procent år 2040 jämfört med idag. Äldre personer förväntas också i allt högre utsträckning leva kvar i eget boende. Kombinationen av dessa faktorer medför en utmanande situation att hantera för de nämnder inom staden som ansvarar för äldreomsorg. I dagsläget finns inte något utbyggt system för kylning av boenden. Hur den situationen ska hanteras bör utredas vidare tillsammans med kylmöjligheter i stadens vård- och omsorgsboenden.

Inledning

Att klimatet förändras är ett faktum. Atmosfären och haven har blivit varmare, mängden snö och is har minskat och havsnivån har höjts samtidigt som koncentrationerna av växthusgaser har ökat. Detta konstaterades senast av FN:s vetenskapliga panel IPCC i Stockholm i september 2013. Det bedömdes vara extremt sannolikt att mänskligt inflytande har varit huvudorsaken till den uppvärmning som kunnat observeras (IPCC, 2013).

IPCC konstaterade också att temperaturökningen förväntas fortsätta. Mot slutet av innevarande sekel visar tre av fyra använda klimatscenarier att temperaturen globalt sett sannolikt kommer att öka med mer än 2° C. Havsnivåhöjningen bedöms också kunna bli större än IPCC:s tidigare uppskattningar visat (IPCC, 2013).

Mot bakgrund av det framstår klimatarbete på alla nivåer i samhället som mycket viktigt. Det gäller både åtgärder inriktade mot att begränsa utsläppen av växthusgaser och åtgärder som syftar till att anpassa samhället till redan befintliga och framtida klimatförändringar.

På nationell nivå har Sverige antagit ett miljömål om begränsad klimatpåverkan. Målet tar sikte på att människans påverkan på klimatsystemet inte ska bli farlig. I Stockholms stad har arbetet med minskad påverkan på klimatet pågått ända sedan 1990-talet. Ett ambitiöst arbete bedrivs, där ett viktigt mål är att Stockholms stad år 2050 ska vara fossilbränslefri.

I juni 2013 antogs en strategi för klimatanpassning av EU:s miljöministrar. Det kan ses som ett uttryck för ett ökande fokus på anpassningsfrågorna. I Sverige antar fler och fler kommuner strategier för hur anpassning till ett förändrat klimat bör ske.

I Stockholms stad bedrivs ett ambitiöst och långsiktigt arbete för att anpassa staden och dess verksamhet till ett förändrat klimat. Samtidigt finns ett värde i att löpande utvärdera befintligt arbete och analysera om det är rätt inriktat och i bedrivs i lämplig omfattning. För närvarande pågår ett sådant arbete. En delrapport har skrivits som ger en bild av hur Stockholms stad arbetar med klimatanpassning i dagsläget,

både i form av konkreta anpassningsåtgärder samt vilka mål och vilken styrning som finns. Därutöver har nu föreliggande rapport skrivits. Rapporten beskriver vilka klimatförändringar staden står inför. Vidare beskriver den sårbarheter som vissa av stadens verksamheter är utsatta för. De områden som beskrivs är främst sådana som har långa planeringshorisonter, representerar stora ekonomiska värden och är viktiga för skydd av liv och hälsa. För att skydda dessa värden, ekonomiska och mänskliga, är det viktigt att bedriva ett förebyggande och aktivt anpassningsarbete.

Rapportens struktur

Rapporten består av tre huvudsakliga delar. I den första delen redogörs för hur klimatförändringarna förmodas utvecklas i området Stockholms stad ligger i. Förändringar i förhållanden som rör temperatur, nederbörd, havsnivåhöjning och vind beskrivs. I den andra delen beskrivs hur klimatförändringarna kan påverka de geotekniska förutsättningarna – alltså riskerna för ras, skred och erosion. I den tredje delen ges en översiktlig bild av sårbarheten inom några för staden viktiga ansvarsområden. Beskrivningarna av sårbarheter är tillämpliga även för andra aktörer som bedriver liknande verksamhet som staden, exempelvis Trafikverket och fastighetsägare. Det som beskrivs är vissa tekniska försörjningssystem (dricksvatten samt avloppssystem och dagvattenhantering), sårbarhet kopplat till byggnadskonstruktioner och det kommunala vägnätet samt möjliga hälsoeffekter. Rekommendationer om fortsatt arbete ges också.

Avgränsningar

Rapporten ger en översiktlig beskrivning av utvecklingen av klimatförändringar med effekt på Stockholms stads verksamhet och dess medborgare. Den ger likaså en översiktlig bild av stadens sårbarhet inom vissa viktiga områden i förhållande till klimatförändringarna. Det kommer dock i många fall krävas ytterligare, mer detaljerade, studier både inom de områden som beskrivs i rapporten samt inom andra av stadens verksamhetsområden för att kunna fatta beslut om lämpliga vägar framåt i anpassningsarbetet.

Denna studie har utgått från befintlig information. Det gäller såväl avsnitten om klimatförändringar och geotekniska förutsättningar som avsnittet om stadens sårbarhet. Områden där informationstillgången varit god har kunnat beskrivas mer ingående medan bristen på relevant information inom andra

områden varit begränsande. Oavsett hur god informationstillgången varit ges vägledning i hur ett fortsatt arbete inom studerade områden kan se ut.

Klimatförändringar

I avsnittet beskrivs vilka klimatförändringar, enligt regionala klimatscenarier, som kan bli aktuella i Stockholmsområdet. Temperatur-, nederbörd-, vind- och havsnivåförhållanden har studerats. Inledningsvis introduceras de data som finns att tillgå och hur de använts inom ramen för denna rapport.

Använd information

I framtagandet av denna rapport har information från olika klimatmodeller- och scenarier använts. När Länsstyrelsen Stockholm år 2011 tog fram en regional klimat- och sårbarhetsanalys gjordes det utifrån då tillgängliga data och underlag framtaget av Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) och Sveriges geotekniska institut (SGI). Länsstyrelsens analys samt underlagen från nämnda myndigheter utgör i hög utsträckning grunden för rapportens avsnitt om klimatförändringar och geotekniska förhållanden.

Samtidigt har det relativt nyligen tillkommit relevant information som SMHI använt för att göra nya regionala klimatscenarier (vars resultat presenteras i grafer nedan). I september 2013 släpptes första delen av tre som tillsammans utgör IPCCs femte Assessment Report. Den första delen presenterar en sammanställning av vetenskapen som ligger till grund för att förstå pågående klimatförändringar. Inom ramen för arbetet med IPCC:s femte arbetsgruppsrapport har en ny typ av klimatscenarier börjat användas, kallade RCP (Representative Concentration Pathways). Fyra scenarier har tagits fram och sträcker sig till år 2100. Därutöver finns så kallade ECP (Extended Concentration Pathways) som sträcker sig till år 2300 (Climatic Change, 2011).

Det kan vara relevant att förtydliga skillnaden mellan de tidigare använda scenarierna och de nya. Det finns två olika sorters scenarier - utsläppsscenarioer och strålningsscenarioer. Utsläppsscenarioer är antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser och baseras på antaganden om den framtida utvecklingen vad gäller världens ekonomi, befolkningstillväxt, globalisering, omställning till miljövänlig teknik med mera. Strålningsscenarioerna (RCP) baseras däremot på antaganden om hur växthuseffekten kommer att förstärkas i framtiden, så kallad strålningsdrivning. Ju mer utsläpp av växthusgaser desto mer strålningsdrivning (SMHI).

SMHI har gjort regionala klimatscenarier baserade på RCP 4.5 och RCP 8.5. RCP 4.5 är det näst lägsta utsläppsscenarioet medan RCP 8.5 motsvarar är det högsta utsläppsscenarioet. Dessa nya scenarier finns i dagsläget bara för klimatfaktorerna temperatur och nederbörd. De presenteras nedan, jämte det underlag Länsstyrelsen Stockholm använt i sin regionala klimat- och sårbarhetsanalys.

I klimatstudier jämförs aktuella värden med medelvärden för en längre period, en referensperiod. I enlighet med internationell praxis används i denna rapport den så kallade standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod (SMHI, 2010).

Ökad temperatur

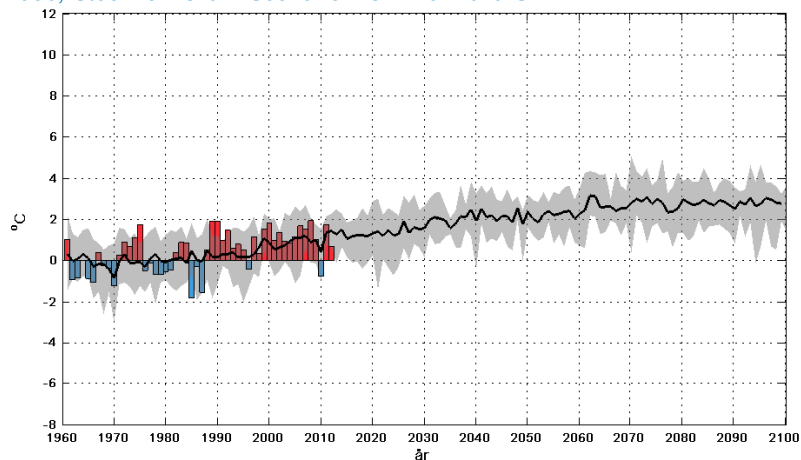
Nedan redogörs för resultaten för olika klimatscenarier vad gäller temperaturförändringar i Stockholms län. Först presenteras de nyare scenarierna RCP 4.5 och RCP 8.5 följt av scenariot som användes av SMHI år 2011. Enbart årsmedeltemperaturen har lagts in i rapporten. Det finns underlag som innebär en nedbrytning av data i vår, sommar, höst och vinter.

Scenarierna visar att Stockholms stad går en varmare framtid till mötes. Enligt alla scenarier kommer den största ökningen jämfört med idag ske under vintern, även om samtliga årstider förväntas bli varmare. Temperaturökningen är dock inte någon linjär trend där temperaturen förutses öka med ett viss gradantal varje år. Det är under loppet av en längre tidsperiod som temperaturen förutses öka. Det kan alltså förekomma kalla år även i framtiden.

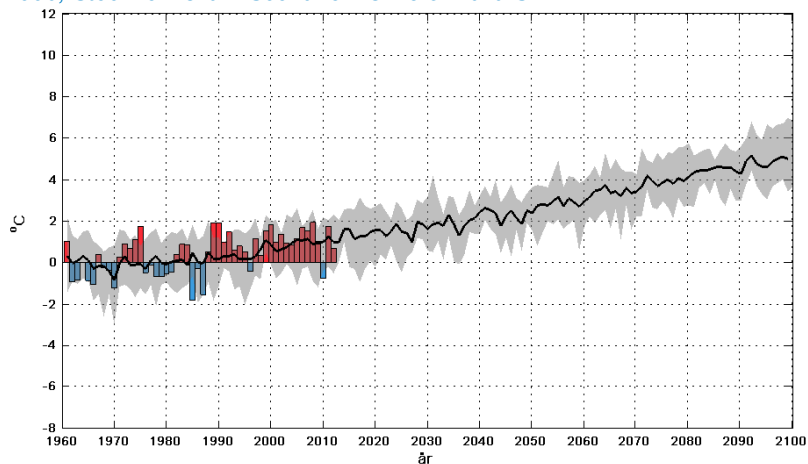
Den svarta linjen i diagrammen nedan är medianvärdet för den ensemble med nio klimatscenarier som använts för scenario RCP 4.5 respektive RCP 8.5. Det grå fältet visar skillnaderna som finns mellan det högsta och det lägsta värdet för medlemmarna i ensemblen.¹

¹ Ensemble är en samling klimatscenarier där de enskilda scenarierna skiljer sig åt. Ensembler ger bland annat ett mått på hur stora osäkerheter som finns i datan (vilket kan ses genom att studera hur mycket enskilda scenarier skiljer sig från varandra).

Figur 1 - Beräknad förändring av årsmedeltemperatur jämfört med 1961-1990, Stockholms län. Scenario RCP 4.5. Källa SMHI

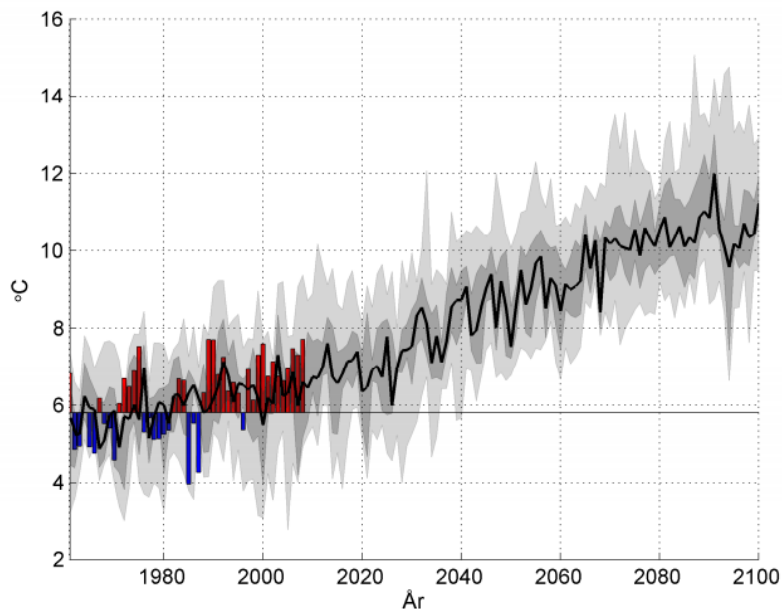


Figur 2 - Beräknad förändring av årsmedeltemperatur jämfört med 1961-1990, Stockholms län. Scenario RCP 8.5. Källa SMHI



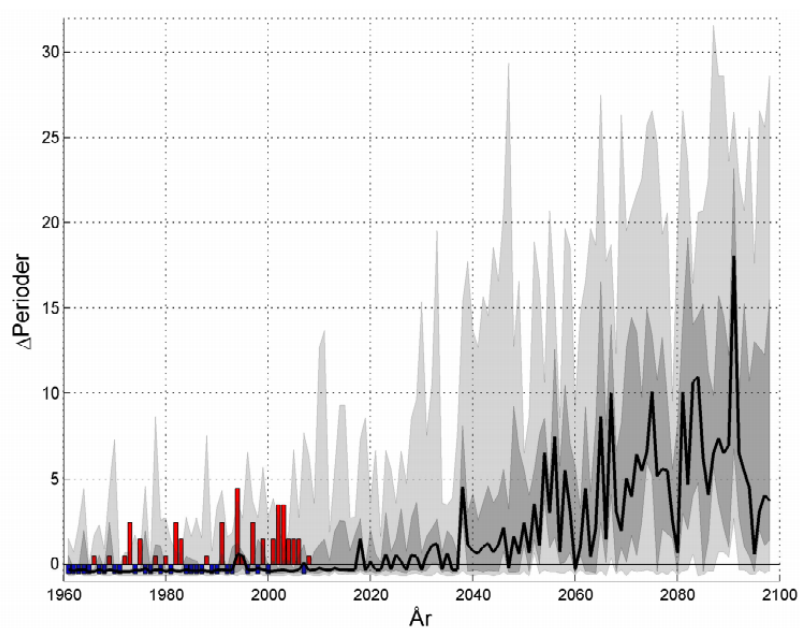
Som synes skiljer sig scenarierna åt. RCP 4,5 visar på en temperaturökning med medianvärde på strax under 2,5° C medan RCP 8,5 ger temperaturökning med ett medianvärde på cirka 4,5° C i slutet av seklet. Värt att notera är det klimatscenario i RCP 8,5 som ger högst temperaturförändring – cirka 7° C varmare. Som jämförelse till dessa finns nedan också SMHI:s beräkningar från år 2010, vilka visade på en temperaturökning kring 4-6° C i Stockholms län.

Figur 3 - Beräknad utveckling av årsmedeltemperatur i Stockholms län.
Källa SMHI, 2010



Det är inte bara medeltemperaturen som förutses öka utan även förekomsten av och intensiteten i värmeböljor. Med värmebölja menas en period om fyra på varandra följande dagar där dygnsmedeltemperaturen överstiger 20° C. I grafen nedan visas hur förekomsten av värmeböljor beräknas förändras framöver.

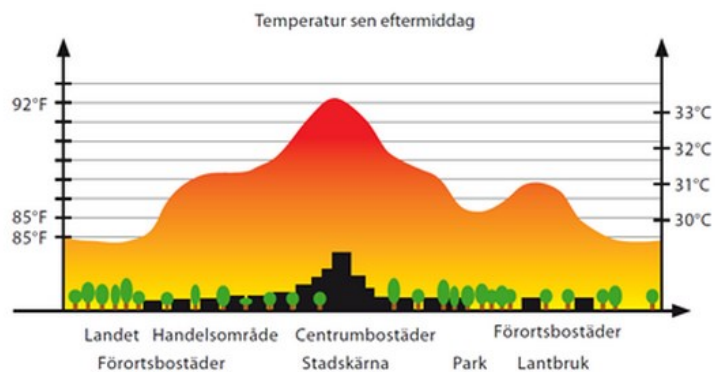
Figur 4 - Antal 4-dagarsperioder med dygnsmedeltemperatur överstigande 20 ° C relativt referensperioden 1961-1990. Källa SMHI, 2010



Medelvärdet i referensperioden är en värmebölja vartannat år medan det i slutet av innevarande sekel kan förväntas ske uppemot 10-15 gånger per år. Osäkerheten i uppskattningen är dock relativt stor. I ett värstafallscenario kan antalet värmeböljor bli uppemot 30 stycken per år.

I bebyggda områden riskerar ökad temperatur bli särskilt hög genom så kallade urbana värmeöar. Fenomenet innebär att temperaturen är högre i bebyggelse jämfört med platser utan bebyggelse. Förekomst av och intensiteten i urbana värmeöar beror bland annat på bebyggelsens utformning och läge, om det finns grönstrukturer eller vatten i närheten etc. Stockholms stads landyta utgörs till cirka en femtedel av tätbebyggt område, där urbana värmeöar kan vara ett potentiellt problem. Vid Göteborgs universitet har man tagit fram en klimatmodell, SOLWEIG, som kan användas för att simulera värmestress i bebyggelse (Boverket, 2010). Den har bland annat använts i Stockholms stad för att belysa skillnader i värmeuppbyggnad mellan områden med olika bebyggelsestruktur. Värmeböljors hälsoeffekter behandlas längre fram i rapporten.

Figur 5 Enkel modell över urban värmeö, Källa: www.byggros.com



De förändrade temperaturförhållandena får utöver direkta effekter också andra, indirekta effekter. De mest relevanta för Stockholms stad kortfattat presenteras nedan (Länsstyrelsen Stockholm, 2011).

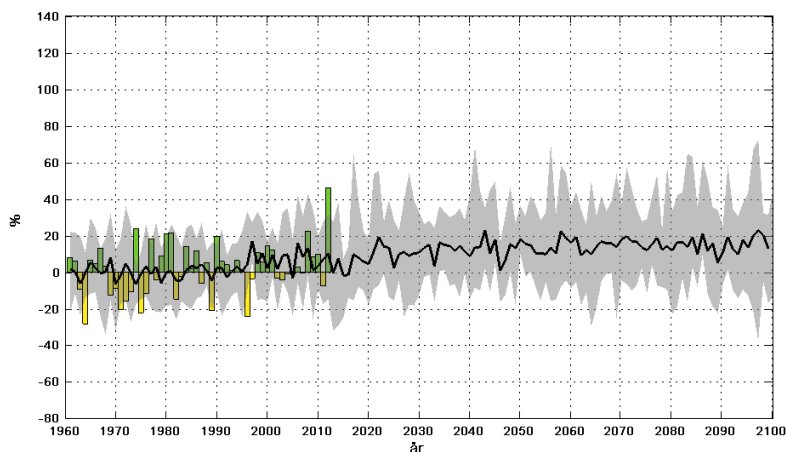
- Vegetationsperioden förutses bli uppemot 100-140 dagar längre mot slutet av seklet. Framförallt kommer den inledas tidigare på året jämfört med nuläge.
- Antalet dagar med snö på marken kommer att minska. Dagens situation brukar innebära mellan 80-120 dagar per år med snö på marken. Det förutses mot slutet av seklet minska med mellan 65-100 dagar.

- Färre så kallade nollgenomgångar. SMHI har beräknat hur många dagar per år två på varandra följande dagar har en skillnad i temperatur som genomkorsar 0° C. Beräkningar visar på en uppskattad minskning från dagens cirka 30 per år till 10-20 stycken mot slutet av seklet.

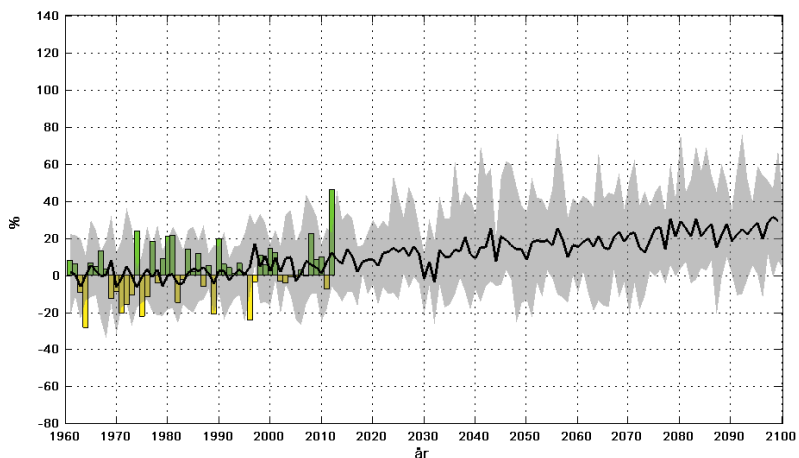
Nederbörd

I likhet med avsnittet om temperaturförändringar ovan redovisas även för nederbördsförändringar utfallet av såväl nyare som lite äldre klimatscenarier. Nedan redovisas utfallet av klimatscenerierna RCP 4.5 och 8.5 samt länsstyrelsens underlag från år 2011. Liksom ovan är den svarta linjen medianvärdet och det gråa fältet motsvarar utfallet av de olika medlemmarna i ensemblen.

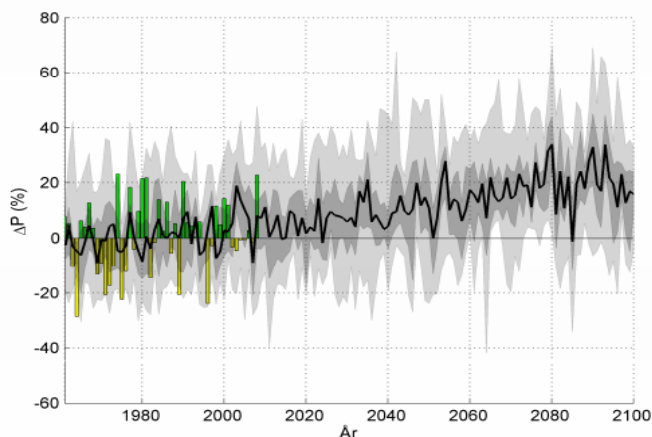
Figur 6 - Beräknad förändring av årsnederbörd jämfört med 1961-1990. Stockholms län. Scenario RCP 4.5. Källa: SMHI



Figur 7- Beräknad förändring av årsnederbörd jämfört med 1961-1990. Stockholms län. Scenario RCP 8.5. Källa: SMHI



Figur 8 - Beräknad utveckling av årsmedelnederbörd i Stockholms län.
Källa SMHI, 2011



Nederbörden i Stockholmsområdet förväntas som synes öka jämfört med referensperioden 1961-1990. Hur stor ökningen kommer att bli varierar relativt kraftigt beroende på klimatscenario. Den största ökningen förväntas under vinterperioden som blir blötare, varmare och mindre snörik. Under sommaren däremot väntas minskad nederbörd, vilket i kombination med ökad avdunstning kan öka risken för torka, vattenbrist och försämrade vattenkvalitet i Saltsjön.

Förändrade nederbördsmönster leder också till förändrad tillrinning till vattendrag, något som behandlas längre fram i rapporten.

Extrem nederbörd

Begreppet extrem nederbörd kan ha olika innebörd, men sammanfattningsvis kan det sägas innebära regnmängder som väsentligt överstiger de normala under en viss tidsperiod (en timma, ett dygn, en vecka etcetera). Den mest extrema dygnsnederbörden med en återkomsttid² om 100 år förväntas i Stockholmsområdet öka med 20 procent i slutet av seklet i jämförelse med referensperioden 1961-1990 (Länsstyrelsen Stockholm, 2011). Ökningen kan generellt sett förväntas bli något större för de kortare regnen (en timma och kortare) än för dygnsnederbörd (SMHI, 2013).

Generellt sett är det just den intensiva korttidsnederbörden som i städer orsakar störst problem med avrinning och översvämningar. Hur allvarliga problemen blir beror bland annat på mängden hårdgjorda ytor³, lågt liggande och

² Begreppet återkomsttid förklaras i rapportens bilaga.

³ Hårdgjorda ytor är exempelvis byggnaders tak, parkeringsplatser, gator, järnvägar och andra ytor som inte är grönytor.

instängda områden, dimensioneringen av ledningar som hanterar dagvatten, förekomst av grönstrukturer och system för lokal hantering av dagvatten.

Osäkerhetsintervallen för extrem nederbörd är som för nederbörd rent generellt relativt stora varför de enskilda procentsatserna kanske inte bör stå i centrum. Istället rekommenderas att använda resultaten som tänkbara utfall, med varierande grad av sannolikhet, när system av olika slag ska dimensioneras. Viktigt torde vara att identifiera kritiska tröskelnivåer, alltså intensiteter som ifall de överskrids får oproportionerligt stora konsekvenser. Det kan sedan ställas i relation till förväntade klimatförändringar och därmed utgöra en bra grund för prioritering, planering och utformning av klimatanpassningsåtgärder (SMHI, 2013).

SMHI har studerat eventuella framtida förändringar av korttidsnederbörd för förhållanden i Stockholmsområdet. De kom då fram till att i slutet av seklet kan intensiteten för regn med korta varaktigheter (30-minutersregn) förväntas öka med 10-20 procent medan regn med längre varaktighet ökar i mindre grad. I en något senare undersökning konstaterar SMHI att den framtida ökningen av 10-årsregn med 30 minuters varaktighet ökar med 23 procent fram till år 2071-2100 (MSB, 2013).

För Stockholms stads del är det sannolikt den ökade nederbörden som under innevarande sekel innebär mest ökade översvämningsrisker. På längre sikt, efter år 2100, kan däremot en allt högre havsvattenivå komma att bli ett allt större problem.

Avslutningsvis kan vara intressant att se vilka konsekvenser större mängder nederbörd har fått under senare år. Det regn som drabbade Orust sommaren år 2002 medförde försäkringskostnader på 123 mnkr. Det föll mellan 180-200 mm på tolv timmar i de mest utsatta områdena, vilket motsvarar ett 100-årsregn (MSB, 2013). Under sommaren 2013 föll ett annat 100-årsregn över ett mycket begränsat område i Jönköping. Regnmängden 63 mm föll under en timma och orsakade sammanlagda skador på ca 100 mnkr (uppgift Räddningstjänsten Jönköping). Det regn Köpenhamn drabbas av sommaren år 2011 motsvarade ett 1500-årsregn, då 150 mm föll under två timmar. Skadorna uppgick till flera miljarder (MSB, 2013).

Förändrade vattenflöden

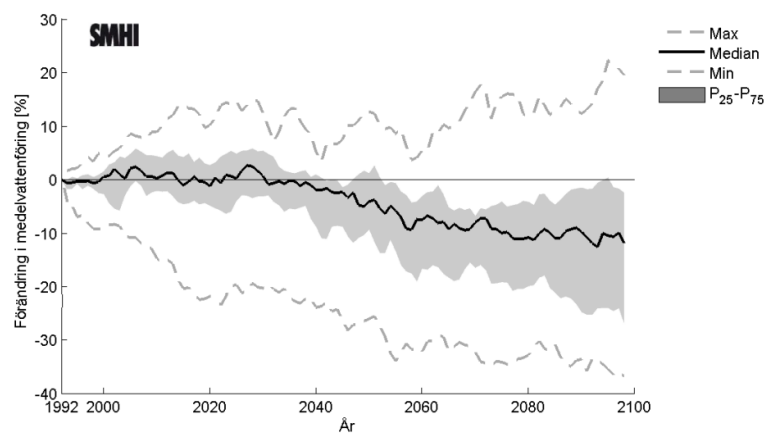
De klimatfaktorer som främst påverkar sjöar och vattendrag är förändrat nederbördsmonster, förändring av avdunstning, medelflöden och höga flöden (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011). Stockholms stad berörs främst av flödena i Tyresån, Bällstaån och vattenstånden i Mälaren. Flödena kommer att förändras framöver, bland annat på så sätt att flödena på vintern blir högre medan vårfloden blir lägre och kommer tidigare på året. Flödena under sommaren blir även de lägre som en följd av ökad nederbörd under vintern, mindre lagring av denna nederbörd i form av snö samt under sommaren minskad medeltillrinning⁴ och ökad avdunstning.

Nedan redogörs för förväntad utvecklingen av Tyresån och Mälaren fram till år 2100. Viss information om Bällstaån ges också.

Tyresån

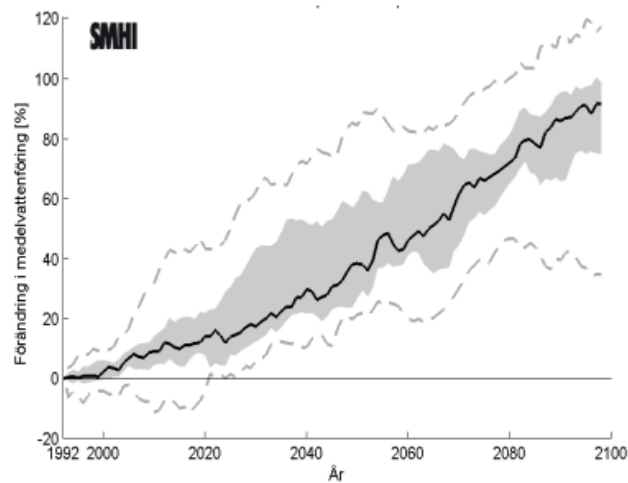
Tyresån är Stockholms södra förorters största vattendrag och omfattar delar av de sex kommunerna Huddinge, Tyresö, Haninge, Stockholm, Nacka och Botkyrka. Sjösystemet börjar i Gömmaren längst i väster och rinner ut i Östersjön vid Tyresö slott i öster. Avrinningsområdets yta är 221 km² och omfattar cirka 30 sjöar. Tyresåns sjösystem omfattar i Stockholms kommun sjöarna Magelungen, Drevviken och Flaten samt vattendraget Forsån.

Figur 9 - Procentuell förändring av Tyresåns totala årsmedeltillrinning relativt referensperioden 1963-1992. Källa SMHI, 2010



⁴ Tillrinningen utgörs av det vatten som rinner till en sjö eller ett vattendrag.

Figur 10 - Procentuell förändring av Tyresåns säsongmedeltillrinning vintermånaderna relativt referensperioden 1963-1992. Källa SMHI, 2010



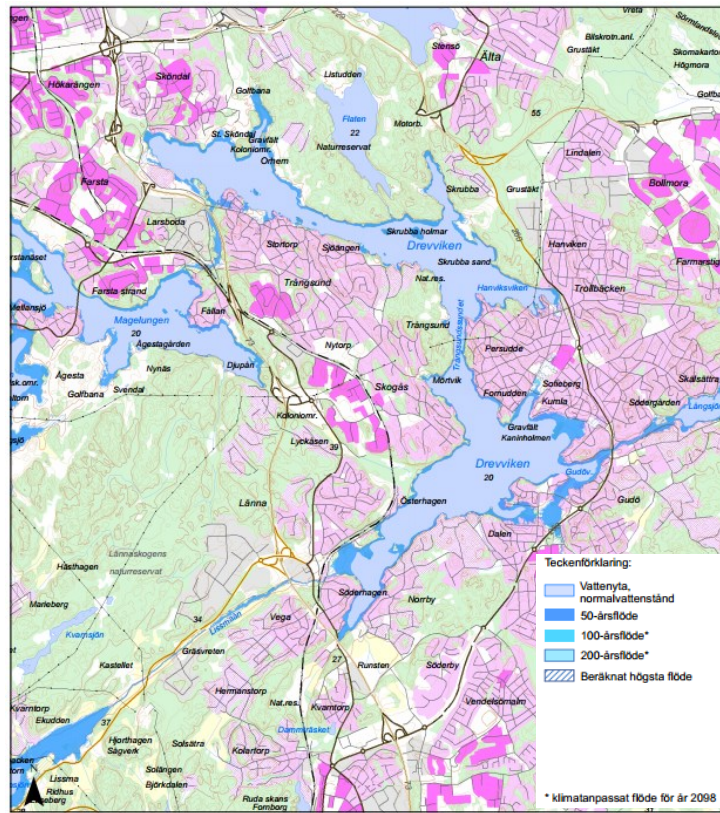
Som synes i det första av diagrammen ovan väntas årsmedeltillrinningen i Tyresån minska jämfört med referensperioden. En sådan utveckling skulle alltså innebära att mindre vatten flödar i Tyresån i framtiden jämfört med dagens situation. Men det är ingen över året jämn minskning. Det senare av de två diagrammen ovan visar att tillrinningen kommer att öka kraftigt vintertid.

Återkomsttiden för dagens 100-årsflöden förväntas år 2100 vara mer än 200 år och 100-årsflödet beräknas år 2100 minska 20 procent jämfört med idag (Länsstyrelsen Stockholm, 2011). Uttryckt med andra ord innebär det alltså att ett flöde som motsvarar dagens 100-årsflöde i framtiden förväntas ske bara vart tvåhundra år.

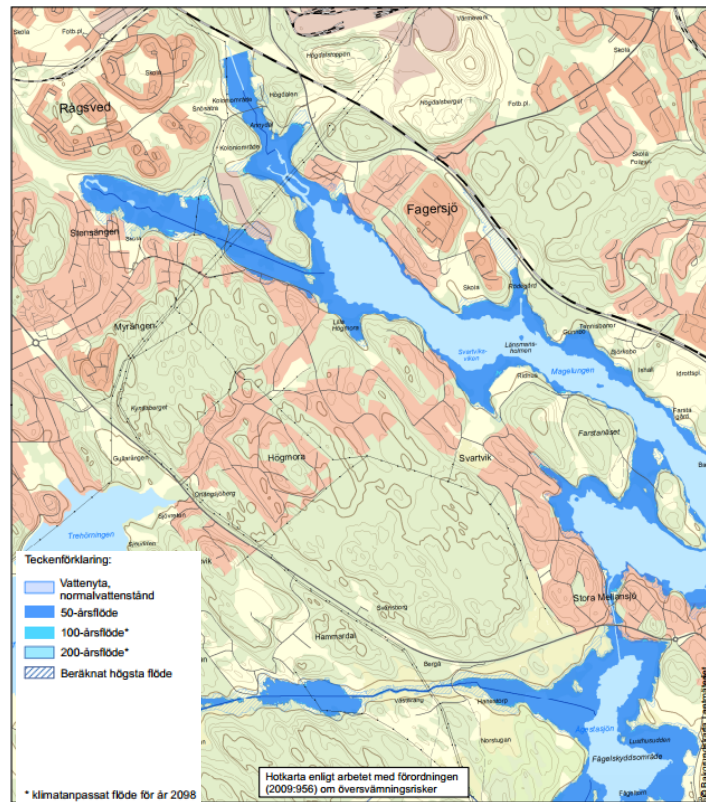
MSB har gjort en översiktlig översvämningskartering av Tyresån inom ramen för arbetet med EU:s översvämningsdirektiv. Karteringen i sin helhet hittas via MSB:s webbplats. Länsstyrelserna är ansvariga för att senast 22 december 2015 ha tagit fram riskhanteringsplaner för områden med bedömd översvämningsrisk. Planerna ska bland annat innehålla åtgärder för att uppnå uppsatta mål för riskhanteringen i det aktuella området. Utformningen av riskhanteringsplanerna är ännu inte bestämd, och inte heller ansvar för att genomföra eventuella åtgärder.

I figuren nedan ges ett exempel på hur vilken information som finns i karteringen. Som synes är det både ån och dess sjösystem som karterats. Den är gjord utifrån ett klimatanpassat flöde år 2098.

Figur 11 - Exempel från MSB:s översvämningsskartering av Tyresån. Källa MSB



Figur 12 Exempel från MSB:s översvämningsskartering av Tyresån. Källa MSB



Resultatet av arbetet visar att vid 50-års flöde översvämmas en kommunal bro över Forsån vid Stortorpsvägen strax uppströms Drevviken. Framförallt är det stränderna i Drevviken och Magelungen som riskerar att översvämmas vid höga flöden. Det är dock något som främst drabbar de södra ständerna, alltså utanför stadens gränser (MSB b, 2013). Liknande problem uppstår vid 100- och 200-års flöden. I figur 12 visas också att stora idag obebyggda områden vid nordvästra Magelungen översvämmas vid ett 50-års flöde.

Bällstaån

Bällstaån ingår i stadens dagvattensystem⁵. Stockholm Vatten har genomfört flera studier kring översvämningsskiser, både utifrån dagens förhållanden och vid ett klimat med ökad nederbörd. Redan i dagsläget finns översvämningsskiser. Dessa beskrivs närmare i avsnittet om dagvattenhantering längre fram i rapporten.

Mälaren

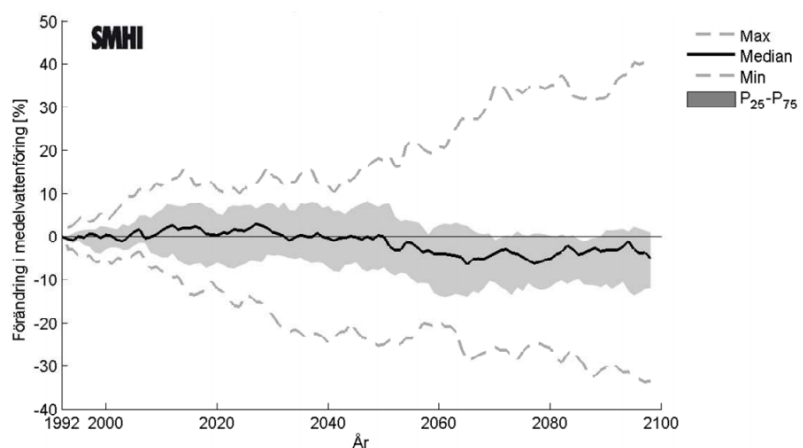
⁵ Dagvatten kan definieras som ytavrinnande regn- och smältvatten från exploaterade områden som når recipient eller reningsverk via hårdgjorda ytor, genomsläpplig mark, diken och/eller VA-anläggning.

I dagsläget är risken för översvämning i Mälaren hög. Det beror på att tillrinningen kan vara högre än tappningskapaciteten, mer vatten rinner till än vad som kan släppas ut via slussar. MSB har studerat en översvämningens konsekvenser på samhällsviktig verksamhet. De konstaterar att konsekvenserna blir störst inom områdena energiförsörjning och kommunalteknisk försörjning. Om en översvämning med 100 års återkomsttid sker, och den varar i tre veckor, beräknas de direkta kostnaderna för drabbade samhällsviktiga objekt uppgå till cirka 600 miljoner kronor och omkring 230 000 människor står utan service. Vid en dimensionerande nivå uppgår kostnaderna till 1100 miljoner kronor och 600 000 personer är direkt drabbade (MSB, 2012).

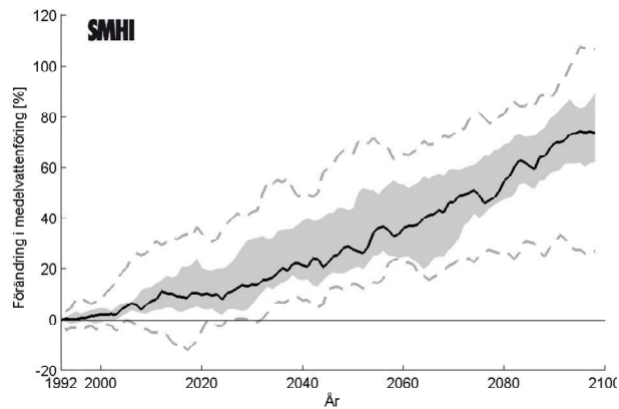
Efter en omreglering av Slussen förväntas lägre översvämningrisker hela vägen fram mot slutet av seklet. Om någon omreglering däremot inte sker förväntas återkomsttiden för dagens 100-årsflöden år 2100 vara mindre än 40 år och 100-årsflödet beräknas år 2100 öka med 20 procent jämfört med idag (Länsstyrelsen Stockholm, 2011). En jämförelse kan göras med de höga flödena från år 2000. I dagsläget är sannolikheten för en liknande eller värre översvämning en procent per år (SMHI, 2010).

Diagrammet nedan visar den minskning i total årsmedeltillrinning som förutses vid ett förändrat klimat.

Figur 13 - Procentuell förändring av Mälarens totala årsmedeltillrinning relativt referensperioden 1963-1992. Källa SMHI, 2010



Figur 14 Procentuell förändring av Mälarens säsongsmedeltillrinning vintertid relativt referensperioden 1963-1992. Källa SMHI, 2010



Även om klimatförändringarna inte aktivt studerades i MSB:s rapport dras slutsatsen att under de närmsta 50 åren bedöms det största översvämningshotet för Mälarenregionen vara möjliga extremt höga tillflöden medan hotet på längre sikt troligen utgörs av den stigande havsnivån (MSB, 2012).

MSB har år 2012 tagit fram en detaljerad översvämningskartering för Mälaren. Karteringen visar vattnets utbredning för olika vattennivåer med 10-centimetersintervall, från medelvattennivån (+ 0,9 m) till högsta möjliga vattennivå (+ 3,1 m). Karteringen kan kombineras med Stockholms stads egna, eller andra, geografiska databaser avseende exempelvis förorenade markområden, karta över vägnät, kartor över avlopps- och dricksvattenledningar för att göra lokala analyser samt med stadens data över samhällsviktig verksamhet.

Därutöver finns ytterligare underlag och konsekvensanalyser av olika flöden i rapporten *”Projekt Slussen - Bebyggelse och infrastruktur. Konsekvensbedömning ny reglering av Mälaren”* (Tyréns, 2011). I rapporten jämförs översvämningsrisker efter en omreglering av Mälaren med ett fortsatt nuläge. Slutsatsen är att utan en omreglering så är översvämningsrisker och tillhörande konsekvenser stora.

Sammantaget sett torde det således finnas gott om underlag för att göra mer detaljerade bedömningar av översvämningsrisker för Stockholms stad.

Samtidigt är det inte bara risker för översvämnning som bör uppmärksammas. Klimatförändringarna tros leda till ett jämfört med idag minskat vattenstånd under sommaren, något

som ger ett minskat utflöde ur Mälaren. Ett lägre vattenstånd gör att luckorna mellan Mälaren och Saltsjön måste hållas stängda för att hindra saltvatteninträngning. Ett minskat utflöde ur Mälaren leder till att problem uppstår med att få en fungerande avloppsström från Stockholm Vattens reningsverk från Saltsjön ut till Östersjön. Det leder troligen sämre vattenkvalitet i området Slussen – Halvkakssundet – Lilla Värtan. Stockholm Vatten gör dock bedömningen att situationen fram till år 2100 inte kräver någon förändring av nuvarande utsläpp av renat avlopp från avloppsverken. (Stockholm Vatten, 2009).

Efter år 2100 uppstår särskilt stora utmaningar till följd av en allt högre havsnivå. I dagsläget är Mälarens vattenstånd i genomsnitt 70 cm över Saltsjöns. Det är en skillnad som år 2100 kommer att vara ca 20 cm (Länsstyrelserna, 2011). Då havsnivån inte slutar att stiga år 2100 blir det nödvändigt att fatta beslut om hur Mälarens framtid ska se ut. Besluten påverkar bland annat bebyggelse och infrastruktur runt Mälaren, dricksvattenförsörjning, naturvärden med mera. Tre alternativ kring en framtida hantering av problematiken har presenterats:

- Nollalternativet, som innebär att sjön blir en havsvik. Det kräver en alternativ dricksvattentäkt, exempelvis Dalälven eller Vättern. Investeringskostnaden för byte av vattentäkt beräknas mycket grovt uppskattat uppgå till minst cirka 15-20 miljarder kronor.
- Höja Mälaren i samma takt som havet, exempelvis genom invallning. Även det medför stora kostnader, bland annat får det konsekvenser för bebyggelse och infrastruktur som är byggd efter dagens nivåförhållanden i Mälaren. Kostnaderna blir dock troligen avsevärt mycket lägre än nollalternativet ovan.
- Storskaliga tekniska lösningar som att bygga barriärer och vallar i skärgården. Några djupare studier av eller kostnadsberäkningar för olika alternativa lösningar finns inte.

Länsstyrelsen Stockholm rekommenderar att samhällsekonomiska analyser görs för de olika alternativen. I dessa analyser behöver både åtgärder och samhällsekonomiska konsekvenser prissättas. Sådana beräkningar kommer bli synnerligen komplexa att göra, men bedöms likväl som nödvändiga (Länsstyrelsen Stockholm, 2013).

Ytterligare ett problem är att saltvatteninträngningen i Mälaren sannolikt ökar framåt slutet av seklet. Saltvatteninträngning uppstår när Saltsjön står högre än Mälaren och kan få påverkan på dricksvattenförsörjningen. Antalet gånger det förväntas ske beräknas vara ungefär som idag mot slutet av seklet, men varaktigheten kan bli längre. Om saltvatteninträngning ska förhindras framöver behöver man kunna stänga kulvertar som har förbindelser mellan vattnen, exempelvis kulverten i Vettersgatan och luckan i Riksbron kan behöva tätas och höjas (Stockholms stad, 2010). Frågan behandlas även i avsnittet om dricksvattenförsörjning.

Havsnivåhöjning

IPCC:s Assessment Report 4 angav ett intervall för global höjning av vattennivån på 18-59 cm, med regionala variationer. Dessa beräkningar har av flera aktörer bedömts ligga något lågt varför SMHI i sina underlag till både Stockholms stad och Länsstyrelsen Stockholm satt omkring en meter som övre gräns för havsnivåhöjning globalt sett fram till år 2100 (SMHI, 2010). SMHI:s bedömning utgör en sammanvägning av många internationella myndigheters bedömningar för utvecklingen fram till 2100 (SMHI, 2012).

I IPCC:s senaste arbetsgruppsrapport uppskattas havsnivåhöjningen till år 2100 finnas i spannet 26-82 cm. 26 cm är det lägsta värdet i det lägsta scenariot, RCP2.6 medan 82 cm kommer från det högsta värdet i det högsta scenariot, RCP 8.5. Enligt IPCC-rapporten anges den översta gränsen för osäkerhetsintervallet för RCP 8.5 för 2100 till 0,98 meter. (IPCC, 2013). Om det föranleder någon förändrad inriktning från SMHI är inte känt i dagsläget.

Utgåendes från en global höjning om en meter beräknas havsnivån i Östersjön i den delen som rör Stockholms stad öka med 40 cm från 1990 års nivå fram till år 2100. Det motsvarar en höjning med cirka 50 cm jämfört med dagens förhållanden. I Stockholmsområdet motverkas havsnivåhöjningen av landhöjningen. Den senare uppgår till 5,2 mm/år (SMHI, 2011). Landhöjningen gör att effekterna av den globala havsnivåhöjningen börjar märkas först omkring år 2050. I tabellen nedan visas förväntad havsnivåhöjning i förhållande höjdsystemen RH00, RH70 och RH2000⁶. Under tabellen

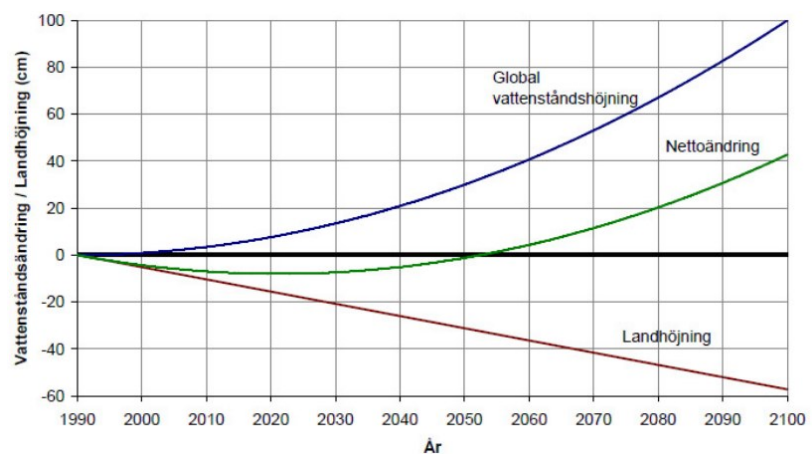
⁶ Objekts höjd över havet anges med hjälp av olika höjdsystem. Ett höjdsystem består av ett antal, på marken väl markerade, så kallade fixpunkter. Varje fixpunkt är noggrant inmätt och representerar höjden i

visas en figur hur havsnivåhöjningen påverkas av landhöjningen.

Figur 15 - Beräknad havsnivåhöjning. Källa SMHI, 2010

År	MW ⁷ RH00	MW i RH70	MW i RH2000
1990	-32 cm	4 cm	20 cm
2011	-40 cm	-4 cm	12 cm
2100	11 cm	47 cm	63 cm

Figur 16 Förändrad havsnivå i Stockholmsområdet. Källa: Länsstyrelsen Stockholm, 2011



Efter år 2100 är osäkerheten kring utvecklingen av havsnivån stor. Att havsnivån kommer fortsätta att öka utgör den gängse uppfattningen, men uppskattningar om hur stor ökningen förväntas bli varierar. Bland annat menar den holländska Deltakommittén att nivån kan komma att öka från 1,5 meter till 3,5 meter fram till år 2200 (SMHI, 2012). Enligt SMHI kan det för Stockholms del innebära att medelvattenytan höjs med ytterligare 5-25cm redan under decenniet 2100-2110 (SMHI, 2011). En annan beräkning från SMHI, som utgår från en global medelvattenhöjning om ytterligare en meter år 2200, anger att medelvattennivån för Stockholms stad år 2200 skulle bli cirka 90 cm över 1990 års nivå (SMBHI b, 2011). Det bör understrykas att beräkningarna är mycket osäkra, vilket ofta är fallet med scenarier som syftar till att beskriva förhållanden långt fram i tiden.

det aktuella höjdsystemet på den punkten. Det nyaste höjdsystemet i Sverige heter RH2000. Därutöver finns äldre höjdsystem (RH00 och RH70).

⁷ MW – medelvattenstånd

I sammanhanget kan nämnas att FOI granskat hur ett trettiotal kommuner i södra Sverige tar in havsnivåhöjning in sin planering. Det konstateras bland annat att en tredjedel av kommunerna helt saknar uppskattningar av framtida havsnivå i sin planering samt att de uppskattningar av havsnivåer som gjorts ofta varierar mellan olika kommuner. Det är också få kommuner som tagit in havsnivåförändringar efter år 2100 i sin planering (FOI, 2012).

Extrema vattenstånd

Utöver medelvattennivå är det viktigt att känna till vilka extrema vattenstånd som kan uppstå. Förändringar i Östersjöns vattenstånd uppstår främst genom variation i faktorerna lufttryck och vindar. Lågtryck och pålandsvind ger ett vid stranden högre vattenstånd medan högtryck och frånlandsvind innebär lägre vattenstånd. Extrema nivåer varar vanligtvis några timmar (Länsstyrelsen Stockholm, 2011).

Figur 17 - Höga vattenstånd med 50 års återkomsttid. Intervallerna visar 90 % konfidensintervallet, och värdet år 2100 bygger på 1m global höjning och reduktion för landhöjning. Källa SMHI, 2010

Vattenstånd 50 års återkomsttid	RH00	RH70	RH2000
2011	58cm 50-73	93cm 86-109	110cm 102-125
2100	108cm 101-124	144cm 137-160	161cm 153-176

Figur 18 - Höga vattenstånd med 100 års återkomsttid. Intervallerna visar 90 % konfidensintervallet, och värdet år 2100 bygger på 1m global höjning och reduktion för landhöjning. Källa SMHI, 2010

Vattenstånd 100 års återkomsttid	RH00	RH70	RH2000
2011	65 cm 55-85	101 cm 91-121	117 cm 107-138
2100	115 cm 106-136	151 cm 142-172	168 cm 158-188
2200 (källa Länsstyrelserna 2013)			220 cm

Figur 19 - Höga vattenstånd med 300 års återkomsttid. Intervallerna visar 90 % konfidensintervallet, och värdet år 2100 bygger på 1m global höjning och reduktion för landhöjning. Källa SMHI, 2010

Vattenstånd 300 års återkomsttid	RH00	RH70	RH2000
2011	77 cm 55-85	113 cm 91-121	130 cm 107-138

2100	127 cm 113-157	163 cm 149-193	179 cm 165-209
------	-------------------	-------------------	-------------------

Tabellerna visar att höga vattenstånd i framtiden kommer vara högre än idag. Fler byggnader och mer infrastruktur påverkas då jämfört med om ett 100-års flöde sker idag.

Vinduppstuvning bedöms i Saltsjön inte kunna leda till några större effekter utan har bedömts vara obetydlig. Däremot genererar vind vågor. Vid varaktig ostlig kuling 15 m/s blir den signifikanta våghöjden 0,4 meter. Denna bedömning gäller oavsett medelvattenstånd och måste beaktas när översvämningsrisker ska bedömas (SMHI, 2010).

Inom ramen för Stockholms stads arbete med risk- och sårbarhetsanalyser år 2010 användes extrem översvämning av Saltsjön som ett av de fyra studerade scenarierna. Scenariot byggde på att plusgrader och stormbyar tillsammans med högt vattenstånd i Östersjön skapade snabbt stigande vattennivåer i Saltsjön. Rekordnivån 2,34 meter över medelvattenstånd uppnåddes vilket fick till följd att Saltsjön trängde in i Mälaren, översvämmade avloppstunnlar samt Strandvägen och Skeppsbron.

Av de fyra scenarion som studerades bedömdes detta få störst konsekvenser för stadens verksamhet. Den sammantagna bedömningen var dock att förmågan generellt sett var relativt god. Där förmågan bedömdes som mest bristfällig gällde främst Stockholms Hamnars åtaganden gentemot sjöfarten. Scenariot bedömdes inte få någon påverkan på dricksvattenförsörjningen och endast liten påverkan på Stockholm Vattens verksamhet i övrigt.

Liksom för övriga scenarier gjordes även en bedömning av vilka effekter en översvämning av Saltsjön skulle få om den inträffade år 2030. Konsekvenserna bedömdes bli mindre allvarliga då det bedömdes att den kommersiella sjöfarten inte längre beräknades inkomma till hamnar i sårbart läge. Ny bebyggelse i nuvarande hamnområden kan dock bli utsatt för översvämningsrisk. En övergripande synpunkt på 2010 års RSA-arbete var att något få aktörer deltagit vilket innebär begränsningar i vilken utsträckning resultaten kan sägas motsvara faktisk förmåga eller inte.

Vind

Klimatforskningen ger inte några tydliga svar på hur utvecklingen av vinden påverkas av ett förändrat klimat. Klimat- och sårbarhetsutredningen beskrev osäkerheten i forskningsläget, men pekade på att det finns en tendens till ökning av vindhastighet i de flesta modeller (SOU 2007:60). I ett senare underlag inriktat mot förhållanden i Stockholms län skriver SMHI att vissa klimatmodeller visar att starka vindar kan komma att öka över Östersjön, men det råder stor spridning mellan modellerna (SMHI, 2011).

Om vindar i framtiden skulle bli starkare än idag finns en rad områden som kan få ökade risker. Exempelvis kan en ökning av vind påverka vägar, järnvägar, sjöfart, luftfart, telekommunikation, radio- och TV distribution, elsystem, byggnadskonstruktioner samt värme- och kylbehov i byggnader. Vindstyrka och vindriktning påverkar också översvämningsrisker och graden av erosion. Om förändringar i vindar sker i större skala kan det, i kombination med ökade västvindar och kraftigt ökande nederbörd, leda till en halvering av salthalten i Östersjön med dramatiska följder för bland annat artrikedomen (Länsstyrelsen Stockholm, 2010).

Geotekniska förutsättningar

Klimatförändringarna kan påverka markstabilitet och ge upphov till ökade risker för ras, skred och erosion. I detta avsnitt ges en översiktlig bild av hur klimatförändringarna kan innebära ökade risker kopplade till ras, skred och erosion. Det beskrivs också vilka typer av undersökningar som gjorts av nationella myndigheter kring dessa risker just för Stockholms stad.

Ras, skred och erosion berörs även i avsnittet om byggnadskonstruktioner.

Ras och skred

Ras

Sveriges geotekniska institut (SGI) definierar ras som en massa av sand, grus, sten eller block eller en del av en bergsslänt som kommer i rörelse. De enskilda delarna rör sig fritt i förhållande till varandra. Berg innehåller större och mindre sprickor som kan leda till att stora block loss görs och faller ned (SGI, 2010).

Skred

SGI definierar skred som en jordmassa som kommer i rörelse och som under rörelsen till en början är sammanhängande. Ytlagrets torra lera, torrskorpan, bryts sönder i stora flak. Jordskred förekommer i finkorniga silt- och lerjordar men även i andra jordar med inslag av ler och silt. Både ras och skred kan leda till att föroreningar som i dagsläget är bundna i marken kan förflyttas och påverka omgivningen (SGI, 2010).

Ras och skred i förhållande till klimatförändringarna

Risken för ras och skred är helt avhängig de lokala förutsättningarna vilket gör det svårt att dra övergripande slutsatser om ett visst område utan ett detaljerat underlag. De klimatfaktorer som på en övergripande nivå ändå påverkar stabilitet i marken är nederbörd samt flöden och nivåer i hav, sjöar och vattendrag. Ökad nederbörd leder till ett högre vattentryck i markens porer vilket minskar hållfasthet. Det leder också till ökad avrinning och erosion som påverkar släntstabiliteten. En kraftigt ökad nederbörd kan leda till att områden som idag är stabila kan komma att påverkas och att förstärkningsåtgärder kan krävas (SGI, 2010).

Minskad nederbörd under sommaren kan medföra att risken för skred ökar om vattennivån sjunker i vattendrag samtidigt som vattentrycket i marken är förhöjt. Klimatförändringarna kan alltså i vissa områden öka risken för ras och skred. De medför också minskade risker för ras i berg genom att det minskade antalet nollgenomgångar som väntas i ett förändrat klimat. Det medför minskad vittring genom frostsprängning. (SGI, 2010).

Förhållanden i Stockholms stad

Historiskt sett finns totalt fem fall av skred inom Stockholms stads gränser inrapporterade i den nationella skreddatabasen (SGI). MSB bedömer att Stockholmsområdet är ett av de områden i landet som drabbas av ökande risker för ras och skred till följd av klimatförändringarna (MSB, 2008).

Generellt sett för Stockholms län bedömer SGI att effekterna av klimatförändringarna är så stora att hänsyn till dem måste tas i exploatering men att man också bör bedöma konsekvenser för befintlig bebyggelse. Detaljerade utredningar bör enligt SGI genomföras för fysisk planering och anpassningsåtgärder för befintlig bebyggd miljö bör övervägas. Sådana detaljerade utredningar bör klargöra var det finns förutsättningar för skred och ras. Deras omfattning och detaljeringsgrad beror på syfte och användning av resultaten, t.ex. för översikts- och detaljplanering, byggande eller anpassning av befintlig bebyggd miljö (SGI, 2010).

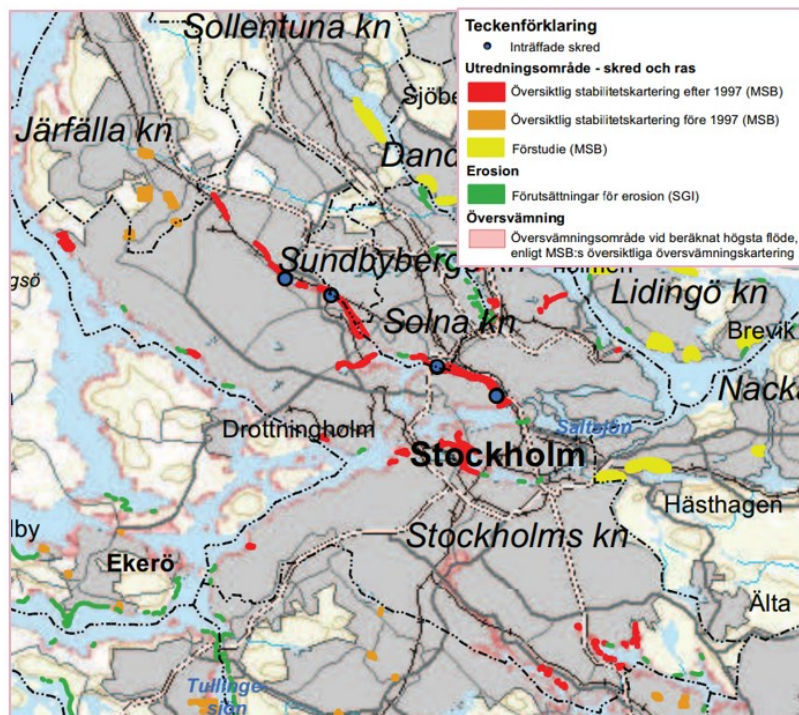
Det finns viss befintlig stabilitetskartering som bygger på dagens klimatförhållanden, både över bebyggda och obebyggda områden. Dåvarande Räddningsverket har år 1999 genomfört översiktliga stabilitetskarteringar över Stockholms stad (och finns tillgänglig via MSB). Resultatet av karteringen presenteras närmare i avsnittet om byggnadskonstruktioner längre fram i rapporten.

SGI har på uppdrag av Länsstyrelsen Stockholm gjort stabilitetskarteringar också över områden som inte är bebyggda. I sin undersökning konstaterar SGI att exploateringsområden för Stockholms stads del till största delen utgörs av förtätning av befintlig bebyggelse, som alltså redan ingår i MSB:s kartering. Ett tidigare inte bebyggt område lyfts dock fram, Valla gårde, där det finns risk för lokala stabilitetsproblem vid de diken som avvattnar området (SGI, 2011).

Under 2012 har SGI analyserat var det finns särskilt stora skredrisker kopplat till vattendrag, vilket är en del i det fortsatta arbetet med Göta Älv-utredningen. De har identifierat nio vattendrag där riskerna för skred är så stora att en skredkartering ses som prioriterad. Norrströms utlopp i Stockholms stad är ett av de vattendrag som valts ut för kartering (SGI, 2012). Enligt uppgift från SGI har karteringen över Norrströms utlopp ännu inte påbörjats.

Kartan nedan visar var stabilitetskartering är gjord. Den undersökning SGI gjort om obebyggda områden finns också som GIS-skikt.

Figur 20 - Riskområden för skred, ras och erosion. Källa SGI, 2010



Erosion

Erosion är den process som leder till förlust av material från stranden och botten i vattendrag och längs kuster (SGI, 2011). För att erosion ska uppstå krävs dels material känsligt för erosion och dels en flödes-/vindhastighet som är tillräckligt hög för att lossa och transportera material (Länsstyrelserna, 2012). Klimatförändringarna påverkar förutsättningarna för erosion genom att en ökad nederbörd som ökar avrinning i vattendrag vilket medför ökad erosion. Den höjda havsnivån

innebär också att ett större område än idag kommer att påverkas av stranderosion (SGI, 2011).

Förhållanden i Stockholms stad

SGI konstaterar att Stockholms stad är utsatt för stranderosion både utmed Östersjökusten och Mälaren. När det gäller Östersjökusten kommer ett område inåt land om 40-65 meter utöver dagens område att påverkas av erosion (baserat på en global medelhavsnivåhöjning om 1 meter till år 2100). SGI menar att för Mälaren kan sådana bedömningar inte ges då vattennivån bestäms av framtida vattenhushållningsbestämmelser (SGI, 2011).

Inom stadens gränser finns ett antal vattendrag där erosion kan vara en risk, bland annat i Bällstaån. Generellt sett tros klimatförändringarna innebära att 100-års vattenstånd kommer vara oförändrad eller minska med 20 procent i länets vattendrag. Under vintertid ökar dock flödena. Sammantaget kan erosionen öka i slänter vid vattendrag vid kraftiga flöden i vid de platser där geologiska förutsättningar för erosion finns idag (se karta ovan samt i bilagorna). Ökad erosion kan medföra konsekvenser inte bara där själva materialet loss görs utan också när sedimentet avsätts nedströms (Länsstyrelserna, 2012). En erosionskartering av Tyresån gjord av SGI visar att erosionsriskerna, vid dagens klimat, ligger utanför stadens gränser (se bilaga) (SGI, 2010).

I bilagan återfinns översiktlig erosionskartering för Stockholms stad. Av karteringen framgår vilka områden som idag är utsatta för stranderosion samt vilka områden där det finns geologiska förutsättningar för stranderosion. Det ska understrykas att karteringen utgår från befintlig situation, de är alltså ingen prognos över var erosion kommer uppstå till följd av klimatförändringarna. SGI konstaterar också att deras karteringar inte ur planeringssynpunkt är tillräckliga då de inte har haft tillräckligt bra uppgifter om höjdförhållanden utmed kusten.

Effekter på stadens verksamhet - sårbara områden

Stockholms stad har ansvar enligt lag både att erbjuda en rad olika tjänster och service åt kommuninvånare. Det rör sig om sådant som vård och omsorg, översikts- och detaljplanering, vatten- och avloppssystem, energi- och avfallsfrågor, förvalta det kommunala vägnätet, krisberedskap, bostadsförsörjning med mera. Klimatförändringarna kan på olika sätt försvåra genomförandet av dessa uppgifter. De kan mot bakgrund av det också medföra ökade kostnader, exempelvis anpassning av avloppssystem till en ökad nederbörd och insatser för att minska fastigheters sårbarhet för värmeböljor.

Denna del i rapporten beskriver vissa delar av stadens verksamhet och hur de riskerar att påverkas av kommande klimatförändringar. Inom ramen för detta projekt har det varit nödvändigt att avgränsa studien till vissa delar av stadens verksamhet. Det som beskrivs är tekniska försörjningssystem (avloppssystem inklusive dagvattenhantering och dricksvattenförsörjning), bebyggelse, dagvattenhantering det kommunala vägnätet och vissa av de hälsoeffekter klimatförändringarna kan medföra.

Ansvarsförhållanden inom staden beskrivs också kortfattat. Därutöver lämnas ett antal rekommendationer kopplade till de undersökta områdena. Generellt sett kan de sägas vara fokuserade på vidare studier som i sin tur kan ligga till grund för beslut och eventuella förändringar i hur verksamheten utförs inom de undersökta områdena.

Tekniska försörjningssystem

En rad olika tekniska försörjningssystem riskerar att drabbas negativt av kommande klimatförändringar (SOU 2007:60). I detta avsnitt beskrivs översiktligt risker och sårbarheter kring dricksvattenförsörjning och avloppshantering.

Dricksvattenförsörjning

Dricksvattenförsörjning är av stor vikt för människors liv och hälsa samt samhällets funktionalitet. Det är tillika ett område som riskerar att påverkas negativt av klimatförändringar. Negativa effekter kan uppstå både på råvattenkvalitet och de tekniska system som behövs för att rena och distribuera vatten (Länsstyrelsen Stockholm, 2011).

Vad gäller störningar i distribution på grund av klimatförändringarna förutses de i Stockholmsområdet bli begränsade. Ledningsnätet har granskats i förhållande till ras- och skredrisker utan att några större förändringar med anledning av klimatförändringarna kan förutses (VAS, 2011). Nedan ligger fokus därför på att redogöra för vilka negativa effekter som kan uppstå på vattenkvaliteten och vattentillgång.

I rapporten ”*Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län*” redogörs för möjliga negativa effekter av klimatförändringarna inom stadens geografiska område (VAS, 2011). Slutsatserna redovisas nedan i den mån de är relevanta för Stockholms stad och är uppdelade efter ett antal ämnesområden.

- **Humus och vattenfärg.** Humus är delvis nedbrutet organiskt material från växter, alger och mikroorganismer. Halten av humus i Mälaren kan förväntas öka framöver som en följd av ökad nederbörd och varmare klimat. Nederbörd under vinter och höst får särskilt stor påverkan. Höga humushalter påverkar reningsprocesserna i beredningen av dricksvattnet negativt. Humus kan också binda till sig och transportera föroreningar samt eventuellt bidra till tillväxt av mikroorganismer i ledningssystemet. Sammantaget ställer det högre krav på reningsprocessen och kan innebära ökade kostnader. Stockholm Vatten har inlett ett samarbete med Uppsala Universitet och Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) kring frågorna om humus i dricksvatten (Stockholm Vatten, 2013).
- **Näringsämnen och alger.** Mer nederbörd som leder till ökad avrinning förväntas kraftigt öka läckaget av näringsämnen till ytvatten. Det ökade näringsläckaget kan gynna algblomning, något som kan försämra råvattnet. Även ett minskande istäcke får negativa effekter genom att det troligen leder till högre närsalter och ökande vattenfärg.
- **Mikroorganismer.** Vattenburen smitta sprids vanligen från betesmarker och avlopp i samband med översvämningar och häftiga flöden. Kraftig nederbörd är den i särklass viktigaste orsaken till sådana händelser. Kraftig nederbörd förväntas bli allt vanligare i ett förändrat klimat vilket innebär att risken för vattenburen smitta kan öka.

- **Förändrade vattennivåer, vattentemperatur och skiktningar.** Framöver kan det bli vanligare med periodvis lägre vattenstånd i Mälaren. Det kan i kombination med varmare vattentemperatur leda till försämrad vattenkvalitet. Högre temperatur kan också gynna bakterietillväxt i ledningsnäten och göra att effekten av desinfektionsmedel försämras.
- **Kemiska föroreningar.** Gifter finns på vissa platser lagrade i marken. Vid kraftig nederbörd kan dessa frigöras och föras ut i Mälaren. Ju längre österut i Mälaren detta sker desto värre riskerar konsekvenserna att bli. Vattenverken uppges inte vara anpassade för att kunna rena starkt förorenat råvatten.
- **Saltvatteninträngning** från Saltsjön in i Mälaren förväntas bli mer omfattande framåt slutet av seklet jämfört med idag. SMHI har under 2013 gjort beräkningar på hur stort detta problem förväntas bli (SMHI, 2013b). De har utgått från en havsnivåhöjning om 40 cm fram till år 2100 samt att det till dess kommer att ha inträffat två 100-årsflöden. Resultaten av beräkningarna visar att saltvatten ändå inte kommer att nå något av dricksvattenintagen (varav det i Norsborg har högst risk i förhållande till saltvatteninträngning). Stockholm Vatten anser att riskerna för saltvatteninträngning som når reningsverken har underskattats i nämnd rapport.

Som beskrivits ovan innebär situationen efter år 2100 stora utmaningar. Oavsett om Mälaren behålls som vattentäkt eller inte kommer det att krävas stora investeringar för att säkra dricksvattenförsörjningen i Stockholms stad.

Ansvarsförhållanden i Stockholms stad

Stockholm Vatten AB försörjer Stockholms stad och elva andra kommuner med dricksvatten. Den huvudsakliga vattentäkten består av Mälaren, med Bornsjön som reservvattentäkt. Vattenverken i Norsborg och Lovö renar dricksvattnet från Mälaren (Stockholm Vatten, 2009).

Avloppssystem

Avloppssystem löper risk att drabbas av negativa effekter vid de förändrade förutsättningar som följer av ett förändrat klimat. Avloppssystemet påverkas av förändrad nederbörd i

form av intensivare kortvariga regn. Det påverkas också av ändrade nederbördsmonster, till exempel mycket långa regn som kan leda till ökad risk för översvämning och bräddning vid korta intensiva regn samt ökade regnmängder att avleda. Långvariga regn på årstider med låg avdunstning och som sker över vattenmättad mark ger mycket stora vattenvolymer som skall hanteras (SMHI b, 2010). Förändring i Saltsjöns nivå och förändrad tillrinning till sjöar och vattendrag påverkar även de avloppssystemen (SHMI, 2010).

Förändrade klimatförhållanden kan få följande negativa effekter på avloppssystem (Länsstyrelserna, 2012):

- Ökad risk för ledningsbrott vid ras och skred.
- Ökad belastning på ledningsnät i och med ökad nederbörds mängd.
- Ökad risk för bräddning av avloppsvatten.
- Ökad risk för översvämning.

Riskerna varierar beroende på avloppssystemets utformning. Stockholms avloppssystem är till knappt hälften ett kombinerat system som innebär att spillvatten och dagvatten avleds i samma ledningar och tunnlar till reningsverken. Till stor del finns detta system i äldre bebyggelseområden, som Stockholms innerstad. Den andra hälften av avloppssystemet är ett duplikat ledningssystem som innebär att spillvatten och dagvatten leds i separata avloppsledningar. Det återfinns främst i nyare bebyggelse. Dagvattnet leds då oftast orenat ut i närmsta sjö.

Kombinerade avloppssystem är de mest känsliga för stora regnmängder då sådana kan leda till bräddningar, alltså att orenat spillvatten sprids. Bräddningar kan drabba dricksvattenkvalitén negativt, orsaka övergödning och medföra sjukdomar (Länsstyrelsen Stockholm, 2011). I Stockholms stads kombinerade system står dagvattnet för merparten av flödet vid regn och för att inte få orimligt stora dimensioner finns ett antal bräddpunkter till recipienter⁸.

De flesta av riskerna som listas ovan har studerats av Mistra-SWECIA inom ramen för studien ”*En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem*”. Syftet med studien var att bedöma flödesbelastningen på Stockholms stads huvudavloppssystem under resten av seklet, mot

⁸ Mottagare av det bräddade vattnet är främst Mälaren och Saltsjön. Några småsjöar tar emot marginella bräddvolymer.

bakgrund av både klimatförändring och befolkningsökning. Undersökningen hade tre områden i fokus: framtida flödesbelastning till Henriksdals reningsverk, bräddad volym till Mälaren och Saltsjön samt risk för översvämning i utvalda punkter. Studien nådde slutsatsen att ett antal utmaningar finns att hantera (SMHI b, 2010):

- Inflödet till Henriksdals reningsverk förväntas öka med 15-20 procent på årsbasis. De viktigaste faktorerna i ökningen är ökad befolkning samt högre vattennivåer i Saltsjön och Mälaren. Flödestopparna ökar på grund av förändrad nederbörd.
- Bräddning från avloppssystemet till Mälaren respektive Saltsjön kommer att öka kraftigt, med 20-40 procent mot slutet av seklet.
- Riskerna ökar för hög vattennivå och översvämning i kritiska punkter i avloppssystemet.

Det konstateras också att en fortsatt befolkningstillväxt efter år 2030, inom Henriksdals reningsverks avrinningsområde, tillsammans med ökad bräddning till följd av ökad avrinning kommer att innebära problem redan i mitten av seklet. Stockholm Vatten rekommenderas att jobba med åtgärder för att fortsatt uppfylla de gällande kraven för bräddvolym (SMHI b, 2010).

Författarna av nämnd studie understryker dock att det finns en rad osäkerheter. Vidare utgår den från dagens havsnivåförhållanden. Om havsnivån höjs ökar på det sätt som i dagsläget är troligt ökar inläckaget i ledningsnätet, något som alltså inte tagits hänsyn till. Riskerna för stadens avloppssystem är således sannolikt större än de som beskrivits ovan (SMHI b, 2010).

Avloppsreningen påverkas även av vattennivåerna i Mälaren och Saltsjön. Om Saltsjöns medelvattennivå höjs med mer än eller lika med 0,5 m jämfört med idag innebär det en kraftig ökning av medelflödet till reningsverken motsvarande ca 30 Mm³/år. Även avledning av avloppen kommer bli mer problematiskt vid en havsnivåhöjning och leder till att Henriksdals reningsverks kapacitet att pumpa ut renat avloppsvatten till innerskärgården behöver förbättras (Stockholm Vatten, 2009).

Förhållandena beskrivna ovan avser Henriksdals reningsverk. Stockholm Vatten studerar för närvarande hur

huvudavloppssystemet anslutet till Bromma reningsverk påverkas av framtida klimat och Stockholmsregionens befolkningsutveckling (uppgift Stockholm Vatten). Nyligen har fattats beslut i kommunfullmäktige om att godkänna Stockholm Vattens planeringsinriktning om att lägga ned Bromma reningsverk. Rening ska istället ske vid Henriksdals reningsverk. Förändringen planeras äga rum inom de närmaste tio åren (Stockholms stad b, 2013).

Framåt år 2050-60 kommer förändrade nederbördsmonster i kombination med förväntad befolkningsökning och en ökad havsnivå innebära ökade avloppsmängder till reningsverken. Om inte förstärkningsåtgärder utförs på avloppsnät och dagvattennät, kan det antas leda till ökad bräddning av avloppsvatten till recipienter samt ökad risk för och omfattning av både källaröversvämningar och marköversvämningar (uppgift från Stockholm Vatten).

Ansvarsförhållanden i Stockholms stad

Stockholm Vatten äger och sköter ledningsnät för avloppssystemen samt avloppsreningsverk i Bromma och Henriksdal.

Styrelsen utreder för närvarande vilka åtgärdsbehov som finns för att undvika framtida problem med översvämningar och bräddningar. Tidsperspektiven de ser till är både sådana som finns i dagsläget (1-10 år) och inom överskådlig tid (10-30 år). Vid dimensionering och höjdsättning av nya system används klimatanpassade dimensioneringsparametrar beräknade för det klimat som antas kunna råda 100 år fram i tiden.

Dagvattenhantering

Med dagvatten menas regn- och smältvatten från exploaterade områden som rinner till recipient eller reningsverk via hårdgjorda ytor, genomsläpplig mark, diken och/eller VA-anläggning. Det system som hanterar dagvatten kan på ett antal sätt hotas av klimatförändringar. Främst handlar det om ökad risk för ledningsbrott till följd av ras och skred samt ökad belastning på ledningsnätet vid kraftig nederbörd. Stigande havsnivåer kan även de påverka dagvattensystemen negativt (Länsstyrelserna, 2012).

Som nämnts ovan kan mängden nederbörd förväntas öka i framtiden, även om det råder osäkerhet kring hur stor ökningen blir.

I städer finns ofta relativt stora ytor som är hårdgjorda. Hit räknas byggnaders tak, parkeringsplatser, gator, järnvägar och andra ytor som inte är grönytor. Hårdgjorda ytor innebär att avrinningen av nederbörd blir snabbare jämfört med grönytor. Studier visar att avrinningen från hårdgjorda ytor är mellan 1-10 gånger större än från grönytor (Boverket, 2010). Enligt uppgift från Stockholm Vatten är avrinningen vanligen cirka tio gånger större från hårdgjort yta jämfört med grönyta. Det innebär att när stora mängder nederbörd faller över framförallt hårdgjorda ytor så riskerar det att uppstå en situation där befintligt system för dagvattenhantering inte kan ta hand om vattenmängderna. Problemen riskerar att bli särskilt stora i topografiska sänkor (Boverket, 2010).

Inom staden har det gjorts studier över vilka konsekvenser kraftig nederbörd riskerar att få. Framförallt rör det sig om Bällstaån som ingår i dagvattensystemet. Ån är idag dimensionerad för att klara ett 2- till 10-års flöde. Längs ån mellan Bällstaviken i Mälaren och upp till Barkarby i Järfälla kommun planeras idag för ett antal större bostadsexploateringar (bland annat Annedal, Solvalla, Bromstens industriområde och Barkarby), större vägprojekt (ombyggnad E18 och Förbifart Stockholm) och Banverkets järnvägsprojekt Mäljarbanan (Stockholm Vatten 2009). Sammantaget kommer det innebära en ökning av hårdgjorda ytor med cirka 86 hektar (Stockholm Vatten, 2013).

Stockholm Vatten har vid flera tillfällen låtit studera hur ån påverkas vid regn med olika återkomsttid vid olika nivåer i Mälaren. Arbetet har gjorts både med utgångspunkt i befintlig bebyggelse och med utgångspunkt i framtida bebyggelse (det senare inkluderar alla större kända pågående och planerade exploateringar och infrastrukturprojekt). De resultat som nått sammanfattas i punktlistan nedan. I bilaga finns den kartering som gjorts för Bällstaån (uppgift Stockholm Vatten).

- Relativt stora översvämningar kan inträffa i nuläget och i framtiden redan vid 10-årsregn.
- Ett 100-årsregn innebär mycket omfattande översvämningar och skador både i nuläget och i framtiden.
- Kända planerade tillkommande exploateringar med cirka 86 hektar tillkommande hårdgjord yta innebär ökad risk för översvämningar.

- Därutöver kan det bli ytterligare exploateringar för att möta uppskattad befolkningsökning i nordvästra Stockholm, Järfälla och Sundby
- Osäkerhet föreligger kring hur förändrade nederbördsmonster och varmare klimat påverkar flödet i Bällstaån. En flödesökning med ca 20 procent innebär olika mycket höjning av åns vattenyta. Företaget DHI, som utfört karteringen, har i snitt bedömt höjningen med cirka en decimeter.

Det har också genomförts en studie kring vilka konsekvenser dagens 10- respektive 100-årsregn skulle få i området Bromsten. Ett 10-årsregn skulle innebära strax under 40 översvämmade fastigheter medan ett 100-årsregn skulle innebära strax under 80 översvämmade fastigheter (Ahlman, 2011). Studien lyfts fram här som ett exempel på hur studier för andra områden av Stockholm skulle kunna utföras.

För att hantera de ovan beskrivna problemen med Bällstaån har Stockholm Vatten identifierat ett antal olika behov. Det rör sig bland annat om minst 3 till 6 större dagvattenanläggningar för utjämning av flöden och rening av förorenat dagvatten, förstärkning av kapaciteten för vissa kulvertar, ombyggnation och förstärkning av vissa anslutande dagvattensystem samt framtagande av nya tillåtna minimala marknivåer vid planering av nya områden (uppgift Stockholm Vatten). Stockholm Vatten gör för närvarande en ytterligare fördjupad studie kring Bällstaåns vattenflöden och översvämningsområden.

I dagsläget finns det inte några övergripande studier gjorda över vilka andra delar av staden som riskerar att drabbas av översvämnings vid kraftig nederbörd.

Dimensionering av dagvattenförande system är viktig i sammanhanget. Stadens äldre dagvattenförande system är dimensionerade efter regn med en återkomsttid på två år och i vissa fall tio år. De något yngre systemen (de senaste cirka tjugo åren) dimensioneras dagvattenförande ledningar för att klara ett 10-årsregn utan att de dämmer upp till marknivån och orsakar marköversvämmning. De dagvattenförande systemen är således dimensionerade för att som mest klara regn upp till tio års återkomsttid. Det betyder således att regn som är mer omfattande ofta leder till problem med dämningar och översvämnings (uppgift Stockholm Vatten).

Med anledning av förväntade klimatförändringar har Stockholm Vatten i samband med exploateringar uttalat att beräkningar om nederbörd ska använda en klimatkfaktor på cirka 1,2. En sådan klimatkfaktor innebär att en ökning av nederbörden med 20 procent jämfört med idag ska kunna hanteras av de dagvattensystem som nu konstrueras.

I Stockholm Vattens projekteringsanvisningar anges en dimensionerande vattenståndsnivå som benämns ”Extremt dimensionerande vattenstånd” (EDW). Denna nivå anger lägsta nivå för öppna anslutningar till avloppsnätet och utgör således en nivå upp till vilken recipienten ska kunna stiga utan att riskera att ge upphov till översvämningar via ledningsnätet. År 2005 höjde Stockholm Vatten EDW nivån med en dryg halvmeter, bland annat för att ta höjd för framtida havsnivåhöjningar. För Saltsjön är EDW-nivån satt till +1,5 (RH00) och för Mälaren till +1,6 (RH00). För närvarande utreds om EDW-nivån bör höjas ytterligare mot bakgrund av den kunskap som under de senaste åren tagits fram rörande framtida havsnivåer.

Staden har som ambition att vid om- och nybyggnation tillämpa robusta och klimatanpassade system för dagvattenhantering (alltså att gå ifrån ledningsburna system). Det innebär öppna system med ytlig avledning, fördröjning, dammar och gröna lösningar. Den dagvattenstrategi som är under framtagande präglas av ett sådant förhållningssätt.

Avslutningsvis kan det noteras att Stockholm Vatten deltar i ett samarbete med fyra andra nordiska städer⁹ om hur man drabbas av extrema regn och hur dagvattenfrågan kan lösas på ett sätt som i mesta möjliga mån undviker översvämningar. Arbetet utgår både från dagens och framtida förhållanden. Det kan också konstateras att länsstyrelserna och MSB inom nästa fas av arbetet med EU:s översvämningdirektiv kommer undersöka risker kopplade till översvämningar orsakade av nederbörd. Ett sådant arbete kommer dock inte att påbörjas förrän efter år 2015 (uppgift Länsstyrelsen Stockholm).

Ansvarsförhållanden i Stockholms stad

Hanteringen av dagvatten delas mellan ett antal olika nämnder och styrelser. Främst rör det stadsbyggnadsnämnden, exploateringsnämnden, trafik- och renhållningsnämnden,

⁹ Stockholm, Göteborg, Malmö, Oslo och Köpenhamn ingår i samarbetet.

miljö- och hälsoskyddsnämnden och Stockholm Vatten. Ansvarsfördelningen mellan dessa aktörer föreslås förtydligas i en ny dagvattenstrategi för staden. Då en sådan strategi kan förutses antas relativt snart kommer nuvarande ansvarsförhållanden aktörerna emellan inte beskrivas i denna rapport.

Rekommendationer

- Utred vilka konsekvenser kraftig nederbörd med olika återkomsttid riskerar att få. Identifiera vilka områden i staden som löper särskilt stor risk att drabbas vid kraftiga regn.

Infrastruktur – vägar

Klimatförändringarna kan väntas påverka infrastruktur, såsom vägar, järnvägar, sjö- och luftfart. I denna rapport läggs fokus på just vägar mot bakgrund av stadens ansvar för det kommunala vägnätet. Klimatförändringarnas effekter på annan infrastruktur kommer sannolikt även det påverka staden.

Vad gäller vägar kan klimatförändringarna innebära påverkan på själva konstruktionen. Därutöver kan faktorer som mängd och form av nederbörd samt antal nollgenomgångar påverka framkomlighet (VTI, 2013). De största klimatrelaterade hoten mot vägar bedöms vara vattenrelaterade och härröra sig till översvämning, bortspolning av vägar och vägbanker, skadade broar samt ras, skred och erosion (Länsstyrelsen Stockholm, 2011). Trafikverket har i ett projekt upprättat en databas över risker och sårbarheter för infrastruktur, bland annat i Stockholmsområdet. Inom ramen för framtagandet av denna rapport har förfrågan om tillgång till databasen ställts till Trafikverket men någon sådan tillgång har inte getts.

Vad gäller vägtunnlar kan i varje fall konstateras översvämningsrisk för Blekholmstunneln som ingår i det kommunala vägnätet. Vid en översvämning av Mälaren till den dimensionerande nivån kan vatten rinna in i tunneln, något som kan leda till att den måste stängas av. Konsekvenserna bedöms dock som små, liksom sannolikheten för att det skulle ske. Riskens ses mot bakgrund av det som liten (Länsstyrelsen Stockholm, 2011b).

Generellt sett är tidsperspektiven kring infrastruktur långa, både i form av livstid och ledtider i fysisk planering (VTI,

2012). Hur lång livstiden är varierar beroende på vilken del av infrastrukturen som avses, från vägbeläggnings cirka 20-åriga livslängd upp till broar och tunnlar som kan ha livslängder på över 100 år (SOU 2007:60). Ofta är denna typ av infrastruktur också förknippad med stora kostnader. Att hastigt anpassa infrastruktur till ett förändrat klimat kan mot bakgrund av dessa förhållanden vara utmanande. Det visar på behovet att så snart som möjligt ta omhand klimataspekter i infrastrukturplanering- och underhåll (VTI, 2012).

Samtidigt kompliceras läget av att det i dagsläget finns begränsad kunskap om hur anpassningsbehoven ser ut samt vilka åtgärder som är rimliga att vidta. Hur vägar påverkas av förändrade klimatförhållanden är inte helt utrett och lokala förhållanden spelar stor roll.

När det gäller vinterväghållning är det inte klarlagt om framtida utveckling innebär förändring i kostnader för staden.

Färre antal dagar med snö på marken kan innebära ett minskat behov av snöröjning. Samtidigt ökar, som tidigare konstaterats, nederbörden och det finns risk för så kallade snökanoner,¹⁰ något som skulle medföra omfattande behov av vinterväghållning och med det medföljande kostnader. Det kommer att variera från kommun till kommun, där kommuner i södra delen av landet kan få minskade kostnader medan den omvända situationen kan uppstå för kommuner i norr. (VTI, 2012). Det är alltså oklart om kostnader för snöröjning kan förväntas öka eller minska framöver. Förutom förändrade förutsättningar för snöröjning kan varmare vintrar leda till mindre användning av dubbdäck vilket i sin tur ger minskat slitage på vägarna (Länsstyrelsen, 2011). Redan i dagsläget verkar staden för minskad dubbdäcksanvändning.

VTI konstaterar att för att klimatanpassa vägtransportsystemen finns ett stort behov av ökad kunskap om hur vägkonstruktioner påverkas av ett förändrat klimat. Det behövs också ökad kunskap kring drift och underhåll i form av hur det ska anpassas genom olika typer av varierande

¹⁰ Snökanoner medför stora mängder snö på relativt kort tid. De är enligt SMHI vanligast längs kuststräckan från Hälsingland ner till Uppland samt mellan Västervik och Mönsterås. Huruvida fenomenet riskerar att bli vanligare i ett förändrat klimat är i dagsläget oklart (SMHI).

Ansvarsförhållanden i Stockholms stad

Trafik- och renhållningsnämnden ansvarar för det kommunala vägnätet.

Rekommendationer

- Säkerställa en inventering av vägnätet i förhållande till de risker som generellt sett är de största hoten mot väg och infrastruktur – översvämning samt ras och skred.
- Säkerställ arbetsprocess för hur klimatanpassningsdimensionen tas omhand vid nybyggnation och underhåll av befintligt vägnät och höjdsättning av broar och vägar.

Bebyggelse

Klimatförändringarna kommer sannolikt medföra en rad olika negativa effekter på bebyggelse. Klimatfaktorer som temperatur, nederbörd, vind och havsvattennivå kan ha en direkt påverkan på byggnadskonstruktioner. De kan också påverka geotekniska förhållanden i form av ras, skred och erosion. Det rör sig både om långsiktig påverkan och sådan som är mer hastigt, momentant, uppkommen (SOU 2007:60, B17).

För Stockholms stads del finns faktorer som kan göra klimatanpassning av byggnadskonstruktioner och boende särskilt utmanande. Generellt sett finns ett högt bebyggelsetryck i vattennära områden. Det tar sig bland annat uttryck i omvandling av industri- och hamnområden till bostadsområden. En annan faktor är den möjliga målkonflikt som kan råda mellan klimatanpassning å ena sidan och stadens expansion på andra sidan. Fram till år 2030 är målet att 140 000 nya bostäder ska skapas. Det riskerar leda till fler hårdgjorda ytor och att befintliga gröna strukturer och genomsläppliga ytor försvinner, med risk för ökad sårbarhet vid exempelvis ökad nederbörd. Befolkningstillväxten ger också effekter på flöden av vatten, exempelvis ökade mängder avloppsvatten som behöver hanteras (SMHI b, 2010).

Detta avsnitt om risker för bebyggelse är uppdelat i tre delar. Del ett handlar om temperatur- och nederbördsförhållanden, del två handlar om ras, skred och erosion medan del tre behandlar översvämningrisker.

Temperatur- och nederbördsförhållanden

Temperatur påverkar byggnader på en rad sätt, varav de viktigare nämns nedan.

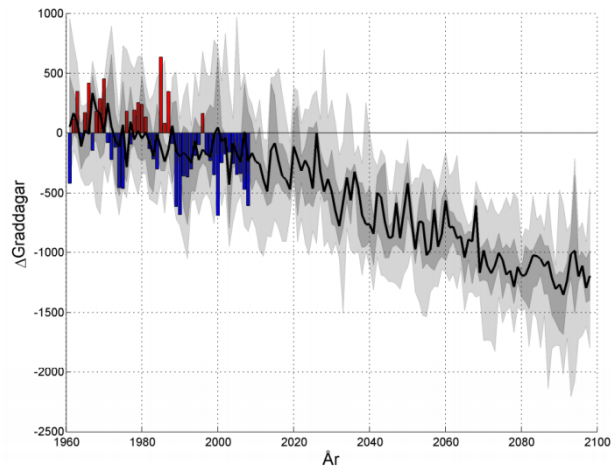
Som tidigare konstateras förväntas färre nollgenomgångar per år i Stockholmsregionen. Det kan innebära färre problem med frostsprängning. Å andra sidan kan det motverkas av det fuktigare klimat som väntas genom ökad nederbörd under vintermånaderna. Det är därför okänt om riskerna för frostsprängning faktiskt ökar eller minskar med det klimat som väntar för Stockholms stad.

Förändring i snöförhållanden får också effekter på bebyggelse. Under vintermånaderna förväntas temperaturen stiga särskilt mycket jämfört med dagens förhållanden. I Stockholms län kan de största snömängderna komma att minska med cirka 70 procent mot slutet av seklet. Det ger en minskad risk för påverkan från snölast (Länsstyrelsen Stockholm, 2011). Klimat- och sårbarhetsutredningen framhåller samtidigt att den sannolikt ökade förekomsten av extrem nederbörd, i kombination med kyla, ett hav utan is samt pålandsvind, kan komma att innebära situationer med så kallad ”snökanon” (SOU 2007:60, B17). Snökanoner medför stora mängder snö på relativt kort tid. De är enligt SMHI vanligast längs kuststräckan från Hälsingland ner till Uppland samt mellan Västervik och Mönsterås. Det ges inga förutsägelser om snökanoner i ett förändrat klimat riskerar att blir vanligare eller inte (SMHI).

Ändrade temperaturförhållanden leder också till minskade behov av värme och ökade behov av kyla i fastigheter. SMHI har beräknat hur antalet graddagar¹¹ för värme respektive kyla kan förändras fram till år 2100. Dessa beräkningar redovisas i graferna nedan.

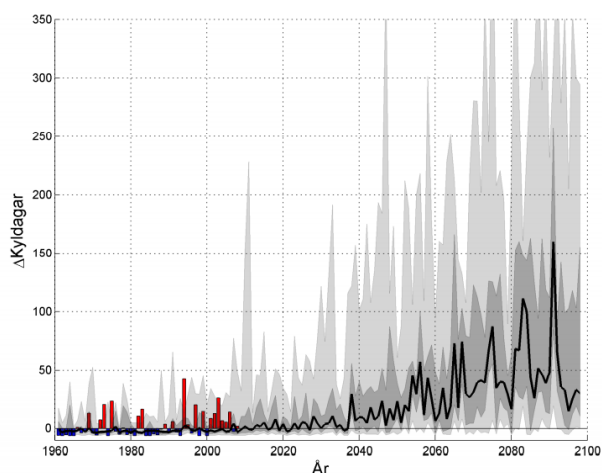
¹¹ Beräkningen av graddagar för värme görs genom att för varje dag under året beräkna skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och 17 °C, förutsatt att dygnsmedeltemperaturen understiger 17 °C. Denna skillnad summeras sedan årsvis. Beräkning av graddagar för kyla görs genom att för varje dag då dygnsmedeltemperaturen överstiger 20 °C beräkna skillnaden mellan denna dags värde och 20 °C.

Figur 21 Antal graddagar understigande 17 °C. Svarta linjen är medianvärdet. Röda staplar är observerade värden större än referensperiodens (1961-1990) medelvärde, blå staplar är lägre värden än nämnt medelvärde. Källa SMHI (2010 a)



En relativt kraftig minskning av antalet graddagar kan noteras. Det innebär att behoven av uppvärmning kommer att minska framöver. Klimat- och sårbarhetsutredningen uppskattade det minskade energibehovet för värme till 36 procent år 2100 för Stockholms län (SOU 2007:60, B11). För Stockholm stads del, liksom andra fastighetsägare, innebär detta minskade kostnader för uppvärmning samt minskad klimatpåverkan.

Figur 22 Antal graddagar överstigande 20° C. Svarta linjen är medianvärdet. Röda staplar är observerade värden större än referensperiodens (1961-1990) medelvärde, blå staplar är lägre värden än nämnt medelvärde. Källa SMHI (2010 a)



Som synes förväntas antalet graddagar för kyla öka. Enligt medianvärdet är det egentligen först framåt mitten av seklet som någon större förändring sker. Samtidigt finns det extrema värden (ljusgrått i figuren ovan) vilka bör uppmärksammas.

Utifrån scenariot ovan är det tydligt att kylbehoven i fastigheter kommer att öka.

Kylbehoven innebär särskilda utmaningar. Att kyla en grad kan uppskattningsvis sägas kräva dubbelt så mycket energi som att värma en grad. Vidare är det inte alla typer av bostadshus som lämpar sig för komfortkyla. Äldre hus är byggda för självdrag vilket alltså innebär att de inte är täta nog för att på ett effektivt sätt kunna kyla med komfortkyla (uppgift Familjebostäder).

Enligt vad som framkommit inom ramen för denna studie finns i stadens bostadsbolag begränsad utbyggnad av komfortkyla. Inte heller har det identifierats några formella beslut kring hur bolagen avser gå vidare med frågan, även om den är uppe för diskussion. Ett exempel på det är att SISAB för närvarande tittar närmare på frågan om så kallade sedumtak (gröna tak) då de märkt av en ökad efterfrågan på sådana lösningar från sina beställare. Gröna tak kan både ha en kylande effekt samt bidra till dagvattenhantering (Boverket, 2010).

Utöver temperaturförhållanden påverkas byggnadskonstruktioner också av nederbördsmängder- och mönster. De ökade nederbördsmängder som förväntas i framtiden innebär ett fuktigare klimat, något som kan innebära ökad risk för mögel- och fuktskador. Särskilt utsatta material är betong och skivmaterial (Länsstyrelsen Stockholm, 2011). Fuktskador riskerar särskilt att uppstå i enstegstätade byggnader. Det innebär att relativt nybyggda byggnader riskerar att drabbas av fuktproblem, något som redan skett i bland annat Hammarby Sjöstad (Bofast, 2008). Ofta är äldre byggnader konstruerade med luftspalt vilket gör dem mindre fukt känsliga (uppgift Familjebostäder).

Det som oftast innebär störst problem för byggnadskonstruktioner är så kallat slagregn, alltså regn som faller mer eller mindre horisontellt (SOU 2007:60, B17). För att sådana förhållanden ska uppstå krävs förutom nederbörd att det blåser. Huruvida vinden kan förväntas öka eller inte är som tidigare nämnts okänt medan nederbörden förutses öka. Några uppskattningar om slagregn kommer bli vanligare eller inte i framtiden har inte hittats.

Om klimatförändringarna skulle föra med sig ökade vindar kan även det drabba byggnader negativt, exempelvis genom att träd faller på byggnaderna eller att tak blåser av (SOU 2007:60, B17). Som tidigare nämnt i denna rapport är med dagens klimatdata dock osäkert om några ökade vindhastigheter är att vänta eller inte.

Ras, skred och erosionsrisker

Som nämnts tidigare i rapporten kan klimatförändringarna öka risker för ras, skred och erosion. Det gäller både områden med redan idag bristfällig stabilitet liksom för områden som idag har tillfredsställande stabilitet. Under ledning av dåvarande Räddningsverket genomfördes under slutet av 1990-talet översiktlig stabilitetskartering av bebyggda områden i Stockholms stad. För ett antal områden har utföraren av undersökningen inte kunnat konstatera tillfredsställande stabilitet eller så saknas information för att kunna göra en adekvat bedömning av stabiliteten (Scandiakonsult, 1999). De utpekade riskområdena listas i rapportens bilaga.

Undersökningen tog inte hänsyn till eventuella förändrade förhållanden i framtiden utan utgick från dåvarande situation. Som nämnts ovan kan klimatförändringarna göra att stabiliteten i marken försämras, bland annat genom mer nederbörd. Vilka effekter det skulle kunna ha på identifierade riskområden har inte studerats av staden.

Översvämningrisker

Översvämningar kan uppstå på olika sätt. De kan uppstå genom att vattennivån i sjöar och vattendrag får vatten att sprida sig utanför sjöarna och vattendragen. De kan även uppstå genom höga vattenstånd i hav, exempelvis genom en kombination av lågtryck, högvatten och vindar. Det finns också så kallade pluviala översvämningar som orsakas av intensivt skyfall i de fall nederbörden inte snabbt nog kan föras bort via dagvattensystem eller tränga ner i marken (JRF, 2011). Stockholms stads geografiska läge innebär att det finns risker för översvämningar orsakade av samtliga dessa faktorer.

Det är viktigt att se över hur samhällsviktig verksamhet¹² riskerar att påverkas av klimatförändringarnas effekter.

¹² Samhällsviktig verksamhet är den verksamhet som uppfyller ett eller båda av följande kriterier: 1 Ett bortfall av eller en svår störning i verksamheten kan ensamt eller tillsammans med motsvarande händelser i

I stadens översiktsplan står att samhällsviktiga funktioner måste lokaliseras till platser utanför riskområdena för översvämning och skred eller utformas med stor hänsyn till riskerna (Stockholms stad, 2010). Inom ramen för arbetet med Styrel har befintlig samhällsviktig verksamhet kartlagts. Genom att använda den information i kombination med information om klimatrelaterade hot kan staden bedöma riskerna för samhällsviktig verksamhet, något som kan ligga till grund för beslut av eventuella anpassningsåtgärder.

Tyresån

För Tyresån och dess sjösystem tyder klimatscenerierna på mindre översvämningsrisker, även om höga flöden givetvis även under ett förändrat klimat riskerar påverka viss infrastruktur och bebyggelse inom stadens gränser. MSB:s kartering visar vilka områden som riskerar att drabbas vid flöden med olika återkomsttid. Störst påverkan väntas sådana effekter i sjöarna Drevviken och Magelungen (MSB a, 2013).

Bällstaån

Översvämningsrisker relaterade till Bällstaån beskrivs i avsnittet om dagvattenhantering.

Saltsjön

Översvämningsriskerna för Saltsjön torde från mitten av seklet öka då havsnivåhöjningen blir mer och mer märkbar. Inom ramen för arbetet med 2010 års risk- och sårbarhetsanalyser togs översvämningskartering fram för områdena Brunnsviken, Djurgården, Frescati, Frihamnen, Hammarbyhamnen, Hjorthagen, Sickla och Skeppsholmen. Karteringen återfinns i bilagan.

Det finns i dagsläget inga riktlinjer för dimensionerande havsnivåer vad gäller översvämningsrisker, något som finns inom andra områden. Exempelvis är Svenskt Vattens riktlinjer för nederbörd och översvämning att dimensionera utifrån 10-årsregn (MSB, 2013). Länsstyrelsen Stockholm har dock tagit fram förslag till nya rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs Östersjökusten i länet. Rekommendationerna är avsedda som stöd för kommunernas

andra verksamheter på kort tid leda till att en allvarlig kris inträffar i samhället. 2 Verksamheten är nödvändig eller mycket väsentlig för att en redan inträffad allvarlig kris i samhället ska kunna hanteras så att skadeverkningarna blir så små som möjligt.

planering av ny bebyggelse för att möta framtida klimatförändringar med stigande havsnivå.

Stockholms stads rekommendationer för byggnation som exponeras för ökande havsnivå baseras på beräknade högsta högvattenstånd år 2100 i kombination med ett vindpåslag. Det utgår från att anpassningen till ett stigande hav behöver göras stegvis och med hänsyn till försiktighetsprincipen och kostnad/nyttoavvägningar. Rekommendationerna avses revideras när det finns en strategi för storskaliga åtgärder att skydda Mälaren mot ett stigande hav, det vill säga utifrån en helhetssyn på klimatanpassningen av Stockholms stad. Staden anser också att rekommendationerna bör hållas levande och revideras utifrån havsvattenståndet utveckling och nya vetenskapliga bedömningar (Stockholms stad, 2013).

Mälaren

Översvämningsriskerna kopplade till Mälaren har, som tidigare nämnts, beskrivits inom ramen för rapporten *Konsekvenser av en översvämning i Mälaren* (MSB, 2012). Inom ramen för rapporten har det tagits fram uppgifter om hur olika vattenstånd i Mälaren påverkar olika typer av byggnadskonstruktioner.¹³ Översvämningsrisker har även beskrivits i rapporten *Projekt Slussen - Bebyggelse och infrastruktur, Konsekvensbedömning ny reglering av Mälaren* (Tyréns).

Redan idag skulle dimensionerande nivå i Mälaren och 100-årsnivå i Saltsjön innebära att cirka 1000 fastigheter är anslutna till avloppsnät fyllda med Mälars- eller saltvatten. År 2006 ändrade Stockholm Vatten nivån för lägsta tillåten avloppsenhet att ansluta med självfall till avloppsnätet längs Mälarens stränder. De fastigheter som är anslutna före år 2006 får från mitten av seklet en ökad risk för källaröversvämningar. (Svenskt Vatten, 2009).

Pluviala översvämningar

Faktorer som påverkar var pluviala översvämningar uppstår är, förutom nederbörd, sådant som höjdförhållanden, avrinning och dagvattensystemets hanteringsförmåga. Topografiska sänkor i kombination med många hårdgjorda ytor utgör ofta

¹³ Vid det dimensionerande flödet beräknas följande antal byggnader inom respektive kategori drabbas: samhällsfunktion 91 st, industri 82 st, komplementbyggnad 314 st, övrig byggnad 2 st, bostad 332 st, verksamhet 78 st. Det dimensionerande flödet har en återkomsttid på över 1000 år.

riskområden. Då stadens sårbarhet vid pluviala översvämningar, alltså sådana orsakade av nederbörd, inte har närmare utretts är det svårt att avgöra hur och var byggnadskonstruktioner riskerar att påverkas. Som tidigare nämnts finns problem utmed Bällstaån. Även studien om dagvattenhantering i Bromsten tyder på att problem uppstår vid 10-årsregn.

Området beskrivs mer ingående i avsnittet om dagvattenhantering.

Rekommendationer

- Anpassa både befintlig och ny bebyggelse till ett varmare klimat. Trädplantering och gröna strukturer är sätt att minska solinstrålning och sänka temperaturer. Ett annat är markiser och persienner.
- Utredda hur behov av kylda bostäder för sårbara grupper kan omhändertas.
- Överväga att uppdatera den befintliga ras- och skredkarteringen för att utreda om effekterna av ett förändrat klimat påverkar stabilitetsförhållandena.
- Säkerställ för placering och anpassning av samhällsviktig verksamhet i förhållande till de ökade risker klimatförändringarna för med sig.
- Utred konsekvenserna av kraftig nederbörd i staden för att identifiera riskområden.
- Vid renovering av stadens fastigheter bör om möjligt hänsyn tas till förändrade klimatförhållanden.

Människors hälsa

Klimatförändringarna kan påverka hälsan hos boende och andra som vistas i Stockholms stad. Det handlar både om direkta och indirekta effekter. Direkta effekter är sådana som relateras till fysiologiska effekter i kroppen, exempelvis påverkan av värmebölja och skador till följd av naturolyckor. Indirekta effekter är sådana som orsakas av klimatförändringarnas effekter på naturliga och byggda miljöer, exempelvis förändrade livsbetingelser för insekter som sprider smittsamma sjukdomar (Länsstyrelsen Stockholm, 2012).

Det finns också positiva hälsoeffekter till följd av ett förändrat klimat. Temperaturen i staden förväntas öka som mest under vintern vilket sannolikt innebär färre trafik- och halkolyckor, förfrysningsskador med mera.

Denna rapport har avgränsat hälsoeffekterna till sådana som rör värmebölja och smittsamma sjukdomar. Andra negativa effekter på hälsan är ökad risk för allergier, fler drunkningsolyckor, ökad risk för säsongsbundna depressioner, skador till följd av naturolyckor och dylikt har inte studerats.

Värmeböljor

Värmeböljor har visat sig få kraftiga effekter på människors hälsa. Umeå universitet har utrett frågorna i samband med värmeböljor i Stockholm. Deras resultat visar att den dagliga dödligheten ökade med cirka tio procent när temperaturen nådde 27 °C eller mer tre dygn i rad. Dödligheten ökade med ytterligare tio procent om temperaturen nådde 30 °C eller mer tre dygn i rad (SMHI). Ett annat exempel på de stora konsekvenser värmeböljor kan få är den extrema värme som år 2003 drabbade delar av Europa. Det ledde till fler än 20 000 dödsfall och skador för 13 miljarder USD (Munich Re, 2003).

En värmeböljas påverkan på individen beror på hälsotillstånd. Det är i första hand en riskfaktor för följande grupper: äldre personer, personer med hjärt- och kärlsjukdomar, nedsatt njurfunktion och lungsjukdomar samt personer med medicinering som påverkar cirkulation, vätskebalans och värmereglering. Även personer med psykisk funktionsnedsättning riskerar att drabbas hårdare än andra grupper (FOI, 2009).

Antalet värmeböljor som drabbar Stockholmsregionen beräknas öka från en gång vartannat år (under referensperioden 1961-1990) till att inträffa 10-15 gånger per år framåt sekelskiftet (Länsstyrelsen Stockholm, 2011).

Värmeböljor drabbar städer särskilt hårt då temperaturen generellt sett är större i städer än i andra områden. Temperaturen kan vara upp till 12° C högre men vanligtvis ligger den ligger runt 3° C (Boverket, 2010). Stockholms stads egna studier utförda av SLB-analys vid miljöförvaltningen visar att temperaturen är högre i tätbebyggda delar av staden än i jämförelseområdet som ligger i en liten skogsdunge i Högdalens industriområde. I snitt var temperaturskillnaden ca 1° C och ökade upp till 1,5° C om temperaturen översteg 30° C. Studien visar också att närvaro av träd sänker temperaturen på gatunivå, samt att närhet till vatten sänker temperaturen (Stockholms stad, 2011).

Göteborgs universitet studerade på uppdrag av staden, med hjälp av klimatmodellen SOLWEIG, variationer i solinstrålning och strålningstemperaturen¹⁴ inom områden med olika bebyggelsestruktur i staden. Staden är generellt sett varmare än i dess omgivning. Vad gäller olika bebyggelsestruktur visar studien att gles och låg bebyggelse utan vegetation är varmare än hög och tät bebyggelse där solinstrålningen där blockeras. Till följd av att omgivande fasader reflekterar värme är dock solexponerade områden i tät och hög bebyggelse varmare än i gles och låg bebyggelse. I skuggan av träd sjunker strålningstemperaturen avsevärt. Effekten av vegetation är störst i gles och låg bebyggelse där vegetationen verkar avkylande. (Göteborgs universitet, 2011).

Det har ännu inte gjorts någon studie av temperaturförhållanden som inkluderar hela staden. Med ett framtida varmare klimat är det viktigt att ta hänsyn till såväl socioekonomiska och hälsomässiga konsekvenser av det urbana klimatet.

Mot bakgrund av att äldre personer är särskilt sårbara är det relevant att se hur befolkningsstrukturen förväntas utvecklas i framtiden. I tabellen nedan finns en prognos för utvecklingen av antalet personer över 65 år fram till år 2040 (USK, 2008)¹⁵.

Figur 23 - Prognos befolkningsutveckling äldre personer i Stockholms stad. Källa USK, 2008

År	2016	2020	2030	2040
Befolkning över 65 år	128 980	137 250	162 450	184 930
Därav 70-år	89 410	96 820	116 440	135 010
Därav 80-år	34 410	34 120	47 760	57 040
Därav 90-år	8520	7690	7350	11 400

Prognosen visar att antalet potentiellt sårbara personer kommer att öka. När Botkyrka kommun arbetat tillsammans med FOI för att stärka förmågan att hantera värmeböljor har de åldersmässigt avgränsat sig till personer från 80 år och

¹⁴ Strålningstemperaturen kan beskrivas som summan av den kortvågiga och den långvågiga strålningen från omgivningen som en människa exponeras för.

¹⁵ Fördelningen per stadsdel idag och en prognos fram till år 2020-talet kan ses på <http://www.statistikomstockholm.se/index.php/omradesfaktax>.

uppåt (Botkyrka kommun, 2011). I Stockholms stad förväntas antalet personer i den åldersgruppen att öka med 65 procent mellan år 2016 och år 2040.

Visst arbete har redan påbörjats inom staden för att stärka förmågan att hantera värmeböljor. År 2010 gjorde staden ett risk- och sårbarhetsanalytiskt arbete med inriktning bland annat på värmebölja. För att bedöma stadens förmåga att hantera en sådan skapades ett scenario som innebar en två veckor lång värmebölja med dagstemperaturer stundtals över 35° C.

Utifrån ett sådant scenario var bedömningen att värmeböljan endast skulle orsaka begränsade brister i stadens verksamhet och dess förmåga att upprätthålla sina mest kritiska leveransåtaganden. Samtliga verksamhetsområden och stadsövergripande prioriterade verksamheter kunde upprätthållas med minst ”god förmåga med vissa brister”. En förklaring till detta goda resultat sades vara att stadens aktörer har erfarenhet från varma perioder/värmeböljor och är dimensionerade och förberedda på att hantera liknande händelser. Det ska samtidigt betonas att analysen var fokuserad på stadens förmåga att utföra sin verksamhet snarare än värmeböljans effekter på personer i sårbara grupper.

På lokal nivå förutsågs viss förmågenedsättning orsakad framförallt av att personal påverkas negativt av värmeböljan. Detta drabbade framförallt personalintensiva prioriterade åtaganden såsom vård och omsorg, med konsekvenser för vårdtagare som följd. Brister orsakade av extrem värmebölja skulle främst kunna åtgärdas genom förbättrad personalplanering. I andra hand rekommenderades införskaffande av kylutrustning i verksamheter där minskad personaleffektivitet och värmen i sig kan ha negativa konsekvenser för människor. Främst gäller detta verksamhetsområdet vård och omsorg.

Micasa Fastigheter AB deltog också i arbetet ovan. Styrelsen konstaterade då att den demografiska utvecklingen framöver sannolikt innebär att fler äldre bor i egna lägenheter under bolagets bestånd. Det är en generell utveckling som förutses fortsätta även i framtiden (Göteborgsregionens kommunalförbund, 2013). Det kan innebära ökade risker, särskilt om hemtjänstens förmåga blir nedsatt på grund av värmen. Micasa Fastigheter har, utöver deltagandet i 2010 års

RSA-process, inte bedrivit något eget arbete på området. Några fastigheter har komfortkyla, men den uppges ha dålig verkningsgrad (uppgift Micasa).

Frågan om värmeböljor har också behandlats i senare års risk- och sårbarhetsanalyser. I 2012 års arbete identifierade stadsdelsförvaltningarna Älvsjö, Norrmalm, Farsta samt det kommunala bolaget Micasa Fastigheter AB värmebölja som en av de tio största riskerna de har mot sin verksamhet. Farsta stadsdelsförvaltning har också tagit fram konkreta förslag på hur konsekvenserna av en värmebölja kan reduceras. Det handlar bland annat om nedkylning av vistelserokaler (installation av fasta eller mobila AC-aggregat, starka luftfläktar) samt eventuellt förflyttning av sårbara personer till mindre värmeutsatta uppehållsplatser.

Avslutningsvis bör det tilläggas att värmeböljor kan få effekter inte bara på människors hälsa utan även andra områden. Transportsektorn kan drabbas av problem genom att asfalt får sprickor och ”blöder” vid värme och järnvägsräls kan få solkurvor. Även elsystemet är sårbart för värme, både vad gäller komponenter men även risken för överbelastning vid en värmebölja. Risken finns också att värmeböljor påverkar datorservrar vilket kan få konsekvenser inom många områden. Det finns också exempel på att personal påverkas negativt vid värme, att brandrisk ökar då värme kombineras med torka och att det kan bidra till oroligheter och upplopp (MSB, 2012).

Ansvarsförhållanden i Stockholms stad

Äldreomsorgen är ett kommunalt ansvar. I Stockholms stad är det stadsdelsförvaltningarna som är ansvariga för att tillhandahålla äldreomsorg. En stor del, cirka 70 procent, av äldreomsorgen drivs av externa leverantörer enligt lagen om valfrihetssystem (LOV) eller lagen om offentlig upphandling (LOU). Äldreförvaltningen ansvarar för kommunövergripande frågor som rör verksamhetsområdet äldreomsorg, och för att samordna och utveckla äldreomsorgen i Stockholms stad. I arbetet med klimatanpassning i förhållande till värmeböljors påverkan på äldre kan äldreförvaltningen spela en viktig roll, exempelvis genom att utbilda och sprida information om värmeböljor.

Micasa Fastigheter AB äger och förvaltar fastigheter för olika omsorgssyften.

Rekommendationer

- Analysera konsekvenserna av att allt fler äldre väljer att bo kvar i egna bostäder långt upp i åldern i förhållande till ökande antal värmeböljor.
- Utred hur väl dagens vård och omsorgs- och trygghetsboenden kan hantera värmeböljor.

Smittspridning

Klimatförändringarna förväntas leda till att spridningen av vissa sjukdomar ökar. En faktor som orsakar det är höjd temperatur. Det förväntas leda till ett ökat badande, något som är problematiskt då badvattenkvaliteten kan försämrans genom häftiga regn som kan leda till mag- och tarmåkommor genom att djur- och marksmittsämnen förs ut i badvattnet. En allvarligare risk är den ökade förekomsten av badsårsfeber. Det orsakas av bakterier som börjar tillväxa när vattnet hållit en temperatur på över 20 °C under flera dagar. Bakterierna, som finns naturligt i Östersjön och vissa sjöar, kan ge öron-näsa-halsinfektioner men kan också ge upphov till sår som inte läker och blodförgiftning. Personer med nedsatt immunförsvar är särskilt känsliga och dödligheten är hög. Ökande vattentemperaturer i kombination med näringsrika vatten ökar också risken för giftalger. Därutöver riskerar ökat badande riskera leda till fler badrelaterade olyckor, exempelvis drunkning (Länsstyrelsen Stockholm, 2012).

Smittspridning kan också öka via spridning av bakterier, virus, protozoer och inälvsmaskar i dricksvatten (Svenskt Vatten, 2007). Ytvattentäkter, som Mälaren, är generellt sett mer riskutsatta än grundvattentäkter och kan påverkas vid den typen av extremt väder klimatförändringarna sannolikt leder till, bland annat via bräddning och nödavledning av avloppssystem, gödselhantering samt vatten från betesmark. En högre råvattentemperatur sommartid kan också öka risker för mikrobiell tillväxt i distributionsnäten. Dricksvattenrisker behandlas dock i annan del av rapporten.

Även utformningen av avloppssystem kan öka riskerna för smittspridning. När kombinerade ledningssystem överbelastas, vilket kan komma att öka i omfattning genom ökad nederbörd, riskerar orenat avloppsvatten med mycket bakterier tränga upp och bli stående. En undersökning efter skyfallet i Köpenhamn år 2011 studerade hur många av de som yrkesmässigt utsatts för översvämmat avloppsvatten som blivit sjuka. 22 procent av

respondenterna i undersökningen uppgav att de drabbats av diarré och andra åkommor (MSB, 2013).

Andra former av smittspridning som kan komma att öka rör sjukdomar vilka sprids av fästingar och insekter. Ökad temperatur och förändrade nederbördsförhållanden gör att förekomsten av sådana vektorer förändras. Redan i dagsläget utgör borrelia och fästingburen hjärnhinneinflammation (TBE) ett problem i Stockholmsområdet. Framöver förväntas antalet fästingar öka, liksom smittsäsongens längd och därmed också risken för infektion. Dagens riskområden för TBE ligger till stor del utanför stadens gränser (SLL, 2013) samtidigt som det kan antas att medborgarna i staden ändå riskerar drabbas av sjukdomen i högre utsträckning i framtiden.

Även antalet myggor kan förväntas öka, något som kan leda till olika typer av negativa effekter. Det skulle kunna leda till förhållanden liknande de som i dagsläget råder i vissa delar av nedre Dalälven. Mängden myggor har gjort att personer ogärna vistas utomhus i dessa områden. Möjligen kan också nya myggarter med olika smittsamma sjukdomar etablera sig i Stockholmsområdet (Länsstyrelsen Stockholm, 2011).

Ansvarsförhållanden i Stockholms stad

Stadsdelarna ansvarar för drift och underhåll av staden, 30 officiella strandbad medan miljö- och hälsoskyddsnämnden eller upphandlade företag sköter provtagningen av badvattnet. Miljö- och hälsoskyddsnämnden har ett tillsynsansvar för de officiella strandbaden. Badvattnet ska kontrolleras av staden minst fyra gånger under badsäsongen.

Vatten och avlopp ansvarar i huvudsak Stockholm Vatten för. Området behandlas tidigare i rapporten.

Smittspridning av fästingar och insekter är först och främst en fråga för Stockholms läns landsting. Förvaltningar i staden kan dock sannolikt ändå ha en roll i att begränsa smittspridningen.

Rekommendationer

- Fortsätt kontrollera badplatser.

Avslutande ord

Klimatförändringarna och dess effekter är, som tidigare nämnts, ett område behäftat med relativt stora osäkerheter. Att

klimatförändringar sker och kommer utvecklas framöver råder inte någon tvekan om (IPCC, 2013). Ett problem är dock att ju längre fram i tiden man försöker blicka desto större blir osäkerheten. Detta till trots kan ett antal övergripande slutsatser dras vad gäller Stockholms stads sårbarhet i förhållande till klimatförändringarna.

Av de studerade riskerna är översvämningsriskerna runt Mälaren de största på kort sikt (om än inte är orsakad av klimatförändringar). En översvämning av den karaktär som förväntas ske vart hundra år skulle enligt MSB:s beräkningar få stora effekter för städerna runt Mälaren. De direkta ekonomiska kostnaderna skulle uppgå till cirka 600 miljoner kronor och cirka 230 000 människor drabbas av avbrott i leverans av samhällsviktig verksamhet. En sådan översvämning skulle drabba Stockholms stad hårt.

Redan idag finns också risker kopplade till översvämningsorakade av extrem nederbörd. Dagvattensystemet är i sina nyare delar dimensionerat efter regn av storleken som förväntas ske vart tionde år medan det i äldre delar är dimensionerat efter den typ av regn som kan förväntas vartannat år. Vid större regnmängder än så uppstår ofta översvämningsor. Om klimatförändringarna medför den ökning av nederbörd som nu ses som trolig kommer det kräva insatser för att stärka förmågan att hantera dessa regnmängder.

Framåt mitten av seklet kommer troligen havsnivån börja stiga jämfört med 1990 års nivå, vilken ofta används som referenspunkt. En högre havsnivå innebär bland annat ökade utmaningar för avloppssystemen, särskilt i kombination med ökande nederbörd och en växande befolkning. Det innebär också att översvämningsrisker kan bli större och att dricksvattenförsörjningen kan påverkas negativt genom ökad saltvatteninträngning i Mälaren.

En kraftig ökning i intensitet och frekvens av värmeböljor är sannolikt det största hotet mot liv och hälsa. Det är svårt att bedöma när större förändringar kommer att ske. I figur 4 kan det noteras att spridningen är stor i den bedömda utvecklingen. Enligt medianvärdet av dagens bedömningar är det sannolikt att större förändringar sker först efter år 2040. Ökningen av antalet äldre personer i staden och det faktum att äldre personer i stor utsträckning bor kvar i eget boende ställer

bland annat krav på anpassning av fastigheter och boenden till nya klimatförhållanden.

På lång sikt finns ett antal större utmaningar. Mälarens framtid är en sådan. Stigande havsnivåer gör att den nivåskillnad som idag håller ute Saltsjöns vatten från Mälaren i framtiden kommer försvinna. Ska Mälaren fortsatt användas som dricksvattentäkt krävs storskaliga tekniska åtgärder för att skydda sjön från havet. Om så inte sker kommer det krävas stora investeringar för att få vatten från andra källor. Det är en situation som inte tros uppstå förrän efter år 2100.

Därutöver finns förhållanden kring vilka det råder stor osäkerhet men som kan innebära stora risker. Havsnivåhöjningen kan exempelvis komma att bli större än de beräkningar som har lyfts fram i denna rapport. En ökning med mer än en meter till år 2100 bedöms dock som osannolik av IPCC. En annan händelse som det råder stor osäkerhet kring är sannolikhet och konsekvenser kring om Östersjöns salthalt förändras. Det skulle innebära stora effekter på havets ekosystem, effekter som i dagsläget är svåröverblickbara. I riskvärdering- och hantering är det likväl viktigt att ta hänsyn även till den typen av händelser. Sannolikheten må vara låg eller okänd men eftersom konsekvenserna är stora måste medvetna beslut fattas om hur och om sådana risker ska behandlas. Rent generellt är det också viktigt att i hantering av risker relaterade till klimatförändringarna inte bara utgå från medel- och medianvärden kring förväntad utveckling. Riskhanteringen bör ta sin utgångspunkt i alla utfall som enligt relevanta klimatscenarier är möjliga (Szombatfalvy, 2013). Att ta höjd för en avsevärt mycket högre havsnivåhöjning än vad som beräknas nu är exempel på ett sådant perspektiv.

I anpassningen av samhället till ett förändrat klimat kan det alltså vara svårt att uppskatta sannolikhet och konsekvens hos olika risker. Det är då också svårt att väga kostnader och nytta mot varandra. En successiv anpassning av samhället som i största möjliga mån möjliggör löpande förändringar är ett sätt att möta situationen (SMHI, 2011). Därutöver är det viktigt att anpassning till ett förändrat klimat inte skjuts på framtiden. Om det inte sker i tid eller i tillräcklig omfattning riskeras negativa effekter på staden och medborgarna. MSB lyfter inom ramen för arbetet med långsiktig strategisk analys fram vikten av just klimatanpassning som en av de viktigaste

förberedelserna samhället kan göra för att stärka det framtida samhällets resiliens och säkerhet (MSB c, 2013).

Denna studie visar att staden står inför utmaningar på kort, medel och lång sikt. Många av de delar av stadens verksamhet som riskerar att påverkas av klimatförändringarna har långa tidsperspektiv och innebär stora kostnader – i investeringar samt för drift och underhåll. Att så tidigt som möjligt föra in klimataspekter i hur staden arbetar med dessa områden kan innebära att stora kostnader i framtiden kan undvikas.

Inom ramen för arbetet med denna rapport har det framkommit att det ofta finns en medvetenhet om vikten av att klimatanpassa. Det finns dock utrymme för en tydligare styrning av arbetet. En för staden övergripande och strukturerad strategi för hur klimatanpassningsfrågorna ska omhändertas vore ett sätt att minska stadens sårbarhet och göra den till en säkrare plats för dess invånare. Förslagsvis kan den kopplas till en redan befintlig process eller styrning.

Referenser

Ahlman, S. (2011). *Plan B – hantering av översvämningar i tätorter vid extrema regn*

Botkyrka kommun (2011). *Beredskap vid värmeböljor*

Boverket (2010). *Mångfunktionella ytor. Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur.*

Climatic Change (2011). *The representative concentration pathways: an overview.* Vol 109 (1-2): s 5-31

FOI (2009). *Att använda geografisk information vid väderkriser för att bistå sårbara grupper i ett förändrat klimat.* FOI-R--2762--SE

FOI (2011b). *Höj beredskapen för värmeböljor – en vägledning.* FOI-R--3387--SE

FOI (2012). *Framtida havsnivåhöjning i kommunal planering.* FOI-r--3500--Se

Göteborgsregionens kommunalförbund. *Utvärdering av ett försöksprojekt inom ramen för Göteborg Stads strategi för äldres boende.*

Joseph Rowntree Foundation (JRF) (2011). *Pluvial (rain-related) flooding in urban areas: the invisible hazard*

Munich Re (2003).

<http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/0755BD6352985A23C1256E0C005BE9BD-mre-cat-29dec.pdf>

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2008). *Klimatförändringar, skred och ras. En forskningsöversikt.*

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2010). *Konsekvenser av en översvämning i Mälaren. Redovisning av regeringsuppdrag Fö2010/560/SSK*

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2012). *Värmeböljors påverkan på samhällets säkerhet.* MSB362

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2013). *Pluviala översvämningar. Konsekvenser vid skyfall över tätorter. En kunskapsöversikt. MSB567-13*

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB b) (2013). *Översvämningskarteringar Tyresån.*

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB c, 2013). *Övergripande utmaningar för samhällsskydd och beredskap. Analys av fem scenarier om samhället år 2032.*

Länsstyrelsen Stockholm (2010). *Systemtyper och klimatfaktorer. Lathund som stöd vid konsekvens- och sårbarhetsanalyser.*

Länsstyrelsen Stockholm (2011). *Stockholm – varmare, blötare. Klimat- och sårbarhetsanalys för Stockholms län. Rapport 2011:28*

Länsstyrelsen Stockholm (2011b). *Kartläggning av riskerna för översvämning i tunnelsystemen i Stockholms län. Rapport 2011:24*

Länsstyrelsen Stockholm (2012). *Hälsoeffekter av ett förändrat klimat – risker och åtgärder i Stockholms län.*

Länsstyrelsen Stockholm (2013). *Mälarens och Saltsjöns framtid i ett brett perspektiv – dricksvatten, bebyggelse, ekosystem. Rapport 2013:13*

Länsstyrelserna (2011). *Mälaren om 100 år. Anpassning till ett förändrat klimat - förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden. Rapport 2011:8*

Länsstyrelserna (2012). *Klimatanpassning i fysisk planering – vägledning från länsstyrelserna.*

Rådet för vatten och avloppssamverkan i Stockholms län (VAS) (2011). *Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län.*

SGI. *Nationella skreddatabasen.* <http://gis.swedgeo.se/skred/>

SGI, 2011. *Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län - för dagens och framtidens klimat*

SGI (2010). *Kostnadsnyttoanalys för förebyggande åtgärder mot skred och ras till följd av förändrat klimat.*

SGI (2012). *Nyttiggörande av material från Göta Älvutredningen.*

SMHI. *Varning för värmebölja införs.*

<http://www.smhi.se/nyhetsarkiv/varning-for-varmebolja-infors-1.30684>

SMHI. *Om analysen.*

<http://www.smhi.se/klimatdata/Framtidens-klimat/Klimatscenarioer/Europa/haag.html>

SMHI b (2010). *En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem.*

SMHI (2011). *Havsnivåer i Stockholm 2011-2100: En sammanställning.* Rapport nr 2011:62

SMHI (2012). *Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv - kunskapssammanställning 2012.* Klimatologi Nr 5, 2012

SMHI (2013). *Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige.* Klimatologi Nr 6, 2013

SMHI b (2013). *Saltvatteninträngning i Mälaren.* Rapport Nr 2013-13

Stockholms läns landsting (2013).

<http://www.webbhotell.sll.se/Global/Smittskyddstockholm/Dokument/Statistik/TBE/2012%20-%20Statistik%20hel%C3%A5r%20TBE.pdf>

Stockholms stad (2010). *Promenadstaden. Översiktsplan för Stockholm.*

Stockholms stad (2011). *Sommartemperaturen i Stockholm.* SLB 3:2011

Stockholms stad (2013). *Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs Östersjökusten i Stockholms län*. Remiss från länsstyrelsen. SLK Dnr 304-708-2013.

Stockholms stad b (2013). *Utlåtande 2013:153 RI+RVI*. Dnr 023-1432/2013

Svenskt Vatten (2007). *Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat*. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen

Stockholm Vatten (2009). *Remissvar på remissen om "Remiss av genomförande av översvämningsdirektivet", KS dnr 307-273/2009*.

Stockholm Vatten (2013). *Årsberättelse verksamheten 2012. Vatten av världsklass i en växande storstad*

Szombatfalvy, L (2013). *Vår tids största utmaningar*

Trafikverket (2010). *Miljökonsekvensbeskrivning Mäljarbanan Barkarby-Kalhäll*

Trafikverket. Är saltet ett miljöhot?
<http://www.trafikverket.se/Privat/Vagar-och-jarnvagar/Sa-skoter-vi-vagar/1/Vintervaghallning/Vagsalt/Ar-saltet-ett-miljohot/>

Tyréns (2011). *Risk- och sårbarhetsanalys avseende översvämningshot mot trafik- och försörjningstunnlar i Stockholms län*.

Utrednings- och statistikkontoret (USK) (2008).

Bilaga

I denna bilaga återfinns vissa av de olika karteringar som det refereras till i rapporten. All tillgänglig kartering har av utrymmesskäl inte lagts in i bilagan. Det som inte finns i bilagan är översvämningsskartering för Mälaren och Tyresån samt stabilitetsbedömningar. De flesta karteringarna finns tillgängliga i digital form och kan läggas in i stadens GIS-system.

Följande karteringar återfinns i bilagan:

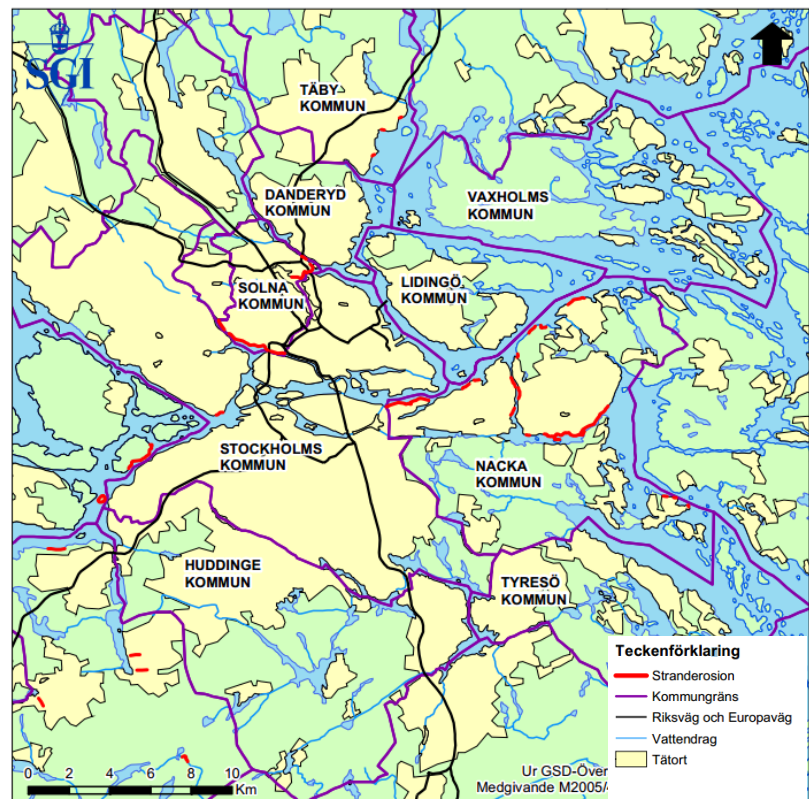
- Erosionskartering som visar var det finns befintlig stranderosion samt förutsättningar för stranderosion. Avser Mälaren och Saltsjön. Även erosionsförutsättningar för Tyresån. Efter karteringen listas områden som vid stabilitetskarteringen 1999 bedömdes ha icke tillfredsställande stabilitet eller där förhållandena krävde ytterligare undersökning.
- Översvämningsskartering över olika delar av Saltsjön samt Brunnsviken. Karteringen är hämtad från 2010 års risk- och sårbarhetsanalysarbete. Ytterligare kartering finns att tillgå i en databas som förvaltas av SWECO.

Därutöver återfinns dels en förklaring kring begreppet återkomsttid, dels en tabell som sammanfattar de huvudsakliga områden vilka riskerar att drabbas av negativa effekter av klimatförändringarna. Tabellen är baserad på länsstyrelsen Stockholms rapport *Systemtyper och klimatfaktorer (2010)*.

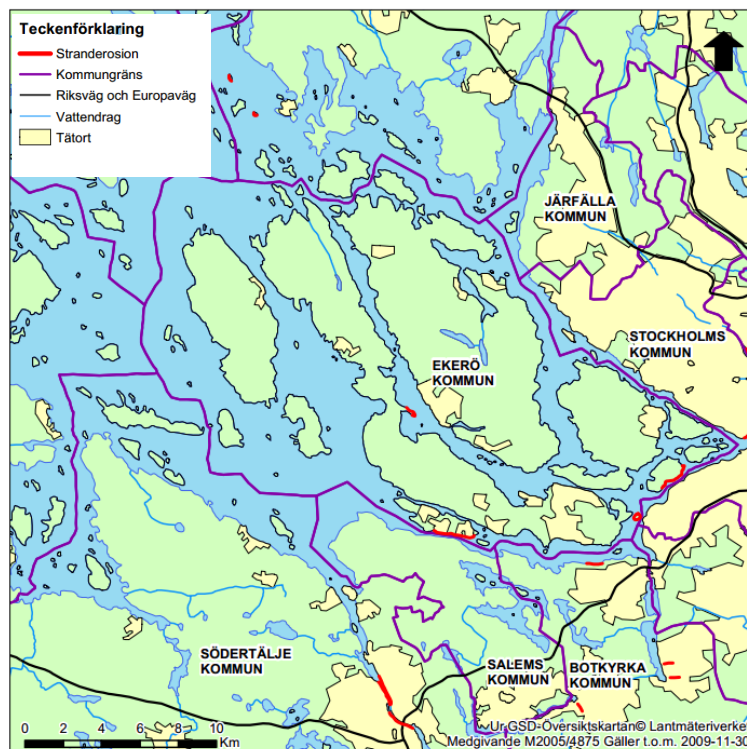
Erosionsförutättningar i Mälaren, Saltsjön och Tyresån

Kartorna nedan visar befintlig stranderosion.

Figur 24 - Erosionsförhållanden Stockholmsområdet. Källa SGI

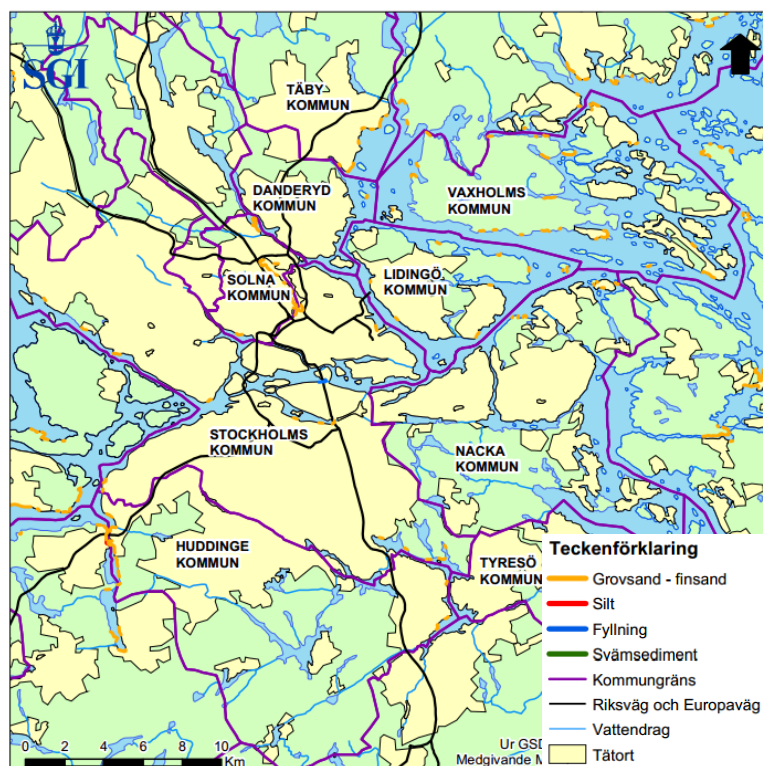


Figur 25 - Erosionsförhållanden Stockholmsområdet. Källa SIG

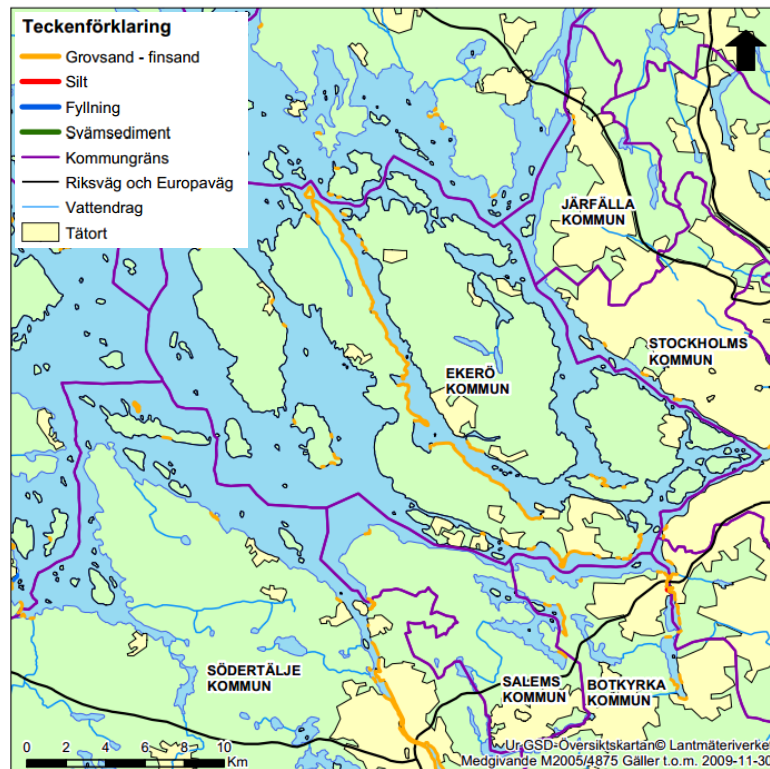


Kartorna nedan visar var det finns geologiska förutsättningar för erosion.

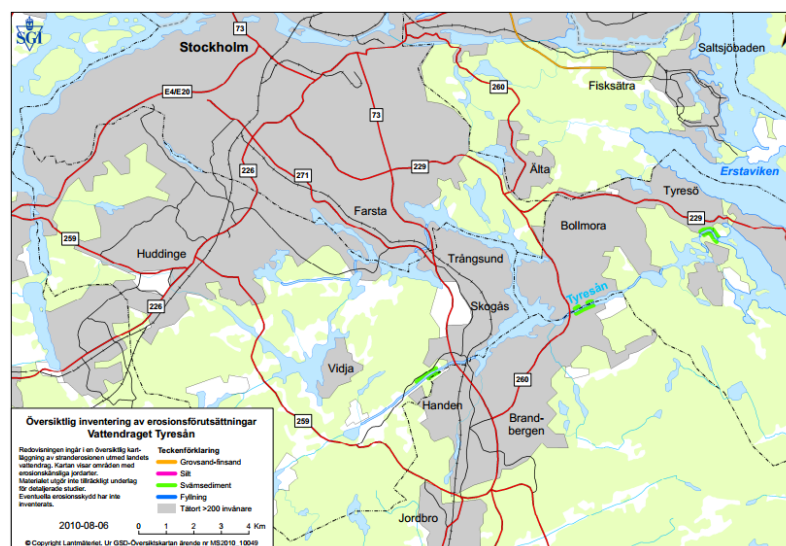
Figur 26 - Erosionsförutsättningar i Stockholmsområdet. Källa SGI



Figur 27 - Erosionsförutsättningar i Stockholmsområdet. Källa SGI



Figur 28 Översiktlig beskrivning av erosionsförutsättningar i Tyresån



Resultat av 1999 års stabilitetskartering.

Hässelby: vid Lövstatippen kan inte uteslutas att förutsättningar för skred finns eller kommer att uppstå, vid Riddersvik bedömdes det krävas ytterligare undersökning.

Blackeberg: nordvästra viken bedömdes ha icke tillfredsställande stabilitet.

Bällstaån: generellt sett är området närmast ån otillfredsställande stabilt, en noggrann inventering av stabila områden rekommenderades.

Ulvsunda: norra delen av Lillsjön samt sjönära delar av Ulvsunda östra.

Klara sjö: mycket svårbedömt område, Kungsholmsstrand och strandnära partier väster ut på Kungsholmssidan bedöms vara otillfredsställande stabila. Två skred inträffat norr om Klarabergsviadukten till följd av uppfyllnader.

Brunnsviken: behov av ytterligare utredning av områdena norr om Bergianska trädgården samt för två vikar i området Brunnsviken södra slogs fast 1999.

Ropsten: förhållandena norr om Husarviken bedömdes behöva utredas vidare.

Skärholmen: området närmast bäckravinen längs Alsätravägen bedömdes erfordra ytterligare undersökning.

Gröndal-Aspudden: strandnära området vid Hägerstenshamnen bedömdes ha icke tillfredsställande stabilitet, nordöstra delen av Mörtviken intill Gröndalsvägen bedömdes erfordra ytterligare undersökning.

Liljeholmen: området var mycket svårbedömt till följd av exploatering samt fyllning vid alla strandpartier. Ytterligare undersökning erfordrades.

Hornstull: området var svårbedömt, vissa stabilitetsproblem kan förekomma öster om Liljeholmsbron.

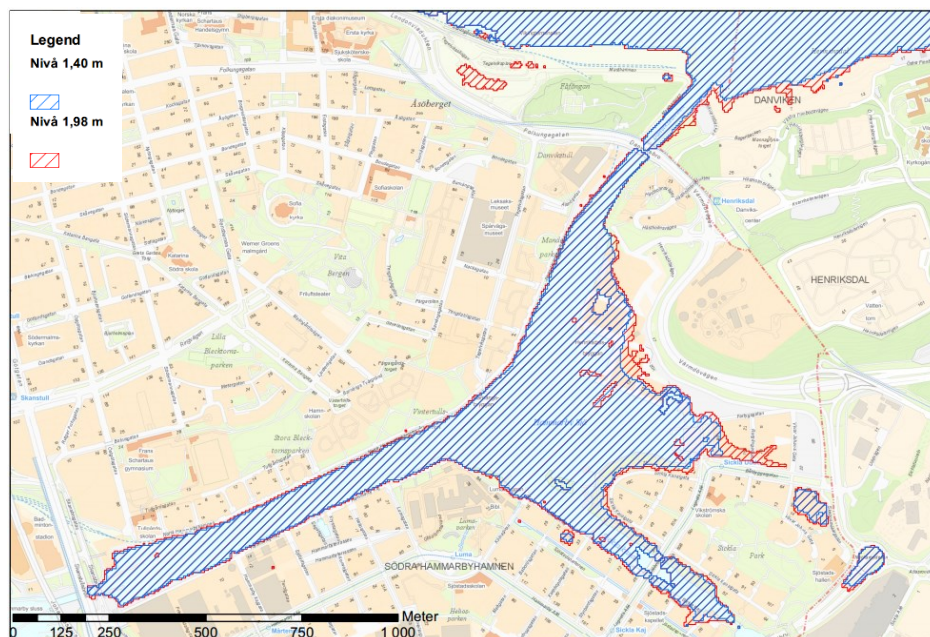
Drevviken: vid Skönstaholm påvisades icke tillfredsställande stabilitet samt identifierades behov av ytterligare undersökning vid Drevvikens nordvästra del samt i områdets sydöstra del.

Farsta: ytterligare undersökning rekommenderades för vissa områden.

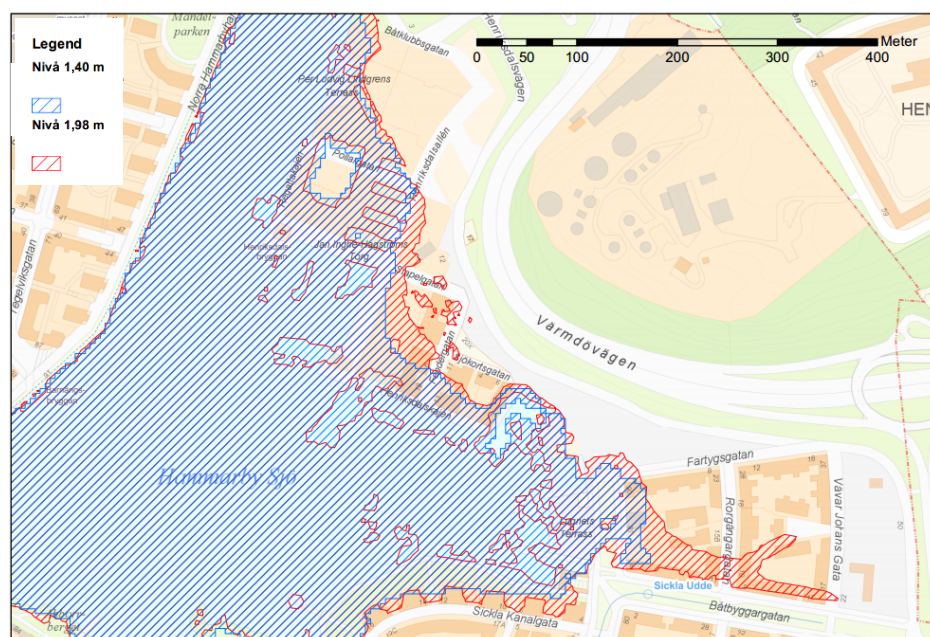
Översvämningskarteringar Saltsjön och anknypande vattenområden

Följande kartor togs fram i samband med 2010 års risk- och sårbarhetsarbete.

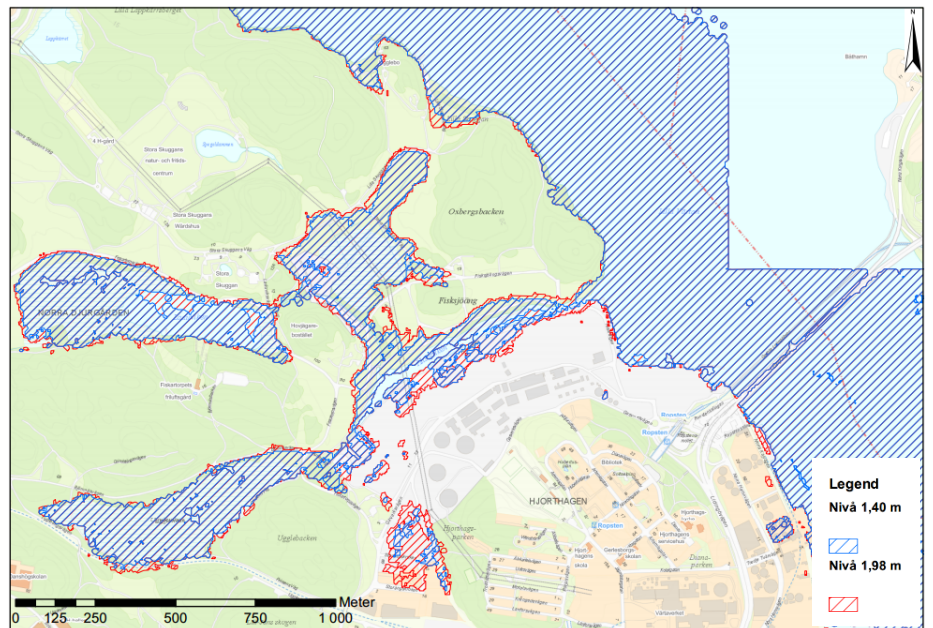
Figur 29 Översvämningskartering Hammarbyhamnen. Källa Stockholms stad



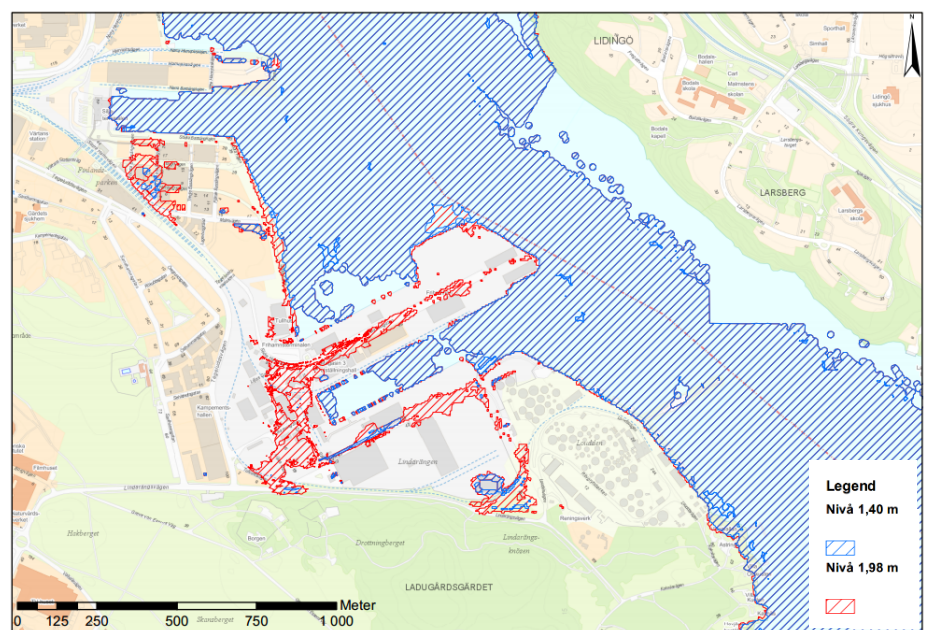
Figur 30 Översvämningskartering Sickla. Källa Stockholms stad



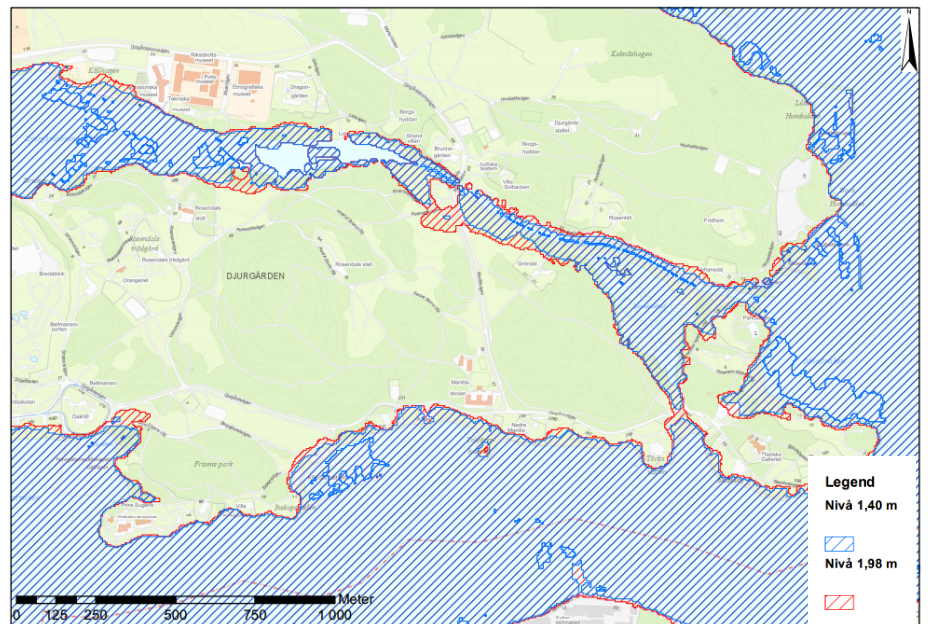
Figur 31 Översvämningskartering Hjorthagen



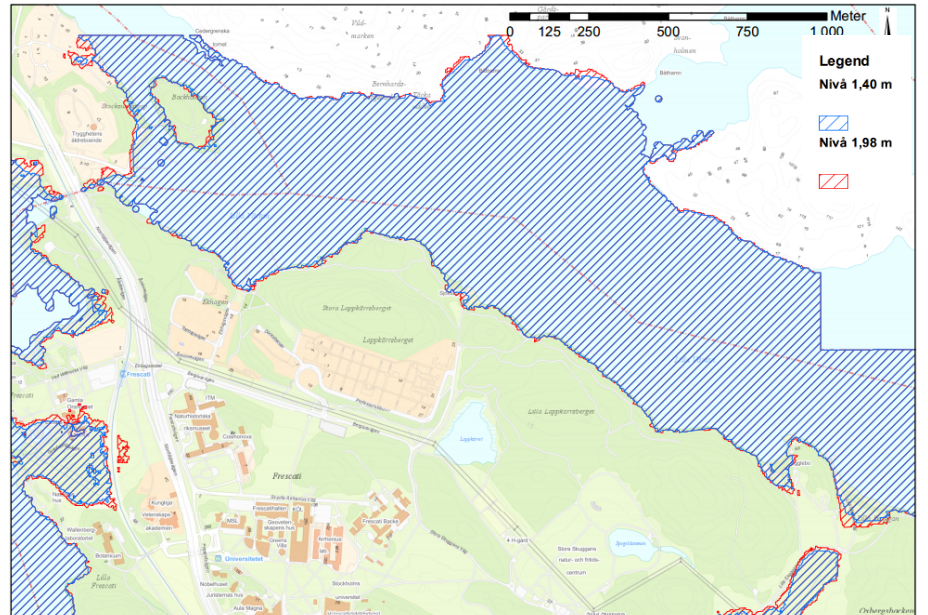
Figur 32 Översvämningskartering Frihamnen. Källa Stockholms stad



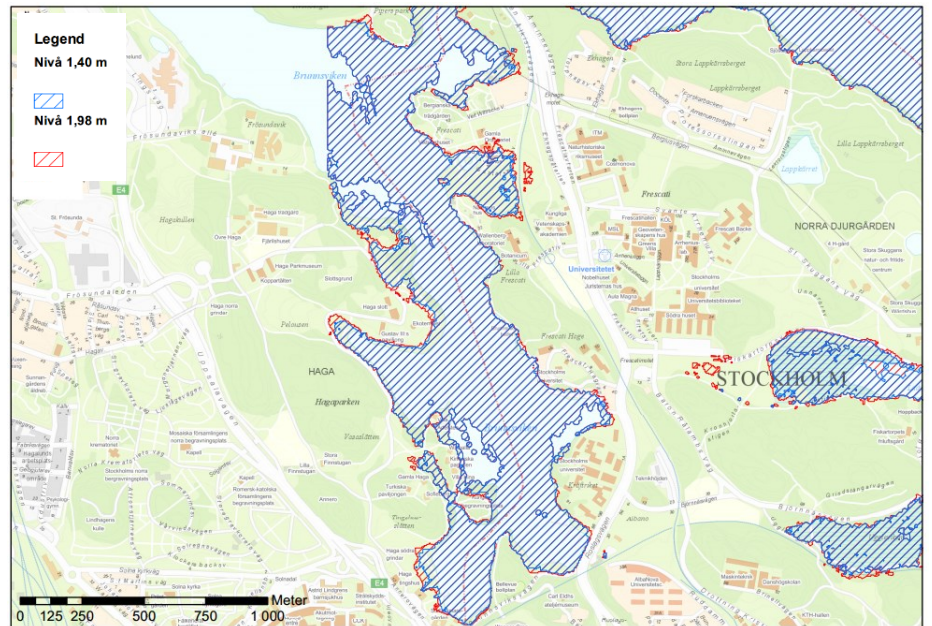
Figur 33 Översvämningsskartering Djurgården. Källa Stockholms stad



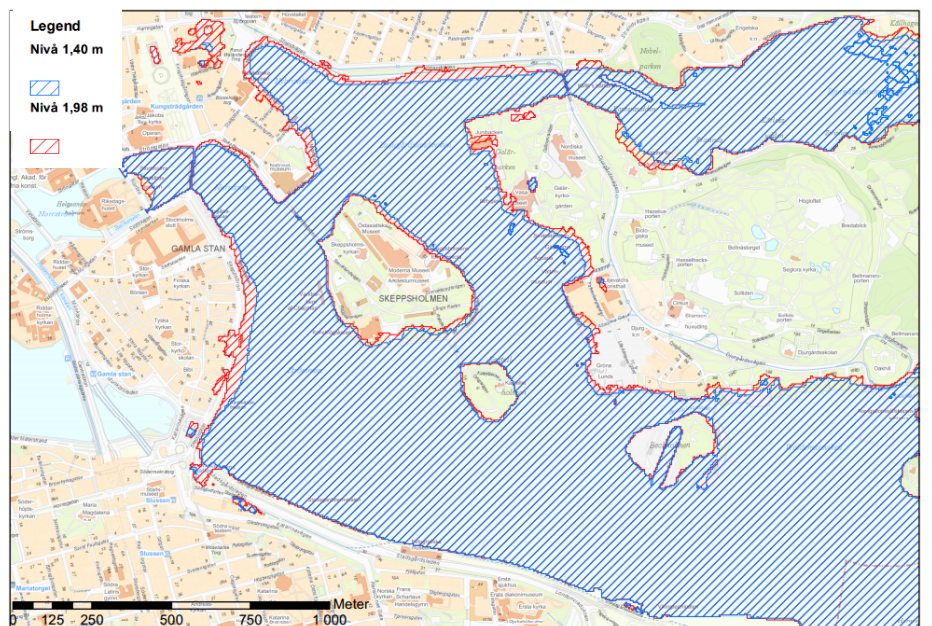
Figur 34 Översvämningsskartering Frescati. Källa Stockholms stad



Figur 35 Översvämningsskartering Brunnsviken. Källa Stockholms stad

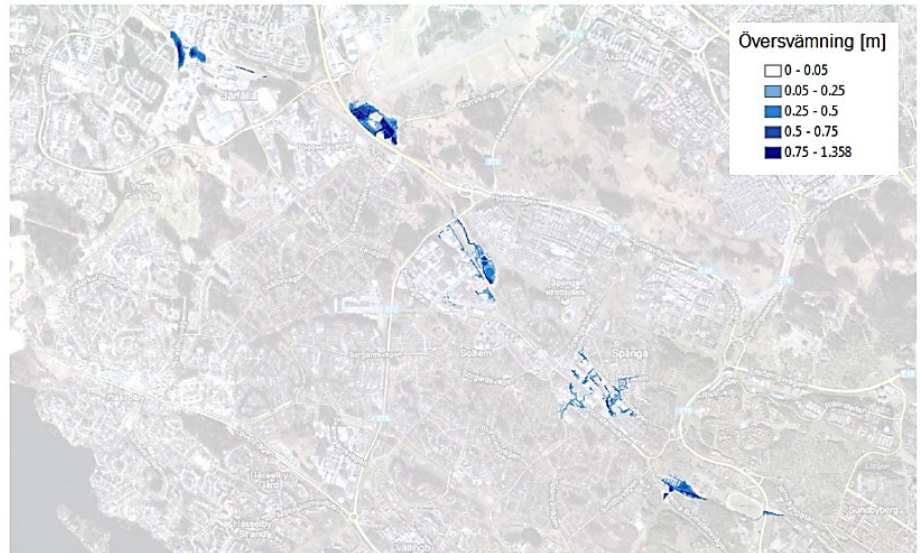


Figur 36 Översvämningsskartering Skeppsholmen. Källa Stockholms stad

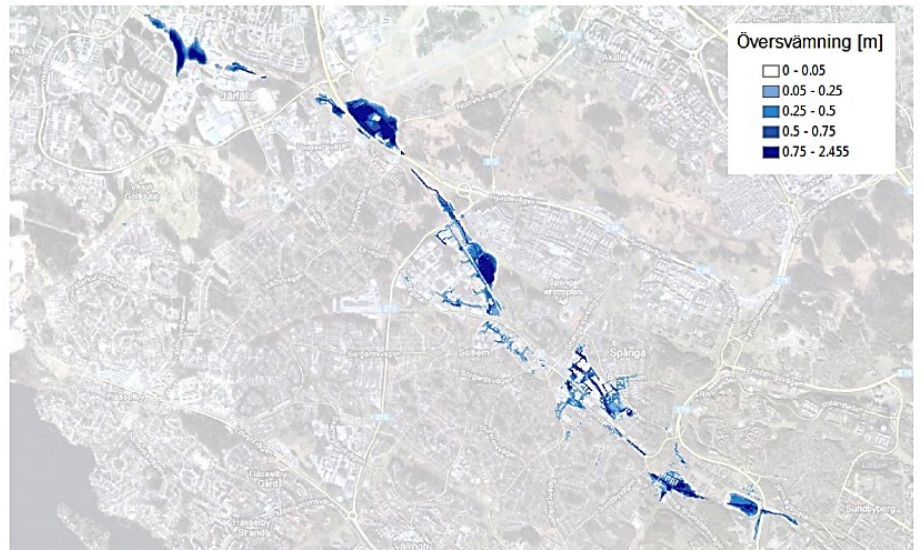


Översvämningsskartering Bällstaån

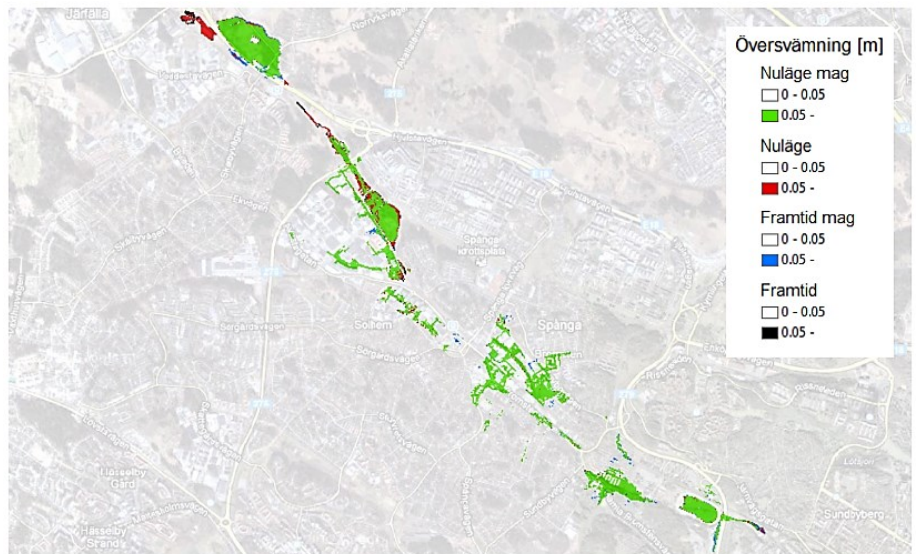
Figur 37 Översvämningsskartering Bällstaån. Framtidsscenario med Mälarnivå om + 0,7 meter och 10-årsregn



Figur 38 Översvämningsskartering Bällstaån. Framtidsscenario med Mälarnivå om + 0,7 meter och 100-årsregn



Figur 39 Översvämningskartering Bällstaån. Samtliga scenarier med Mälarnivå om + 0,7 meter och 100-årsregn



Begreppet återkomsttid

Begreppet återkomsttid återkommer på ett flertal ställen i rapporten och beskrivs därför i korthet i detta avsnitt.

Återkomsttid används ofta när sannolikhet för olika typer av naturhändelser ska beskrivas och beskriver hur ofta en händelse återkommer under en viss tid. Ett 10-årsregn inträffar i genomsnitt en gång under tio år medan ett 100-årsflöde inträffar i genomsnitt en gång under hundra år. Risken att ett 10-årsregn inträffar under ett visst år är tio procent och risken för ett 100-års flöde under året är således en procent.

I tabellen nedan redogörs för sannolikhet för att en händelse med viss återkomsttid sker under olika tidsspann. Om ett hus byggs och beräknas stå i 100 år är det 64 procents risk att det utsätts för ett 100-årsflöde, 87 procents risk att det utsätts för ett 50-årsflöde och så vidare.

Figur 40 Sannolikhet för en viss händelse uttryckt i procent under en period av år

Återkomsttid (år)	Sannolikhet under 5 år (%)	Sannolikhet under 10 år (%)	Sannolikhet under 20 år (%)	Sannolikhet under 50 år (%)	Sannolikhet under 100 år (%)
5	67	89	99	100	100
10	41	65	88	99	100
20	23	40	64	92	99
50	10	18	33	64	87
100	5	10	18	39	64

Områden som påverkas av klimatförändringar

System som påverkas ¹⁶	Klimatfaktor som påverkar	Möjliga effekter
Vägar	Nederbörd, vattenflöden, havsnivå, isbeläggning, temperatur, vind	Översvämmade vägar, bortspolade vägar och vägbanker, skadade broar, ökade risker för ras och skred. Förändringar i drifts- och underhållskostnader.
Järnvägar	Nederbörd, vattenflöden, havsnivå, isbeläggning, temperatur, vind	Översvämmade spår, genomspolning av bankonstruktioner med ökad risk för erosion. Minskad risk för rälsbrott. Ökade risker för stormfällning av skog.
Sjöfart	Vattenstånd, vindförhållanden, isförhållanden	Inga stora effekter. Minskad havsis positivt.
Flyg	Nederbörd, vattenflöden, havsnivå, isbeläggning, vind, tjäle	Inga stora effekter. Förändrat tjäldjup kan få konsekvenser för flygfältens bärighet. Nederbörd utmaning för dagvattenhantering.
Telekommunikationer	Vind, nedisning, nederbörd, vattenflöden	Ökade risker för stormfällning påverkar luftledningar och master.
Radio- och TV-distribution	Vind, nedisning, surt regn	Inga stora effekter. Påverkas elförsörjningen kan negativa effekter uppstå.
Elnät	Exempelvis vindar, nedisning, nederbörd, tjäle, vattenflöden	Ökad stormfällning, minskad tjäle, ökad nederbörd påverkar luftledningar.
Fjärrvärme	Nederbörd, vattenflöden,	Ökad nederbörd och höjda

¹⁶ Systemen jordbruk, fiske, skogsbruk, turism och friluftsliv har inte listats då de inte i sammanhanget bedömts lika relevanta för Stockholms stad som övriga områden. Inte heller har förändringar i världen i stort listats, trots att dessa kan få indirekta effekter för Stockholms stad och dess medborgare. Möjliga sådana effekter är ökade flyktingströmmar, försämrad trygghet i företags försörjningskedjor med mera.

	grundvattennivåer, temperaturförändringar	grundvattennivåer ger ökad risk för markförskjutningar och översvämningar.
Avlopps- och dagvattensystem	Nederbörd, vattenflöden, havsnivå, temperaturförändringar	Ökad nederbörd och förändrade nederbördsmönster ökar belastning på systemen. Höjda vattennivåer kan exempelvis bidra till källarövervämmningar
Dricksvatten försörjning	Nederbörd, temperatur, havsnivå, vattenflöden	Kvaliteten på råvatten kan försämrans, risker för avbrott i ledningsnätet genom ras och skred. Mälaren som dricksvattentäkt hotad på lång sikt.
Byggnadskonstruktioner	Temperaturförändringar, nederbörd, vind, soltimmar	Ökad nederbörd kan ge större risker för mögel- och fuktskador. Ökad förekomst av kvalster.
Värme- och kylbehov i byggnader	Temperatur, solinstrålning, molnighet, vind	Minskat värmebehov, ökat kylbehov.
Bebyggelse (översvämning)	Vattenflöden, havsnivå, vind	Medför vissa ökade risker för översvämning
Bebyggelse (ras, skred och erosion)	Nederbörd, vattenflöden, havsnivå, grundvattennivå	I vissa geografiska delar ökade risker genom lägre markstabilitet och ökad erosion.

Bebyggelse (kusterosion)	Havsnivå, vind	Ökade havsnivåer och eventuella ökade vindar medför ökad stranderosion
Människors hälsa	Medeltemperatur, höga temperaturer, nederbördsmonster, vattenflöden, vind	Fler och intensivare värmeböljor. Risk för skador genom översvämningar, ras och skred. Ökad risk för smittspridning.
Naturmiljö	Medeltemperatur, nederbörd, vattenflöden, snömängd, havsnivå, vegetationsperiod	Förlusten av biologisk mångfald kan komma att öka.
Vattenmiljö (marin miljö)	Medeltemperatur i luft och vatten, isförhållanden, nederbörd, vind, avrinning	Ökad temperatur i Östersjön och mindre is. I kombination med förändringar i tillförsel av näringsämnen leder det sannolikt till ökad belastning på havet.
Vattenmiljö (sötvatten)	Medeltemperatur i luft och vatten, nederbörd, vattenflöden, vattenstånd, tidpunkt islossning, avrinning	Risk för humusfärgade vatten, ökat näringsläckage, ökad förekomst av alger och cyanobakterier. Högre bakteriehalter. Syrebrist vid botten, svavelvätebildning. Förändrad artsammansättning. Svårare att nå miljömålen och miljö kvalitetsnormer.