



Effekter på förorenad mark vid ett förändrat klimat

En rapport från Stockholms handlingsplan mot växthusgaser

© Mars 2007

DOKUMENTINFORMATION

Titel: Effekter på förorenad mark vid ett förändrat klimat

Författare: Nina Ekelund, Miljöförvaltningen Stockholm stad

E-post: nina.ekelund@miljo.stockholm.se

Telefon: 08-508 28 800

INNEHÅLL

I	Inledning	8
1.1	Syfte och mål.....	8
1.2	Metod	8
1.3	Växthuseffekt och klimatförändring	8
1.4	Klimat och climateffekter	8
1.4.1	Observerade klimatförändringar.....	8
1.4.2	Prognostiserade klimatförändringar	10
1.5	Förorenade områden.....	12
2	Vad finns gjort?	13
2.1	Nationellt	13
2.2	Regionalt	14
2.3	Lokalt	16
2.3.1	Markföroreningar	16
2.3.2	Dagvatten.....	17
2.4	Reflektion	18
3	Klimatförändringens påverkan på förorenad mark	19
3.1	Ökad nederbörd	19
3.2	Översvämning	20
3.3	Ökande och fluktuerande grundvattennivåer.....	24
3.4	Temperatur	25
3.5	Ras, skred och erosion.....	25
3.6	Vegetationens påverkan på marken.....	25
4	Stockholms stads fortsatta arbete	26
4.1	Kunskapsuppbyggnad	26
4.1.1	Analyser.....	26
4.1.2	Inventering och kartering	26
4.1.3	Kunskapsspridning till aktörer	26
4.2	Åtgärder.....	26
4.2.1	Efterbehandling	27
4.2.2	Hänsyn i planering.....	27
4.2.3	Stabilitetsförbättrande åtgärder.....	27
4.2.4	Material och teknik.....	27
4.2.5	Dagvattenstrategi.....	27
5	Referenser	28
5.1	Litteratur och rapporter	28
5.2	Internet	28
5.3	Kontakter	28

SAMMANFATTNING

Under de senaste hundra åren uppskattas den globala medeltemperaturen ha ökat med 0,74 grader. Fram till år 2100 prognostiseras medeltemperaturen att öka med ytterligare 1,8- 4,0 grader om inga åtgärder vidtas. Detta kan ses som en mycket stor och snabb ökning eftersom naturliga förändringar i klimatet är mycket långsamma processer.

De klimatförändringar vi ser i dag, i form av ökad medeltemperatur, ökad nederbörd och höjd havsnivå, beror på en ökad halt av växthusgaser i atmosfären. Huvudorsaken till den förhöjda växthuseffekten är människans utsläpp av koldioxid från förbränning av fossila bränslen.

Samhället är mycket sårbart för klimatförändringar eftersom det är anpassat till det rådande klimatet. Samtidigt som Stockholm stad fortsätter sitt arbete med att minska växthusgasutsläppen så är det viktigt att även arbeta med anpassning till ett förändrat klimat för att minska stadens sårbarhet.

Den pågående och förväntade klimatförändringen ger effekter på olika sektorer och områden i samhället. Ett av dessa är den förorenade marken. I detta PM redogörs översiktligt för de effekter som klimatförändringen kan få på den förorenade marken och tänkbara åtgärder för anpassning presenteras.

Det finns ett stort samband mellan klimatet och egenskaper hos mark och vatten. Översvämningar, ras, skred och erosion är problem som alla kan relateras till klimatet. Klimatförändringens följder såsom ökad nederbörd, höjd grundvattennivå, ökade flöden, översvämningar och erosion kan leda till att föroreningar lättare utlakas och sprids.

En ökad nederbörd gör att de flesta ämnen, även giftiga ämnen, i ökad utsträckning följer med vattnets flöde. Det kan antingen handla om att lösta och partikelbundna föroreningar spolats med det ytliga vattnet eller att dessa sköljs ur marken och förs via mark och grundvattentransport ut i vattendrag.

Klimatförändringen antas leda till ökade grundvattennivåer och mer fluktuerande grundvattennivåer. En ökad grundvattennivå och fluktuerande grundvattennivåer gör ämnen i marken mer mobila. Detta är problematiskt eftersom markföroreningar sällan utgör problem så länge de ligger bundna i marken, men blir till problem när de är mobila och hamnar där det finns människor samt växt- och djurliv som kan skadas. Föroreningar som i dag ligger bundna i mark och sediment kan även spridas som en följd av ras och skred. Föroreningarna kan antingen transporteras till större områden genom spridning av förorenade markpartiklar eller bli mer tillgängliga genom att det skyddande markskiktet försvinner

Fler analyser skulle behöva tas fram för att kartlägga kritiska områden och mer kvalitativa analyser skulle behövas för att öka kunskapen om vilka halter som kan uppnås och hur giftigt det kan bli. Teoretisk kunskap om giftiga ämnen måste paras med kunskap om var dessa giftiga ämnen finns och kunskap om hur klimatet kommer att förändras och de effekter det kan få. Åtgärder som kan behöva vidtas är exempelvis att områden kan behöva saneras eller förstärkas med stabilitetsförbättrande åtgärder.

SUMMARY

During the last hundred years, the global average temperature has increased with 0,74 degrees Celsius. The forecast for the year 2100 is that the global average temperature will increase with additional 1,8 - 4,0 degrees Celsius if no measures are taken. This is to be seen as a radical increase, as natural climate changes are very slow processes.

The changes in the global climate that we see today, in form of increased average temperature, increased precipitation and increased marine levels, are due to an increased concentration of greenhouse gases in the atmosphere. The main cause of increased global warming is emissions of carbon dioxide from incineration of fossil fuel.

Society is vulnerable to changes in the global climate since all systems are designed for the prevailing climate. As the City of Stockholm continues its work in lowering the greenhouse gas emissions, it is important to also work with adaptation to a changed climate, in order to lessen the city's vulnerability.

The ongoing and expected climate change affects different sectors and areas of the society. One of these sectors is contaminated soil. In this memo some of the effects that climate change can have on contaminated soil are discussed and possible measures for adaptation are presented.

There is a significant relationship between the climate and the properties of soil and water. Floods, avalanches, landslides and erosion are problems that are related to a changing climate. The consequences of climate change, such as increased precipitation, an increased water table, increased flows, floods and erosion can bring result in pollutants easier being washed out and disseminated.

Most chemical substances will to an increased extent be transported in the water flow that follows with increased precipitation. The chemical substances, either dissolved in the water or bound to organic particles, could be flushed along with the surface water or be rinsed from the ground and transported via groundwater transport out to adjacent waters.

Climate change is expected to lead to increased groundwater levels and more fluctuated groundwater levels. An increased water table or a fluctuated water table will make chemical substances more mobile. This is problematic since soil pollutants seldom constitute a problem as long as they are bound to organic matter in the soil, but when they are mobile in more aggressive forms and turn up where there are people, plants and animal life are exposed they can do a lot of damage. Pollutants that today are bound to organic matter in the ground and in sediments can also be dispersed as a consequence of avalanches and landslides. The pollutants can either be transported to larger areas by water through dissemination of contaminated ground particles or become more accessible when the protective ground cover disappears.

More analyses are needed in order to map critical areas and more qualitative analyses will be needed to increase knowledge about what concentrations of pollutants potentially may be reached and how toxic it could become. Theoretical knowledge about toxic substances must be paired with knowledge about where polluted areas are situated and knowledge about how the climate may be changed and the effects it can have on soil contamination.

Measures to consider can for instance be decontamination of specific areas and measures to improve soil stability in certain areas.

I INLEDNING

I.1 Syfte och mål

Syftet med detta PM är att identifiera och översiktligt sammanfatta den kunskap som finns om klimatförändringens effekter på förorenade områden. Syftet är också att identifiera behov av ytterligare kunskap och analyser som Stockholms stad kan behöva i frågan. Målet är att Stockholm stad ska få underlag för att kunna arbeta med anpassning till ett förändrat klimat.

I.2 Metod

Materialet har tagits fram genom litteraturstudier i ämnet, genom intervjuer och samtal med myndighetspersoner och aktörer som arbetar med förorenad mark.

I.3 Växthuseffekt och klimatförändring

Sedan mitten av 1900-talet har klimatet gradvis blivit varmare och de flesta experter är nu ense om att den klimatförändring vi ser i dag beror på en förhöjd växthuseffekt som är orsakad av människan. Huvudorsaken till den förhöjda växthuseffekten är utsläppen av koldioxid från förbränning av fossila bränslen.

Under många år har Stockholms stad arbetat för att minska utsläppen av växthusgaser. Arbetet har varit framgångsrikt och utsläppen av växthusgaser har minskat. 1990 var utsläppen 5,3 ton CO₂e¹/person och år. 2005 var utsläppen 4,0 ton CO₂e/person och år.

Trots nationella och internationella ansträngningar för att minska utsläppen av växthusgaser visar även de mest optimistiska beräkningarna att klimatförändringen inte kommer att kunna undgås.

En klimatförändring är komplicerad eftersom många oönskade effekter kan uppstå. Samhället är anpassat till det rådande klimatet och sårbart för förändringar. För att minska sårbarheten måste samhället därför börja anpassa sig till de väntade förändringarna. En klimatförändring, i form av exempelvis varmare väder, mer nederbörd, och högre vattenstånd drabbar många olika sektorer och områden i samhället. Ett av dessa är områden med förorenad mark, vilket det finns mycket av i Stockholm. Detta PM redogör översiktligt för de effekter som klimatförändringen kan få på förorenad mark.

I.4 Klimat och klimateffekter

I.4.1 Observerade klimatförändringar

Den 2 februari 2007 presenterades den första delen i IPCC:s² fjärde utvärderingsrapport om klimatförändringarna, "Climate Change 2007", the IPCC Fourth Assessment Report. Denna första del handlar om den observerade klimatförändringen, processer i

¹ CO₂e = Koldioxidekvivalenter= Ett sätt att ange hur stor påverkan en gas har på växthuseffekten jämfört med koldioxid, för att få jämförbarhet mellan gaserna.

² FN:s klimatpanel

klimatförändringen och scenarier för framtiden. En andra del av rapporten kommer under våren 2007 och handlar om effekter av klimatförändringarna, anpassning och sårbarhet. Den tredje delen, som kommer under sommaren 2007, handlar om möjligheter att minska utsläppen av växthusgaser.

Fourth Assessment Report är skarpare än tidigare rapporter och betonar att det nu finns en ökad säkerhet vad den globala uppvärmningen beror på och vad som har orsakat den. I rapporten framgår att den uppvärmning som har skett sedan år 1950 sannolikt är orsakad av ökande halter av växthusgaser i atmosfären och att den viktigaste växthusgasen, koldioxid, har ökat genom mänskliga aktiviteter. Nedan presenteras några viktiga fakta från rapporten³.

Temperatur

- Den globala temperaturhöjningen under de senaste 100 åren uppskattas till cirka 0,74 grader (1906-2005), vilket är mer än de 0,6 graderna (1901-2000) som presenterades i IPCC: s tredje utvärderingsrapport från år 2001.
- Under de 12 sista åren har 11 av de varmaste åren sedan 1850 inträffat.

Gaser och partiklar

- Koldioxidhalten har ökat med drygt 35 % sedan mitten av 1800-talet (från cirka 280 ppm år 1850 till 379 ppm 2005) vilket är den högsta halten på 650 000 år.
- Andra växthusgaser (metan och dikväveoxid) har ökat som ett resultat av människans aktiviteter.
- Halter av partiklar i atmosfären har ökat som ett resultat av mänskliga aktiviteter och dessa har en avkylande effekt på jordens temperatur.

Haven

- Under perioden 1961-2003 har världshavens nivå stigit med 8 cm som en följd av expansionen av havsvattnet (p.g.a. av uppvärmningen av världshaven) och avsmältningen av glaciärer.
- Havsnivåstigningen har accelererat. Den är idag dubbelt så snabb som under perioden 1961-2003.

³ Uppgifter från SMHI: hemsida om IPCC samt sammanfattning av Erland Kjellén på Naturvårdsverkets hemsida

Extrema väderhändelser

– I dag uppstår redan färre antal kalla vinternätter och frostdagar över landområden samt ett ökat antal mycket varma sommark dagar och sommarnätter, beroende på ökat växthuseffekt.

– Antal intensiva tropiska cykloner har ökat de senaste 35 åren (särskilt över Atlanten).

Enligt SMHI har under åren 1991-2005 en tydlig uppvärmning ägt rum i Sverige som helhet jämfört med normalperioden 1961-1990. Sverige har även haft en tydlig ökning av årsnederbörden i större delen av landet, med kraftigast ökning i Götaland samt Norrland. I Sverige har under de senaste trettio åren en mängd översvänningsproblem uppstått. Tillrinningen till sjöar och vattendrag, med vissa undantag, legat högt sedan mitten av 1980-talet. Dessa företeelser beror på mildare vintrar och en tendens till mer nederbörd.

Åren 2000-2001 inträffade i Sverige kraftiga översvämningar, som även blev synliga i Mälaren. I december 2000 uppmättes det högsta vattenståndet sedan regleringen av Mälaren 1943. Innan regleringen har betydligt högre nivåer uppmätts.

1.4.2 Prognostiserade klimatförändringar

I de prognoser som IPCC har gjort för det framtida klimatet har de använt olika scenarier för växthusgasutsläpp. Scenario A1F1 innebär kraftiga ökning av växthusgaskoncentrationerna. Scenario B1 innebär begränsade ökning. Nedan presenteras några viktiga fakta från IPCC: s Fourth Assessment Report.⁴

Temperatur

– Den globala medeltemperaturen kan öka med mellan 1,1- 2,9 grader (B1) och med mellan 2,4- 6,4 grader (A1F1).

– Uppvärmningen är inte jämnt fördelad över jorden. Över Arktis och landområden på norra halvklotet blir uppvärmningen ungefär dubbelt så kraftig som det globala medelvärdet.

Gaser och partiklar

I Scenariot (A1F1) med kraftiga ökning av växthusgaskoncentration (fortsatt ökad användning av fossila bränslen) blir koncentrationen av koldioxid cirka 3 gånger högre än den förindustriella nivån och i scenariot (B1) begränsade ökning (med en teknologi- och samhällsutveckling som ger mindre utsläpp av fossila bränslen) ligger nivån på en dubbelt så hög halt som den förindustriella nivån.

Haven

– Havsnivån kommer att stiga med mellan 0, 18-0,58 meter (Scenario B1= 0,18 - 0, 38 meter, scenario A1F1= 0, 26- 0,58 meter).

⁴ Uppgifter från SMHI hemsida om IPCC samt sammanfattning av Erland Kjellén på Naturvårdsverkets hemsida

– Om ishavsmältningen på Grönland och Antarktis accelererar (p.g.a. fortsatt uppvärmning) kan havsnivån stiga ytterligare 0,1- 0,2 meter. Detta skulle kunna innebära en havsnivåhöjning på sammantaget 0,78 meter.

Golfströmmen

– Det är osannolikt att Golfströmmen plötsligt kollapsar.

– Golfströmmens styrka kan avta och det leder till en minskad värmetransport till havsområdena runt Island och södra Grönland samt att norra Atlanten får en lägre uppvärmning än det globala medelvärdet.

Antarktis

– Antarktis istäcke kommer troligen att växa i ett varmare klimat då en stor del av istäcket fortfarande är kallare än noll.

– Det är däremot möjligt att det blir vanligare med att istungor lossnar i ett varmare klimat och dessa kan leda till havsnivåhöjningar.

En viktig slutsats från IPCC är att fortsatta utsläpp av växthusgaser med stor sannolikhet kommer ge en uppvärmning under 2000-talet som är större än den vi upplevt under 1900-talet.

På Rosby Centre, SMHI, används klimatmodeller för att beräkna scenarier av klimatets förändring i framtiden. Beräkningar av klimatets utveckling har gjorts för hela 2000-talet. Beräkningarna bygger på globala klimatmodeller och utsläppsscenarier. Genom att använda olika modeller och genom att ta fram flera scenarier kan sannolikheter och risker för olika tänkbara utfall analyseras.

Klimatscenarierna visar att klimatförändringen för Stockholms del kan innebära att:

- medeltemperaturen ökar med mellan 2,5 grader och 4,5 grader till år 2100,
- de kallaste vinterdagarna försvinner (I princip kommer alla riktigt kalla vinterdagar, med dygnsmedeltemperaturer under -10 C att försvinna),
- det mer sällan är snö och att snö och is-säsongen blir kortare,
- vårfloden kommer 2-4 veckor tidigare,
- växtsäsongen blir mellan 1 och 2 månader längre,
- nederbörds mängden ökar, framförallt på vintern (Perioden 2011-2040 väntas nederbörden öka med 5-10 procent och för perioden 2071-2100 väntas nederbörden öka med 25 procent jämfört med referensperioden 1961-1990),
- höga och låga vattennivåer blir vanligare i sjöarna på bekostnad av mellannivåerna (höga nivåer framförallt på vintern och låga framförallt på sommaren),
- det kan bli högre vattennivåer i havet,
- salthalten i havet minskar,
- temperaturen ökar i sjöar och hav,
- det blir vanligare med översvämningar längs kusten, längs sjöarna och vattendragen,
- somrarna blir torrare,
- det oftare blir häftigare oväder, häftiga regn, storm o.s.v.

1.5 Förorenade områden

Ett förorenat område är ett område där mark, byggnader eller sediment innehåller så mycket föroreningar att halterna av dessa föroreningar påtagligt överskrider lokala eller regionala bakgrundshalter⁵. Halterna av föroreningar i sediment kan vara höga utan att halterna i själva vattnet är det.⁶

En stor del av de kemiska och giftiga ämnen som kommer ut i miljön i dag kommer från diffusa utsläpp, som exempelvis vägtrafiken och från produkter i hushållen. Det förekommer också föroreningar från stationär verksamhet och läckage från exempelvis byggmaterial samt olyckor.

Förorenad mark kan vara områden för soptippar och deponier, gamla bensinstationer, industritomter, impregneringsanläggningar samt föroreningar avsatta i sediment i sjöar och vattendrag mm. Stockholm har genom århundraden utsatts för föroreningar och stora delar av den centrala marken är utfylld mark, s.k. "Stockholmsjord". Fyllningen kan bestå av allt från sprängsten till rivningsrester och annat avfall. Beroende på innehållet i fyllningen är marken mer eller mindre förorenad.

Förorenade områden utgör ett hot mot människors hälsa och mot miljön. Kemiska ämnen kan, förutom att vara akut giftiga, vara allergi- och cancerframkallande, fortplantningsstörande eller genetiskt störande. Långlivade miljöfarliga ämnen kan spridas via luft och vatten och orsaka problem under mycket lång tid. I dag finns en stor mängd kemiska ämnen i samhället och i Sverige anses det finnas ungefär 20 000 stycken. Då det finns en stor mängd olika ämnen betyder det att kunskapen om hur ämnena sprids och vilka miljö- och hälsoeffekter de har är låg.

Vem som är ansvarig för förorenade områden regleras i Miljöbalken. Enkelt uttryckt är det den som förorenar som ska betala (Polluter Pays Principle), d.v.s. den som förorenar ska åtgärda så att inte föroreningen innebär en risk eller olägenhet för människors hälsa eller för miljön. Ansvaret omfattar både det område som förorenats ursprungligen och det område som föroreningarna eventuellt spridit sig till. För de historiska föroreningarna, till vilka det är svårt att knyta en ansvarig, har staten tagit fram en nationell strategi för inventering och efterbehandling. Naturvårdsverket leder arbetet och fördelar medel via länsstyrelserna. I Stockholms län har bland annat bidrag lämnats för undersökningar av Beckholmen och ett område i Gröndal. Stockholms kommun bedriver även, ett av kommunen, finansierat efterbehandlingsarbete.

⁵ Sanering av förorenad mark en förutsättning för god miljö. Problem med förorenad mark vid exploatering

⁶ Program för Stockholms vattenarbete 2006-2015

2 VAD FINNS GJORT?

I början av 1990-talet påbörjades ett mer systematiskt arbete med markföroreningar. Frågan om förorenade områden hanteras av både statliga och lokala myndigheter och när det gäller efterbehandlingar av förorenade områden även av privata aktörer. Det finns dock mycket lite litteratur eller studier gjorda om vilka effekter den förväntade klimatförändringen kan tänkas få på dessa områden. Nedan följer en sammanställning över en del av det arbete som finns gjort eller pågår. Sammanställningen gör inga anspråk på att vara heltäckande.

2.1 Nationellt

Statens geotekniska institut, SGI, har med anledning av förväntade klimatförändringar tagit fram en handlingsplan för institutets arbete med att förutse och verka förebyggande för att förhindra riskerna för ras och skred. Rapporten heter *På säker grund för hållbar utveckling*. I rapporten innefattas effekterna från förväntade klimatförändringar i form av ras, skred, erosion och översvämning. En av klimatförändringens effekter anses vara ökade föroreningsspridningar.

I Klimat- och sårbarhetsutredningens delbetänkande Översvämningshot - risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaran och Vänern (SOU 2006:94) tas föroreningar upp i anslutning till olika verksamheter och områden som kan tänkas drabbas vid översvämningar. Runt Mälaren finns förorenade markområden, dels vid vissa av de existerande industrierna men också på mark där det inte bedrivs industriverksamhet. Dessa kan, enligt delbetänkandet, svämmas över med ökad risk för utlakning av miljöfarliga ämnen och påverkan på vattenkvaliteten i Mälaren.

För att generellt förbättra kunskaperna om riskerna för föroreningsspridning vid översvämning har Klimat- och sårbarhetsutredningen gett Sveriges Geotekniska Institut, SGI, i uppdrag att kartlägga och bedöma riskerna. SGI:s utredning har delrapporterats vid årsskiftet 2006-2007 och ska slutrapporteras i april 2007. Klimat- och sårbarhetsutredningen avser att återkomma med frågan i sitt slutbetänkande.

Huvudpunkterna i SGI:s uppdrag är:

1. Sammanställa befintligt material om föroreningsspridning vid översvämningar, höga och kraftiga flöden samt skyfall nationellt och i relevanta fall internationellt.
2. Värdera känsligheten för översvämningar i olika verksamheter och välja ut särskilt prioriterade typer av verksamheter (deponier, förorenad mark, förorenat sediment m.fl.).
3. Identifiera verksamheter enligt de typer som identifierats i punkt 2, som ligger på mark som hotas av översvämningar i några utvalda områden.
4. Utökad områdestäckning (helst hela Sverige)
5. Principförslag på möjliga åtgärder.

SGI har vid sin litteratursökning inte hittat särskilt mycket material som är konkret och består av t.ex. mätningar. SGI:s sammanfattning kommer därför att resultera i förhållandevis mycket resonerande text och identifiering av kunskapsluckor och hur man bör gå vidare. Tillsammans med Klimat- och sårbarhetsutredningens referensgrupp har

SGI valt ut Ljungan och Dalälven som de områden som ska specialstuderas (enligt punkt 3 ovan). Genom att lägga samman information om exempelvis potentiellt förorenade områden (länsstyrelsernas MIFO-databaser) med översvämningskarteringar (från Räddningsverket) och skyddsområden för vattentäkter samt brunnar inom området (Brunnsarkivet, SGU) har analyser av områdena gjorts.

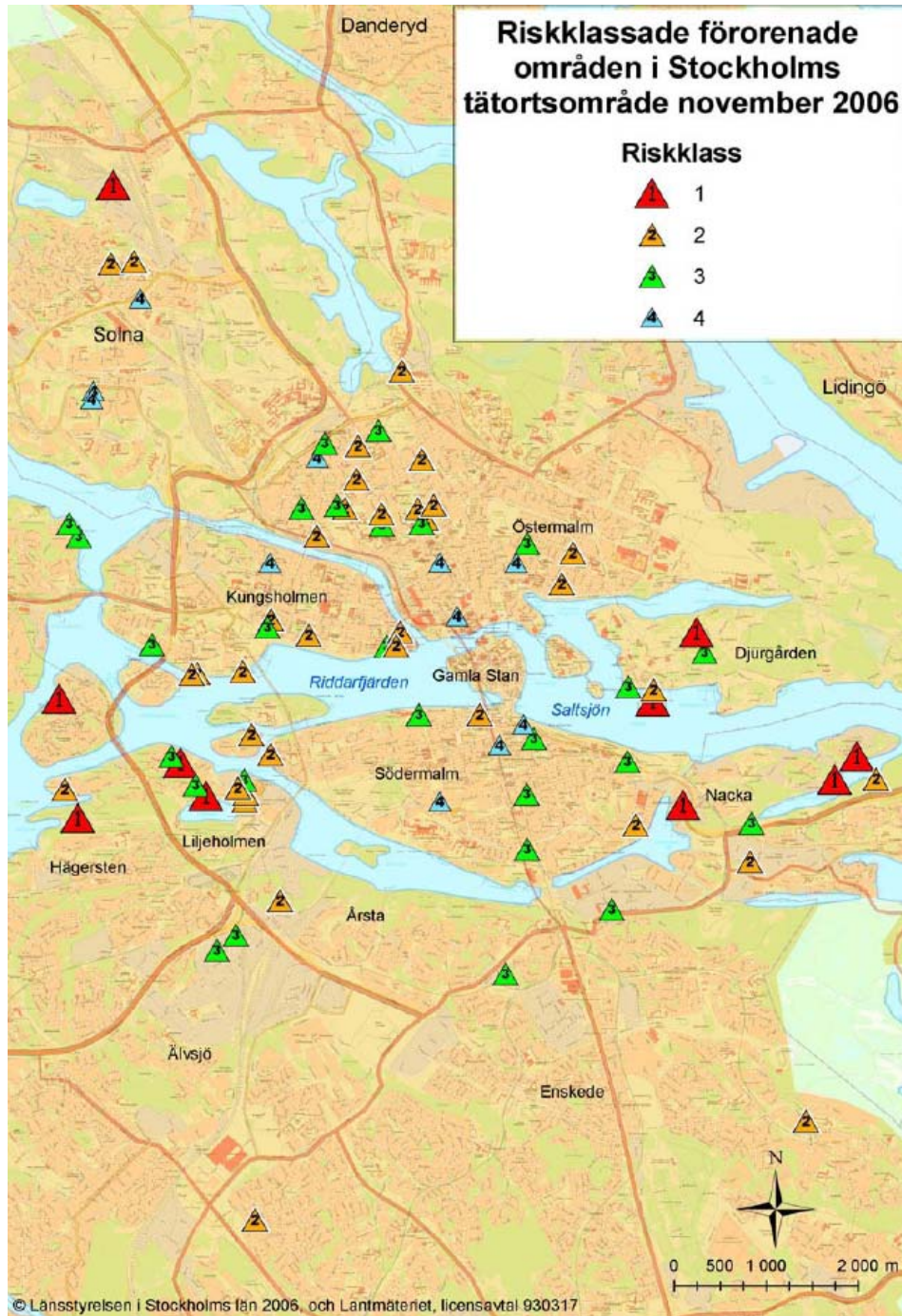
För att identifiera förorenade områden bedriver länsstyrelsen i Stockholms län sedan 1997 inventeringar av potentiellt förorenade områden. Utgångspunkten för inventeringen är vilken typ av verksamhet som har funnits på platsen och inventeringen utgår från tillgänglig information, intervjuer samt platsbesök. Den information som samlas in ligger till grund för riskklassning och samlas i en databas. Riskklassning sker enligt Naturvårdsverkets MIFO-modell (Metodik för Inventering av Förorenade Områden). Syftet med riskklassningarna är att kunna prioritera vilka objekt som är angelägnast att gå vidare med i efterbehandlingsarbetet.

2.2 Regionalt

Länsstyrelsen har hittills slutfört inventeringar av ett flertal branscher, exempelvis träimpregneringsanläggningar, färgindustrier, oljedepåer och kemtvättar. Länsstyrelsen avser att inom de närmsta åren inventera samtliga branscher inom vilka det finns stor risk för markföroreningar.

Länsstyrelsen i Stockholms län lämnar varje år ett regionalt program för efterbehandling av förorenade områden till Naturvårdsverket. Programmet, som tas fram i samråd med länets kommuner, ska redovisa bakgrund, strategi och ett flerårsprogram för de närmaste fem åren. Enligt 2007 års program⁷ har länsstyrelsen kännedom om drygt 8 000 områden som är eller kan vara förorenade i Stockholms län.

⁷ Regionalt program för efterbehandling av förorenade områden i Stockholms län 2007



Karta över MIFO fas 1-riskklassade områden i Stockholms tätort. Riskklass 1= Mkt stor risk, Riskklass 2= Stor risk, Riskklass 3= Måttligt stor risk, Riskklass 4= Liten risk. (Källa: Regionalt program för efterbehandling av förorenade områden i Stockholms län 2007).

2.3 Lokalt

I Stockholms stad har frågan om klimatförändringens påverkan på förorenade områden inte hanterats tidigare då det är en relativt ny frågeställning.

2.3.1 Markföroreningar

Stockholms stad kommer dock att ha förutsättningar att göra analyser av läget genom tillgång till detaljerad höjddata samt digitaliserade markundersökningsdata. Misstänkta riskområden och viss typmark har undersökts inom ramen för projektet *Föroreningar i mark och sediment i Stockholm*, som pågick från 1996-2003.

Vid framtagandet av denna rapport har några preliminära GIS-analyser gjorts (se sid. 23f). Analyserna har gjorts genom att höjddata tillsammans med den, av Klimat- och sårbarhetsutredningen, beräknade översvämningsnivån har sammanförts med data från ovan nämnda undersökningar. Ytterligare analyser kan prövas när analysdata överförs och anpassas till en modul i ECOS⁸. ECOS-modulen lanseras under våren 2007 och efter det vidtar arbetet med en webb-applikation. Applikation är avsedd att användas i första hand internt inom staden och om möjligt även externt av verksamhetsutövare, konsulter och allmänhet.

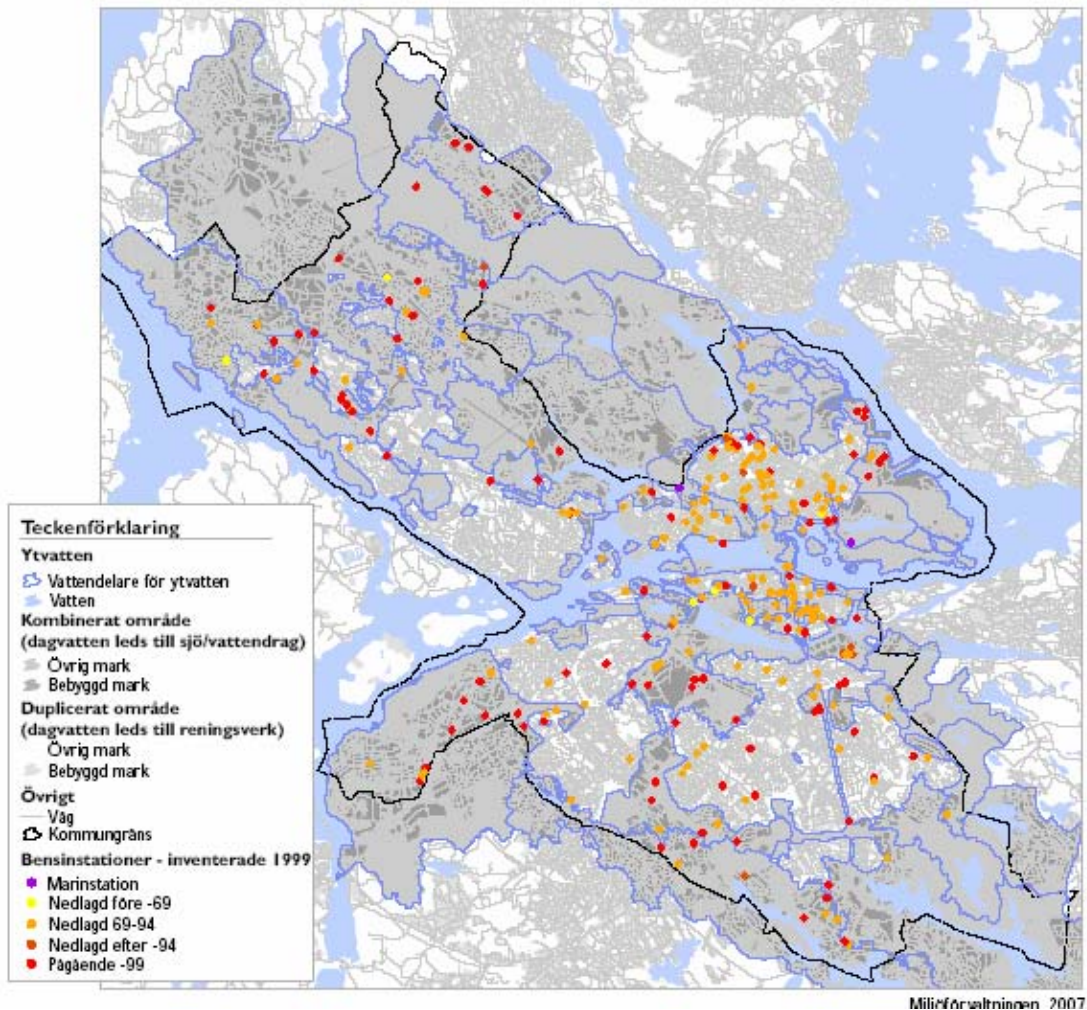
Utöver markundersökningar har Miljöförvaltningen gjort en sammanställning, *Gröna boken*, över de fastigheter där risken är stor för att marken kan ha blivit förorenad. Sammanställningen bygger både på nuvarande och tidigare verksamheter på fastigheten som kan ha påverkat marken.

Vid en översvämning motsvarande 100-årsnivån⁹ (+1,30 meter för Mälaren) finns betydande problem med vattenförsörjningen. Stockholm Vatten och Norrvatten utreder för närvarande möjligheterna för vattenverk att hantera starkt kemiskt förorenat råvatten. Ett av delprojekten handlar om att studera risker vid översvämningar som kan komma att påverka östra Mälarens skyddsområde för vattenförsörjningen. Risker vid översvämningar kan komma från avlopp, bräddning av avlopp och dagvatten samt industri.

Områden där det tidigare har funnits bensinstationer kan vara förorenade av petroleumprodukter. Miljöförvaltningen i Stockholms stad har genomfört en översiktlig kartläggning av de områden där det tidigare har funnits bensinstationer. De fastigheter som omfattas av kartläggningen är fastigheter där det har förekommit försäljning av bensin och där verksamheten har upphört mellan 1969 och 1994. Kartläggningen visar att det finns 170 bensinstationer i Stockholms stad som lagts ned under perioden och som kan vara i behov av saneringsåtgärder.

⁸ ECOS är en programmodul för ärendehantering av tillsynsobjekt, anpassat och utvecklat för svenska miljö- och hälsoskyddskontor.

⁹ 100-års nivå syftar på en händelses återkomsttid, vilket menas att den inträffar eller överträffas i genomsnitt en gång under denna tid. Det innebär att sannolikheten för 100-års nivå är 1 på 100 för varje enskilt år. Eftersom man exponerar sig för risken under flera år blir den ackumulerade sannolikheten avsevärd. För ett hus som står i 100 år i ett område som är skyddat för 100-års nivån är sannolikheten för översvämning under denna tid 63 %.



Bilden visar bensinstationer som har funnits och finns i Stockholm. Totalt 170 bensinstationer har hittats och flera av dessa markområden är i behov av saneringsåtgärder.

2.3.2 Dagvatten

Dagvatten är ytavrinnande regn-, spol- och smältvatten som rinner på hårdgjorda ytor, eller på genomsläpplig mark via diken eller ledningar till recipienter (Saltsjön, sjöar och vattendrag) eller reningsverk¹⁰. I dagvattenstrategin¹¹ för staden listas källorna som förorenar dagvattnet:

- Tungmetaller såsom kvicksilver, kadmium, bly, koppar, zink och krom.
- Organiska miljögifter såsom PAH och PCB.
- Oljor.
- Näringsämnen såsom kväve och fosfor.
- Bakterier.

¹⁰ Definition av dagvatten från stadens dagvattenstrategi.

¹¹ Antagen av kommunfullmäktige oktober 2002.

De högsta föroreningshalterna finns på trafikleder med mer än 30 000 fordon/dygn, måttliga till höga föroreningshalter finns på parkeringsanläggningar, terminalområden och mindre vägar och stenstadens bostads- och arbetsplatsområden har måttliga föroreningshalter. Saltsjön, Mälaren, sjöarna och vattendragen har delats in i olika klasser beroende på status och hur känsliga de är för olika former av mänsklig påverkan (organiska föroreningar, tungmetaller, närsalter och förändringar i vattenomsättningen).

Fler häftiga regn under torra sommarperioder kan innebära att mer föroreningar från trafiken och verksamheter rinner ut i kringliggande sjö- och havsvatten. ”First flush” d v s den smutspuls som följer med att regn städar undan på torrgjorda ytor innehåller ofta mycket hög halt av föroreningar. Dessa föroreningar hamnar i stadens vattendrag. Samtidigt kan kraftiga regn innebära dagvatten- och avloppsledningsnätet svämmas över vilket leder till bräddning d v s att orenat avloppsvatten rinner ut i stadens vattendrag. Det är framförallt i stenstaden som det saknas ett system för att vid kraftiga regn hantera stadens dagvatten.

2.4 Reflektion

Sammanfattningsvis kan sägas att det inte finns särskilt mycket litteratur och analyser som hanterar vilken påverkan klimatförändringen kan komma att få på förorenade områden. Framförallt finns det ytterst lite information om vilka effekter denna påverkan kan få på hälsa och miljö. Däremot finns det relativt mycket kunskap om förorenade områden i stort, vilket kan paras med kunskap om klimatförändringen för fördjupade analyser. Ett problem är att förorenade områden finns i så stor omfattning och att endast en liten del av dessa är undersökta.

3 KLIMATFÖRÄNDRINGENS PÅVERKAN PÅ FÖRORENAD MARK

Enligt Statens Geotekniska Institut, SGI, kommer klimatförändringens följder såsom ökad nederbörd, höjd grundvattennivå, ökade flöden, översvämningar och erosion att leda till att föroreningar lättare utlakas och sprids¹². Sambandet mellan klimatet och egenskaper hos mark och vatten är stor. Översvämningar, ras, skred och erosion är problem som alla kan relateras till klimatet. Nedan följer ett utdrag av de effekter som kan antas beröra Stockholms förorenade markområden.

3.1 Ökad nederbörd

Ökad nederbörd gör att de flesta ämnen, i det här fallet ofta giftiga ämnen, i ökad utsträckning följer med vattnets flöde. Det kan antingen handla om att lösta och partikelbundna föroreningar spolats med det ytliga vattnet eller att dessa föroreningar sköljs ur marken och förs via mark och grundvattentransport ut i vattendrag eller till dräneringsrör som leds till vattendragen direkt eller via reningsverk.

Extrema regn leder till snabbare transport av vatten och däri lösta ämnen genom marken, vilket kan ge föroreningspulser till yt- och grundvatten. En ökad förorenings-spridning till följd av ökad transport är att förvänta.

En ökad nederbörd, och en därmed ökad grund- och ytvattennivå, kan medföra ökad utlakning av föroreningar. Den högre vattennivån gör att områden med föroreningar införlivas i utströmningsområdena, vilket dels minskar transportsträckan för föroreningarna för att nå ytvattnet, dels leder till ökad risk för en kemiskt reducerande miljö, vilket ofta innebär en ökad lakbarhet. Fluktuerande vattennivå ökar lakbarheten ytterligare.

När det regnar mycket blir marken mättad. En vattenmättad mark tar inte upp exempelvis utspillda petroleumprodukter utan de kan rinna vidare över större områden.

Petroleumprodukter som är i fri fas kan lyftas upp av stigande grundvatten och orsaka problem.

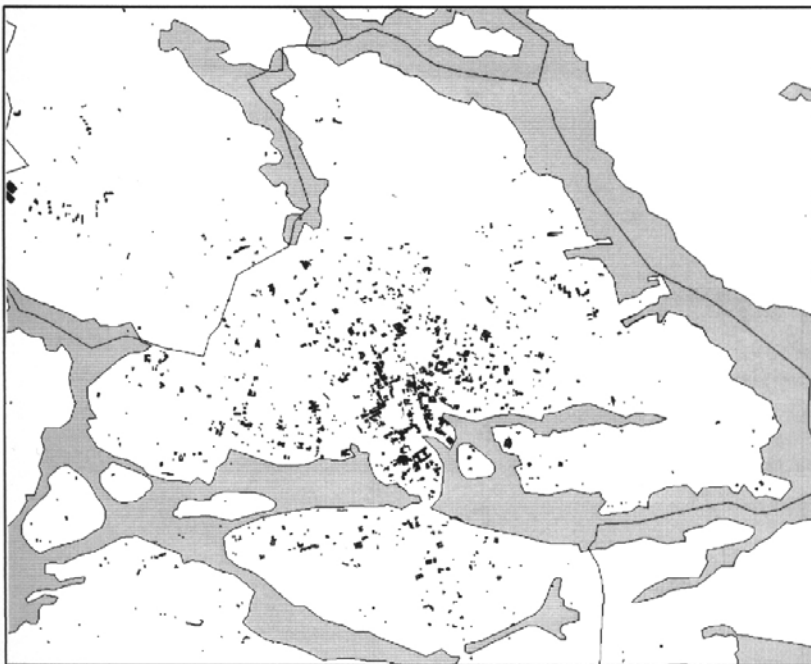
I Stockholm finns en stor andel kopparkoppar. Vid en beräkning 1997¹³, med hjälp av flygbilder, befanns dessa kopparkoppar ge upphov till en årlig avrinning om cirka 1 ton koppar som transporteras till mark och vatten. (Beräkningen bygger på en avrinning från ny koppar på 1.3 g/m²/år och från gammal koppar på 2 g/m²/år). Hur farligt koppar är, d.v.s. vilken biotillgänglighet den har, hänger samman med i vilken form koppar förekommer. Koppar har hög biotillgänglighet som fri koppar Cu²⁺. Avrinningen av koppar styrs bl.a. av korrisionshastigheten och nederbördsmängden, vilket innebär att ökad nederbörd eventuellt kan leda till en ökad avrinning av koppar.

¹² På säker grund för hållbar utveckling. Förslag till handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat. Statens Geotekniska Institut, 2006.

¹³ Studie av Ekstrand, IVL, refererad i Sternbeck John, *Upptäckt och effekter av koppar i vatten och mark*, IVL Svenska miljöinstitutet AB, 2000



Ökad nederbörd leder till en ökad avrinning av koppar från Stockholms koppertak



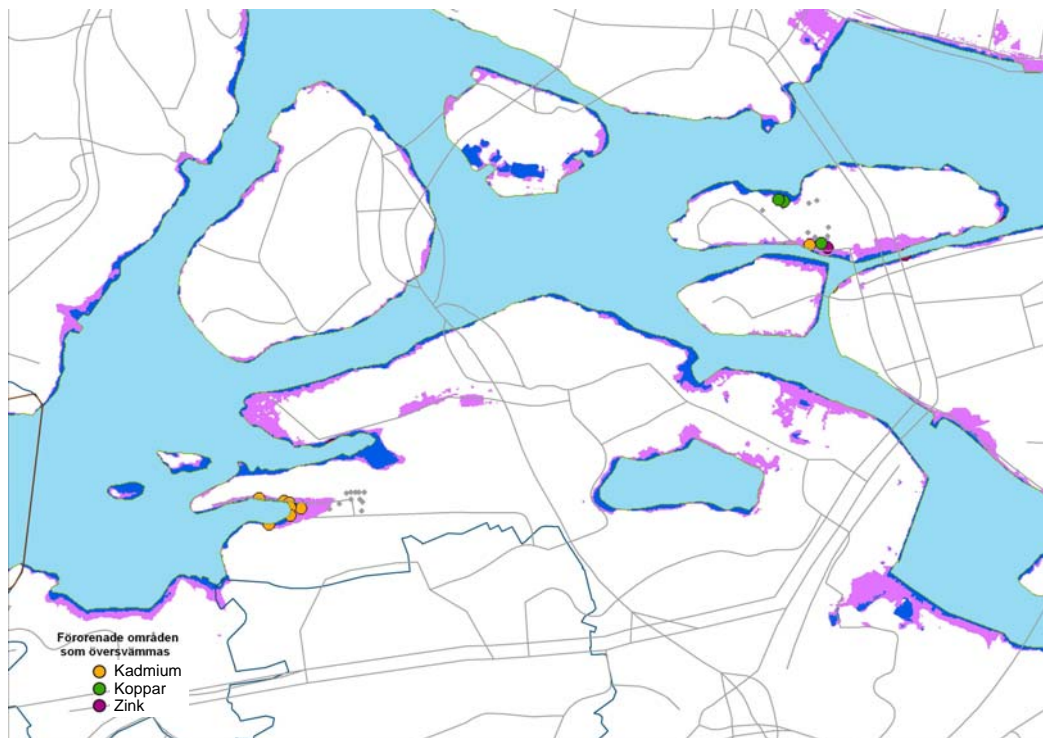
Koppertak i centrala Stockholm. (Källa: Kartläggning av koppertak i Stockholm, Solna och Sunbyberg med digitala flygbilder. IVL Rapport B 1278.)

3.2 Översvämning

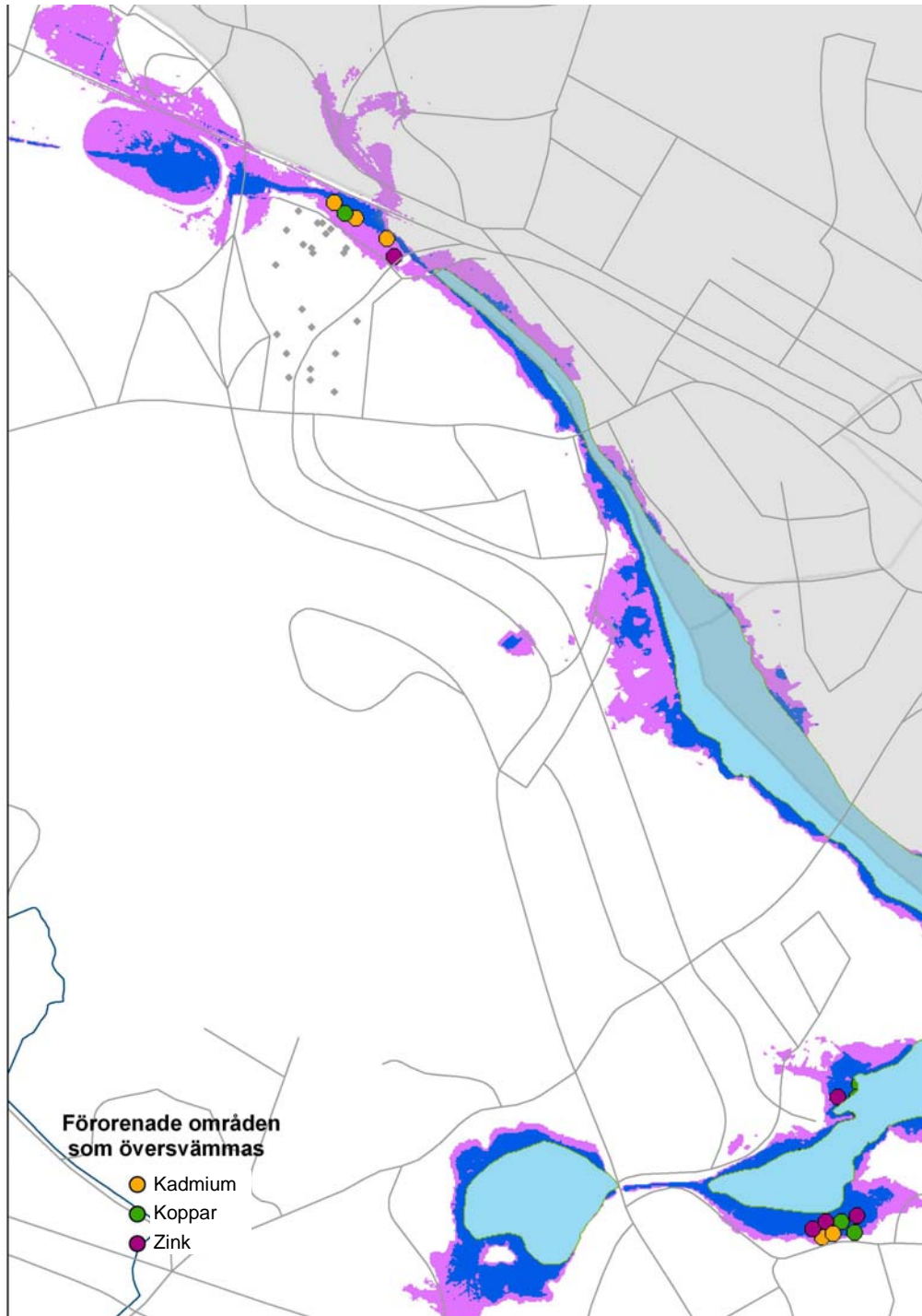
Vid översvämningar täcker ytvattnet större markarealer. Om dessa arealer är förorenade kan vattnet föra med sig partiklar, humus, näringsämnen och andra förorenande ämnen från marken och ut i vattendrag, vilket kan påverka både vattenkvaliteten och ekosystemen runt vattnet. Kvaliteten på badvatten kan påverkas negativt av att mer markföroreningar sköljs ut.

Områden och verksamheter som kan bidra till en spridning av föroreningar vid översvämning är bland annat förorenad mark, deponier, industrier, industrimark, avlopp, bensinstationer och upplag av miljöskadliga ämnen.

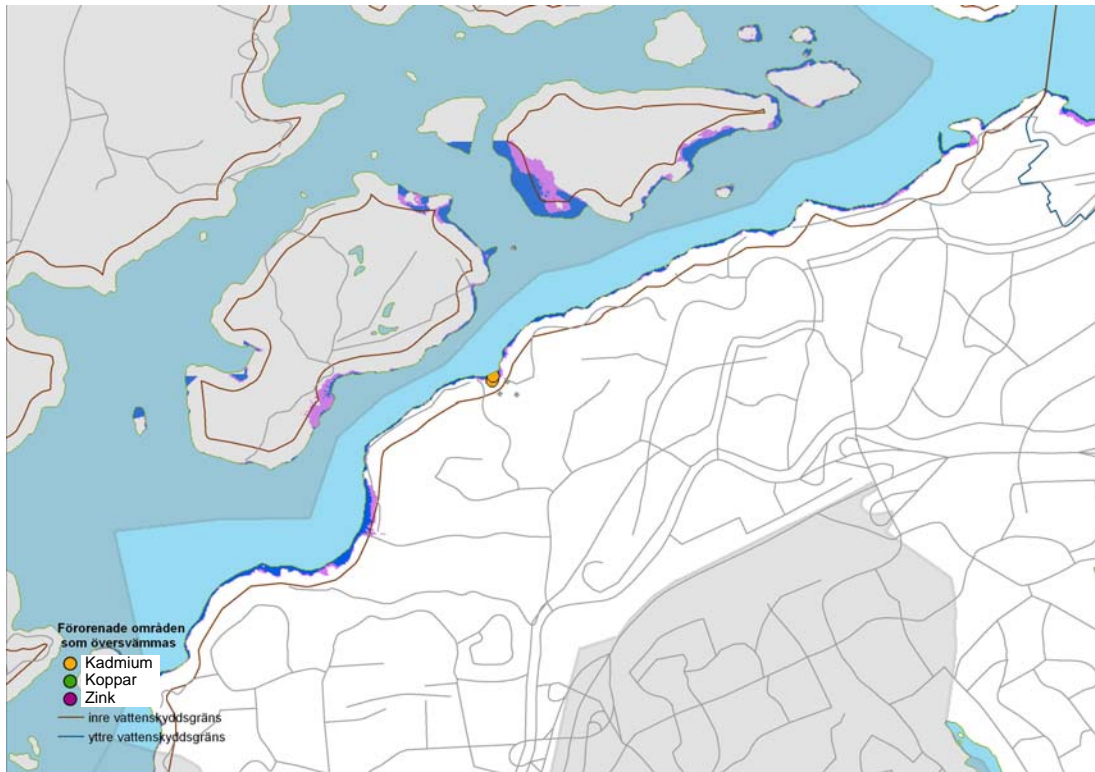
En översvämning kan under vissa förhållanden bidra till att det sker en utspädning av befintliga föroreningar och under andra förhållande att det blir en ökad halt och en ökad spridning av föroreningar. Vilken inverkan det blir beror av lokala förhållanden. Intill snabbbrinnande vattendrag kan man få en ökad erosion av strandkanterna eller vattendragets botten och då kan föroreningarna där (det är särskilt vanligt att man har höga föroreningshalter i bottensediment) slammas upp i vattnet och utgöra en stor risk.



Vinterviken och Långholmen är områden som är förorenade med bland annat kadmium, koppar och zink. Vid en översvämning enligt 100-års-nivån (Mörkblått, + 1,30) och den dimensionerande nivån (Cerise, +2,30) kan förorenade områden översvämmas.



Ulvsunda och Hästhagen/ Mariehäll är områden som är förorenade med bland annat kadmium, koppar och zink. Vid en översvämning enligt 100-års-nivån (Mörkblått, +1,30) och den dimensionerande nivån (Cerise, +2,30) kan förorenade områden översvämmas.

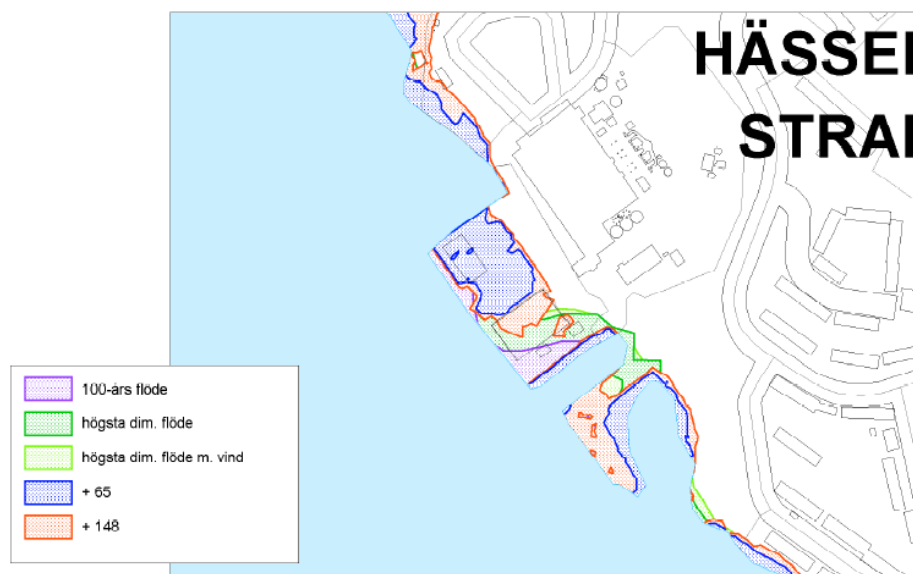


Sätra varv (mitt emot Ekerö) är ett område som bland annat är förorenat med kadmium. Vid en , översvämning enligt 100-års-nivån (Mörkblått, + 1,30) och den dimensionerande nivån (Cerise, +2,30) kan förorenade områden översvämmas. På bilden syns gränsen för Mälarens vattenskyddsområde.

Ett vattenskyddsområde håller på att fastställas i Mälaren. Den geografiska avgränsningen ligger relativt fast, men den juridiska processen är ännu inte färdig. Många fastighetsägare berörs och skyddsområdet kommer att innebära vissa restriktioner för dessa.



Oljehamnen. Översvämningar kan leda till att områden som är förorenade översvämmas och föroreningarna kommer ut i vattnet. Petroleumprodukter är ett problem för vattenverken.



Hässelby värmeverk har svårt att klara 100-års nivån. Cisterner vid kajen.

3.3 Ökande och fluktuerande grundvattennivåer

Fluktuerande grundvattennivåer gör att kemiska förhållandena i marken påverkas avsevärt och de flesta markföroreningarna bli då betydligt mer mobila. De flesta markföroreningarna utgör inte problem så länge de ligger bundna i marken, men blir problem när de är mobila och hamnar där det finns människor samt växt- o djurliv som kan skadas.

I dag är Mälaren stockholmarnas viktigaste vattentäkt. Ur vattenförsörjningssynpunkt är det dock viktigt att skydda både Mälaren och grundvattnet från föroreningar. Mälaren får en del av sin tillrinning av utströmmande grundvatten, vilket innebär att förorenat grundvatten får konsekvenser på sjön och dricksvattnet¹⁴.

Enligt SGI leder ökade grundvattennivåer, eller fluktuerande grundvattennivåer, till en markant ökad risk för föroreningsspridningar. De högre grundvattennivåerna kan exempelvis leda till att en större volym lakvatten genereras från gamla deponier. Spridning av föroreningar väntas framförallt ske i grundvattenflödets riktning. Vid val av vilka områden som bör saneras kan detta vara en viktig faktor att beakta.

I Stockholm är det redan i dag problem med grundvattenbalansen och att grundvattennivåerna är fluktuerande¹⁵. Grundvattenbildningen begränsas av hårdgjorda ytor och av att vattnet leds bort i ledningssystem. En framtida klimatförändring, med perioder av torka och perioder med mer nederbörd, kan leda till att grundvattennivåerna fluktuerar ännu mer än i dag.

Grundvattennivåer är av stor betydelse även för markens stabilitet. Detta är särskilt allvarligt i bebyggda områden.

¹⁴ Grundvatten i Stockholm. Miljöförvaltningen, Stockholms stad, 2003-2004

¹⁵ Information från Bertil Engdahl, Miljöförvaltningen Stockholms stad

3.4 Temperatur

Ökade temperaturer under torra perioder, efter perioder av väta, leder dels till ett uppsprucket markskikt och dels till minskad markfukt. Minskad markfukt kan orsaka kapilläruppsugning av vatten från djupare liggande nivåer. Båge dessa mekanismer kan leda till en snabbare utlakning och transport av föroreningar. Det uppspruckna markskiktet medför att föroreningar djupare ner i marken får ett ökat utbyte med atmosfären, vilket kan öka förångning och oxidation. Sprickorna gör också att, när vatten väl kommer, för det snabbare och enklare med sig förorenade partiklar och lösta ämnen till underliggande skikt. Föroreningarna kan därmed lättare nå både grund- och ytvatten.

Organiska föroreningar (oljor, lösningsmedel e t c) kan, vid en förhöjd marktemperatur, brytas ner snabbare än idag. Nedbrytning är i regel positivt. Nedbrytningen sker via en kedja av olika nedbrytningsprodukter, som ofta är mindre skadliga än ursprungsprodukten, men ibland är de skadligare eller fortfarande skadliga och nu mer lätttransporterade. En högre temperatur kan innebära att vissa föroreningar förångas och att halterna i luften ökar. På så vis kan människor få i sig farliga, kanske starkt luktande eller stickande och frätande ångor.

3.5 Ras, skred och erosion

Markföroreningar som nu ligger ganska tryggt nergrävda kan, som en följd av ras och skred, komma upp i markytan, där de kan utgöra ett hot mot människor och djur på plats och längre ner i vattnets flödesriktning. Skredet kan leda till att en ökad transport av förorenade markpartiklar. Det kan också leda till att föroreningar blir mer tillgängliga genom att skyddande markskikt försvinner. Risk för ras och skred är stor i områden med lera och silt (finkorniga jordarter).

Ökad erosion kan bli en följd, dels av ökade flöden och översvämningar och dels av kraftiga regn. Vid en torrperiod som efterföljs av häftiga regn ökar också risken för erosion.

3.6 Vegetationens påverkan på marken

Vid ett förändrat klimat antas olika arters utbredning och omfattning att påverkas. Detta påverkar i sin tur vattenbalansen, vittringen och det kemiska tillståndet i jorden samt den hastighet med vilken organiskt material bryts ned. Exakt hur detta kommer att påverka riskerna med markföroreningarna är osäkert och kräver kunskap och förståelse för sambandet mellan meteorologiska, biogeokemiska, geokemiska och hydrogeologiska processer.

4 STOCKHOLMS STADS FORTSATTA ARBETE

4.1 Kunskapsuppbyggnad

Att kombinera kunskap kring klimat och markföroreningar är ett relativt nytt grepp. På lokal nivå har inga studier hittats (förutom det arbete som Klimat- och sårbarhetsutredningen leder på nationell nivå). SGI kommer att slutrapportera sitt uppdrag, med att kartlägga och bedöma riskerna för förorenings spridning vid översvämning, till Klimat- och sårbarhetsutredningen under våren 2007. I detta arbete kommer bland annat kunskapsluckor och hur man bör gå vidare att identifieras.

4.1.1 Analyser

Fler analyser skulle behöva tas fram för att kartlägga kritiska områden. Det kan gälla förorenade områden som kan drabbas av översvämningar, eller områden kritiska för skred och ras, eller infiltrationsbenägna jordarter med viktig grundvattentillgång.

Det skulle också behövas mer analyser av kvalitativ art av vilka halter som kan uppnås och hur giftigt det kan bli. Teoretisk kunskap om giftiga ämnen måste paras med kunskap om var dessa giftiga ämnen finns och kunskap om hur klimatet kommer att förändras och de effekter det kan få.

4.1.2 Inventering och kartering

Förorenade områden finns i stor omfattning och endast en liten del av dem är kända och undersökta. Det är viktigt att inventering och kartering av förorenad mark fortsätter, så att kunskapen ökar och så att prioriterade områden kan efterbehandlas.

När samlad information och data förs in i den nya markföroreningsmodulen i ECOS finns möjligheter till detaljerade analyser tillsammans med andra faktorer, såsom nivåer för höga flöden, grundvattenförekomst och utfylld mark.

Miljöförvaltningen avser att undersöka ytterligare områden och viktiga aspekter när dessa områden undersöks är beaktande av hälsa, miljö och översvämningsområden. Särskilt viktigt är att kombinera kunskap om förorenade områden med särskilt känsliga områden för exempelvis dricksvatten, bad och rekreation.

4.1.3 Kunskapsspridning till aktörer

Det är viktigt att kunskap och information om förorenade områden sprids till exempelvis stadsplanerare och markanvändare.

4.2 Åtgärder

Det är varken realistiskt eller miljömässigt riktigt att sanera alla markförorenade områden. Det är andra former av anpassning som måste till. Här nedan följer några exempel på åtgärder som kan tänkas ingå i en framtida strategi.

4.2.1 Efterbehandling

Trots att inte alla förorenade områden kan saneras så måste det ändå göras i vissa prioriterade områden. Med hänsyn tagen till klimatförändringen kan sanering bli aktuellt i områden som hotar vattenförsörjningen eller områden ur rekreationssynpunkt exempelvis badplatser.

4.2.2 Hänsyn i planering

Hänsyn behöver tas till skred och rasrisk i planeringen. Bebyggelse intill vatten och på jordarter som kan bli instabila framöver måste konsekvensbedömas mycket noga.

4.2.3 Stabilitetsförbättrande åtgärder

Områden som hotas av erosion kan behöva förstärkas. Även områden som idag anses stabila kan komma att behöva stabilitetsförbättrande åtgärder.

4.2.4 Material och teknik

Eftersom markföroreningar, liksom ämnen i byggnadsmaterial och byggnaderna i sin helhet, blir mer mobila/instabila med ökad nederbörd bör man satsa ännu mer på att minska användningen av giftiga ämnen. Riktlinjer kan behövas för material som kan avge biotillgängliga ämnen som en följd av exempelvis ökad nederbörd, såsom koppar.

Teknik behöver utvecklas som gör byggnaderna anpassade till ett mer varierat väder och förändrat klimat.

4.2.5 Dagvattenstrategi

Det är viktigt att väga in klimataspekterna när översynen av dagvattenstrategin för Stockholms stad görs. Dimensionering av ledningarna för avledning av dagvatten bygger på antaganden om hur mycket regn som faller över staden. Vid ny- och ombyggnation bör ledningarnas dimensioner och läge i marken anpassas efter förväntade ändringar i nederbörden. Dessutom kan mer kraftiga regn leda till att bräddning av orenat avloppsvatten ökar eftersom kapaciteten i befintliga kombinerade dag- och avloppsledningarna inte räcker till. Markföroreningar kan även i större utsträckning än idag sköljas ut i stadens vattendrag om regnet ökar kraftigt.

5 REFERENSER

5.1 Litteratur och rapporter

Andersson-Sköld Y, Nyberg H, Nilsson G, *Föroreningsspridningar vid översvämningar, Etapp 1*, (preliminär rapport 2006-12-21, underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen), SGI, 2006.

Dagvattenstrategi för Stockholms stad. Antagen av kommunfullmäktige den 7 oktober 2002.

Grundvatten i Stockholm. Miljöförvaltningen, Stockholms stad, 2003-2004.

Metodik för inventering av förorenade områden. Rapport 4918, Naturvårdsverket, 2002.

Program för Stockholms vattenarbete 2006-2015. Stockholms stad.

På säker grund för hållbar utveckling. Förslag till handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat. Statens Geotekniska Institut, 2006.

Regionalt program för efterbehandling av förorenade områden i Stockholms län 2006. Länsstyrelsen i Stockholms län.

Regionalt program för efterbehandling av förorenade områden i Stockholms län 2007. Länsstyrelsen i Stockholms län.

Sanering av förorenad mark en förutsättning för god miljö. Problem med förorenad mark vid exploatering. Faktablad 2003: 07, Länsstyrelsen i Stockholms län, 2003.

Sternbeck John, *Upptäckt och effekter av koppar i vatten och mark*, IVL Svenska miljöinstitutet AB, 2000.

5.2 Internet

www.miljo.stockholm.se/foretag/byggplan/markfororeningar.asp

www.stockholm.se/Extern/Templates/Page.aspx?id=117909

www.stockholm.se/Extern/Templates/Page.aspx?id=88149

Länsstyrelsen i Stockholms län: www.ab.lst.se

Statens Geologiska Undersökningar, SGU: www.sgu.se

Statens Geotekniska Institut, SIG: www.sgi.se

Naturvårdsverket: www.naturvardsverket.se

Kemikalieinspektionen: www.kemi.se

5.3 Kontakter

Enarsson, Per, Miljöförvaltningen, Stockholm stad

Engdahl Bertil, Miljöförvaltningen, Stockholms stad

Magnusson Örjan, Miljöförvaltningen, Stockholms stad

Sköld Yvonne, Sveriges Geotekniska Institut, SGI

Swahn Birgitta, Miljöskyddsensheten, Länsstyrelsen i Stockholms län

Tilly Lena, Tyréns AB

Stina Thörnelöf, Miljöförvaltningen, Stockholms stad
Wickman Tonie, Miljöförvaltningen, Stockholms stad