

ANPASSNING TILL ETT FÖRÄNDRAT KLIMAT



LÄNSSTYRELSEN
I STOCKHOLMS LÄN

Regional klimatsammanställning Stockholms län

Kortversion

Länsstyrelsen i Stockholms län har tagit fram två korta skrifter som beskriver klimatets förändring inom regionen respektive riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län. Skrifterna syftar till att stödja och underlätta arbetet med anpassning till ett förändrat klimat.

- Regional klimatsammanställning Stockholms län. Kortversion
- Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län i dagens och framtidens klimat. Kortversion.

Länsstyrelsen i Stockholms län gav år 2010 SGI och SMHI i uppdrag att ta fram en regional klimatsammanställning samt att utifrån denna översiktligt bedöma områden med risk för skred, ras, erosion och översvämning i ett framtida klimat. Uppdraget presenterades i två rapporter inklusive kartmaterial i början av år 2011 och finns att ladda ner på Länsstyrelsens webbplats. De nu framtagna två skrifterna utgör kortversioner av SGI:s och SMHI:s rapporter och är avsedda att utgöra en introduktion till de mer omfattande rapporterna. Flertalet figurer, tabeller med mera är hämtade från rapporten.

Kortversionerna är framtagna av Anna-Lena Lökvist Andersen, Socratia AB.

Utgivningsår: 2011

ISBN: 978-91-7281- 425-7

Produktion: Länsstyrelsen i Stockholms län

Foto omslag: Sten Bergström

För mer information kontakta:

avdelningen för samhällsskydd och beredskap

Länsstyrelsen i Stockholms län

Tfn: 08 - 785 40 00

E-post: beredskap.stockholm@lansstyrelsen.se

Kortversionerna, liksom rapporterna i sin helhet inklusive kartmaterial, finns som pdf på vår webbplats www.lansstyrelsen.se/stockholm/klimatanpassning

Anpassning till ett förändrat klimat

Klimatets förändringar berör samhällets alla sektorer och det är få verksamheter som kommer att förbli helt opåverkade. En medveten långsiktig planering innebär en rad åtgärder för att anpassa samhället till de klimatförändringar som märks redan idag och till de som väntar i framtiden.

Länsstyrelsen har en samordnande roll i det regionala klimatanpassningsarbetet. Det innebär att stödja kommuner och andra aktörer för att underlätta planering och genomförande av lämpliga åtgärder. Underlag från sektorsmyndigheter behöver sammanställas och föras vidare, till exempel klimatunderlag som beskriver klimatets förändringar i olika tidsperspektiv. Regionala analyser behöver utföras och komma olika parter till godo. En viktig del av länsstyrelsens arbete är att höja kunskapen inom regionen om klimatets förändringar och om de konsekvenser förändringarna innebär för samhället.

Sårbara områden och verksamheter behöver identifieras så att lämpliga åtgärder kan vidtas för att anpassa samhället på ett hållbart sätt. Länets kommuner ansvarar för ett stort antal viktiga verksamheter. Kommunerna är ofta den aktör där de konkreta anpassningsåtgärderna kan och behöver genomföras. Ett samarbete mellan regionens olika aktörer är en mycket viktig del i detta arbete.

Skrifterna *Regional klimatsammanställning* och *Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning*, både kortversionerna och de fullständiga rapporterna framtagna av SMHI och SGI (se omslagets insida och litteraturlistan sist i skriften), är tänkta att utgöra ett stöd för olika aktörer i regionen i arbetet med anpassning till ett förändrat klimat. Den regionala klimatsammanställningen är ett viktigt underlag för bedömning av konsekvenser av klimatförändringar för samhället och naturmiljön.

Innehåll

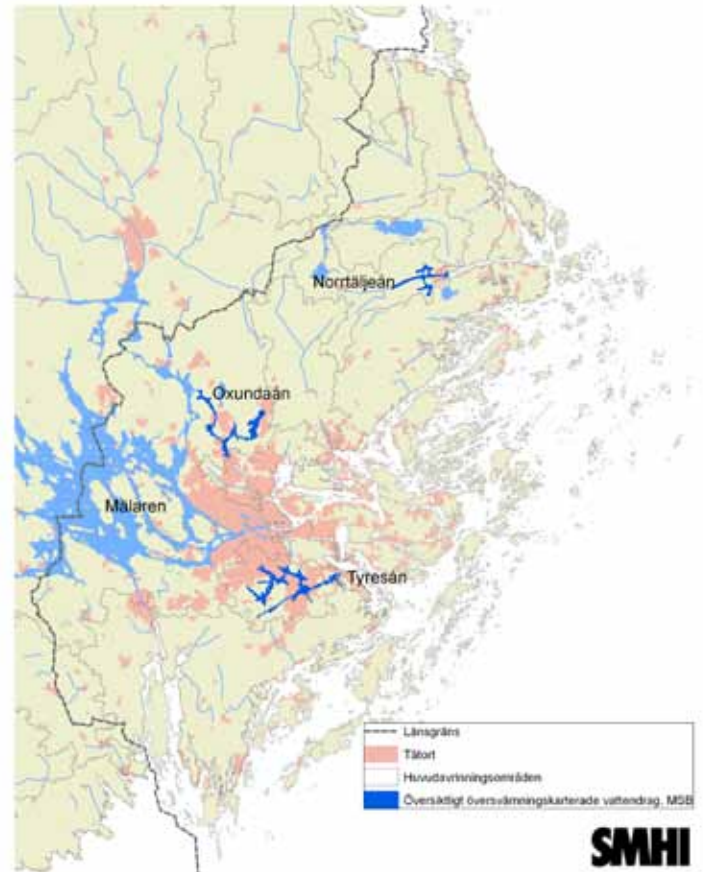
FRAMTIDENS KLIMAT	5
Klimatberäkning	6
STOCKHOLMS LÄNS FRAMTIDA KLIMAT	9
Temperatur	9
Nederbörd	12
Flöden	15
Grundvattennivåer.....	20
Havsvattenstånd	20
Ytterligare klimatfaktorer	23
RAPPORTER FRÅN KLIMATANPASSNINGSUPPDRAGET	26

Framtidens klimat

Ett förändrat klimat innebär väsentliga skillnader i årstidernas karaktär, speciellt med avseende på temperatur och nederbörd. Dynamiken och förekomsten av vatten kommer att förändras. Säsongsvariationen i vattenföring drivs till stor del av nederbördsmönster och lagring av vatten i till exempel snö och sjöar. I de delar av Sverige som upplever längre köldperioder lagras betydande mängder vatten under vintern i form av snö och som under en relativt kort period smälter när temperaturen stiger. I ett klimat med högre temperatur kan denna säsongsvariation förändras och bli mindre accentuerad, samtidigt som höga flöden kan uppträda under vinterhalvåret. Intensiva skyfall inträffar idag främst sommartid. De orsakar ibland översvämningar, speciellt för system som inte dimensionerats för extrema flöden som kombinerade dag- och spillvattensystem och dränage i anslutning till infrastruktur. I ett framtida varmare klimat med ökad nederbörd kommer riskerna för skyfall att öka.

Planering i långa tidsperspektiv baseras med fördel på underlag som tar hänsyn till alla de osäkerheter som ofrånkomligen finns. Ett sätt att ta hänsyn till möjliga framtida utvecklingar är att arbeta med så kallade scenarier som beskriver framtiden på olika sätt. I klimatstudier jämförs beräknade värden med medelvärden för en längre period, en referensperiod. I enlighet med internationell praxis används här perioden 1961–1990 som referens.

Kartan visar Stockholms län, tätorter, dess större sjöar inklusive Mälaren, större vattendrag och översiktligt översvämningsskarterade vattendrag.

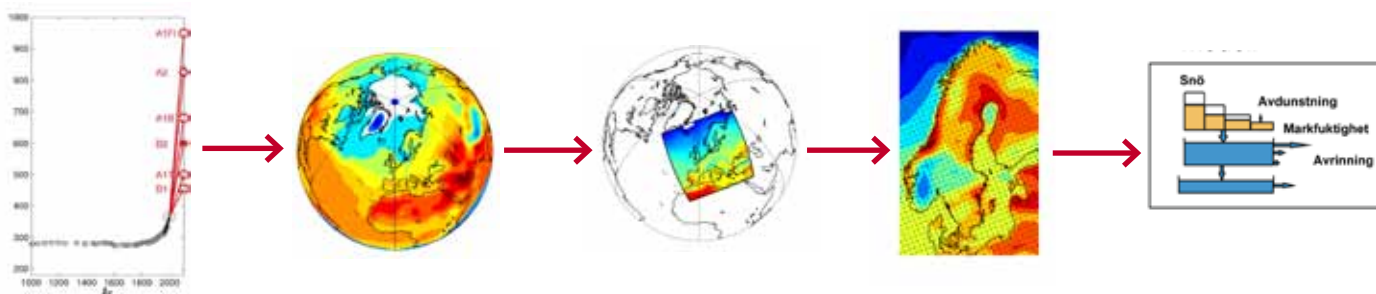


Klimatberäkning

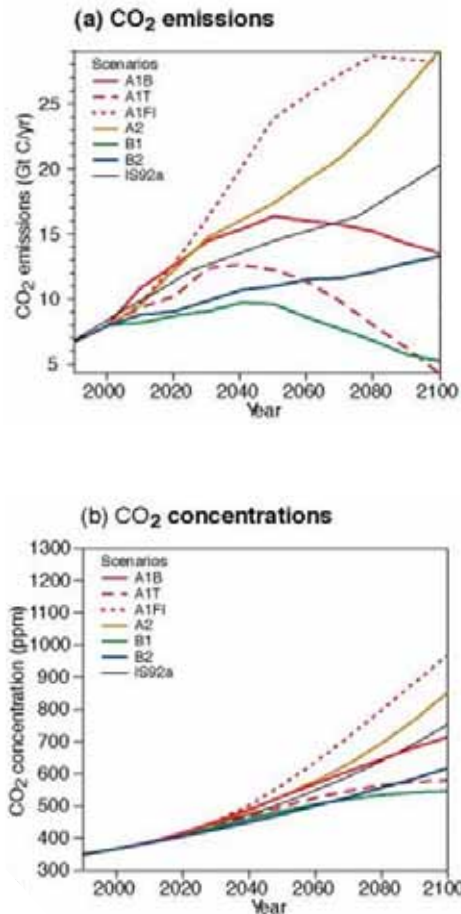
För att få en översiktlig bild av framtida klimat använder klimatforskarna sig av globala klimatmodeller (GCM) som beskriver luftströmmar och väderfenomen över hela jorden. För regionala analyser krävs en komplettering med detaljer som påverkar det regionala klimatet. De globala klimatberäkningarna kopplas därför till regionala klimatmodeller (RCM) med tillägg av detaljer som exempelvis Östersjön och den Skandinaviska bergskedjan. Till dessa läggs en hydrologisk modell som omfattar markfuktighet, snöackumulation och snösmältning, grundvatten och routing (beskrivning av vattnets väg) som gör det möjligt att studera effekter på vattenföring, magasinering etc.

Utsläppsscenarioer

Vid beräkningar av framtida klimat behövs uppgifter om framtida utsläpp av växthusgaser. Vanligtvis används utsläppsscenarioer som tagits fram av FN:s klimatpanel, IPCC. Dessa scenarioer bygger på antaganden om världens utveckling fram till år 2100 som jordens folkmängd, ekonomisk tillväxt, teknologisk utveckling med mera. Utifrån dessa antaganden har man sedan uppskattat mängden klimatpåverkande gaser och partiklar som kommer att släppas ut. Dessa utsläpp ger upphov till förändringar i atmosfärens sammansättning, som till exempel mängden koldioxid i luften, vilket i sin tur har en inverkan på klimatet. Effekterna av eventuella utsläppsbegränsningar till följd av internationella avtal finns ännu inte medräknat i utsläppsscenarioerna.



Källa: Sten Bergström, SMHI.



Källa: IPCC, 2001.

I figurerna till vänster visas utsläppsscenarioer med olika antagna utvecklingar av koldioxidutsläpp. Den hel-dragna röda linjen är det utsläppsscenario som framfö-rallt legat till grund för klimatberäkningarna för Stock-holms län. I detta scenario beräknas koldioxidutsläppen till atmosfären kulminera runt år 2050. Koldioxidhalten fortsätter dock att stiga efter år 2050 på grund av klimat-systemets tröghet. Man kan också se att skillnaderna mel-lan de olika scenarierna är liten fram till mitten av seklet för att därefter öka.

Klimatscenarioer

Ett klimatscenario består av ett utsläppsscenario som kombineras med en global och en regional klimatmodell. Samma utsläppsscenario kan ge olika klimatscenarioer be-roende på vilka globala och regionala klimatmodeller som används.

Vid beräkningarna för Stockholms län har SMHI an-vänt en så kallade scenarioensemble, 16 klimatscenarioer fram till år 2050 och 12 till år 2100. Syftet har varit att öka kvaliteten i analyserna och att identifiera trender som är generella mellan olika scenarioer. De scenarioer som an-vänts är de som varit tillgängliga, inget urval har gjorts. Allt eftersom fler klimatscenarioer tas fram kan fler fall med både höga och låga utsläppsscenarioer inkluderas. Då kan fler tänkbara utvecklingar av klimatet simuleras.

Vid tolkning av resultat från analyser av förändring-ar i ett framtida klimat är det viktigt att ursprunget till de variationer och osäkerheter som förekommer tydligt framgår och även hur denna variation kan bidra med information. Tolkningen av rapportens olika grafer bör koncentreras till långsiktiga trender snarare än till abso-luta värden.

Tillgången till flera olika klimatmodeller är en stor fördel. Trender som observeras i flertalet klimatmodeller och för flertalet utsläppscenarier kan betraktas som mer robusta eftersom samma resultat uppnåts från olika oberoende förutsättningar. Om resultaten från olika modeller och utsläppscenarier visar liten spridning innebär det att osäkerheten är liten.

Det klimat som beskrivs av en klimatmodell kan inte förväntas vara i fas med det verkliga klimatet i en kort tidsskala. Det finns alltid en naturlig variation. Dock ska en välfungerande klimatmodell beskriva medelvärden och variabilitet med tillräckligt precision, till exempel korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod, men dessa kan sedan infalla i en annan sekvens än i det klimat som observeras.

Stockholms läns framtida klimat

FAKTARUTA Klimatdiagram

Framtidens klimat presenteras ofta i form av diagram. De olika scenarierna som används ger olika resultat för till exempel temperatur och nederbörd. Variationen i resultaten mellan olika klimatscenarier visas här i form av skuggade områden. Uppiifrån och ner visar de maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimalt värde. 75:e percentilen betyder att det omfattar 75 procent av resultaten.

Medianvärdet, den svarta kurvan, visar mittenvärdet för samtliga klimatscenarier.

Referensperiodens medelvärde illustreras som en heldragen rak linje. I vissa diagram anges i stället avvikelsen från referensperiodens medelvärde. Referenslinjen ligger då på 0.

Skalorna kan variera mellan diagram vilket betyder att de inte alltid kan jämföras bara genom att lägga intill varandra.

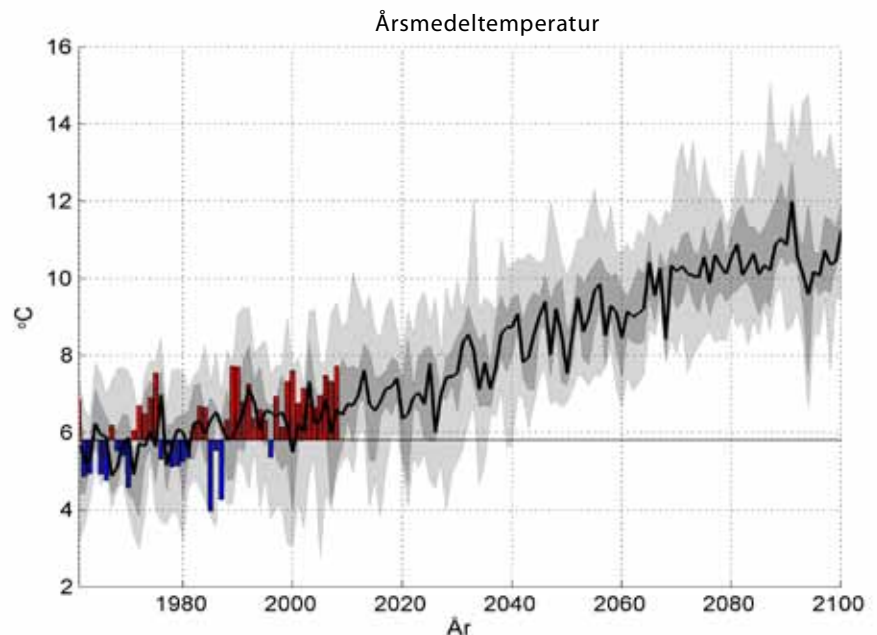
Observerade historiska värden större än referensperiodens medelvärde visas som uppåtriktade staplar och lägre värden som nedåtriktade staplar.

Temperatur

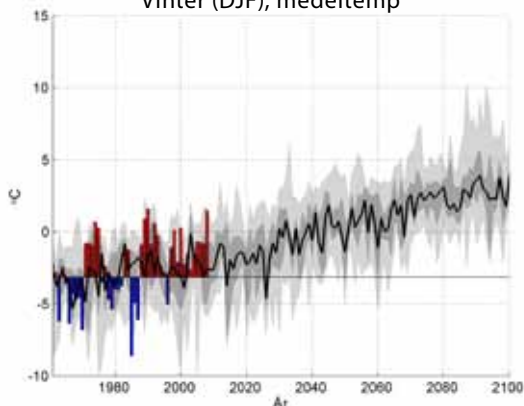
Medeltemperaturen i Stockholms län för referensperioden 1961–1990 (30 år) var 5,8 °C. För perioden 1991–2008 (18 år) var medeltemperaturen 6,9 °C, det vill säga 1,1 °C högre än i den föregående 30-årsperioden.

Medeltemperatur för år och säsong

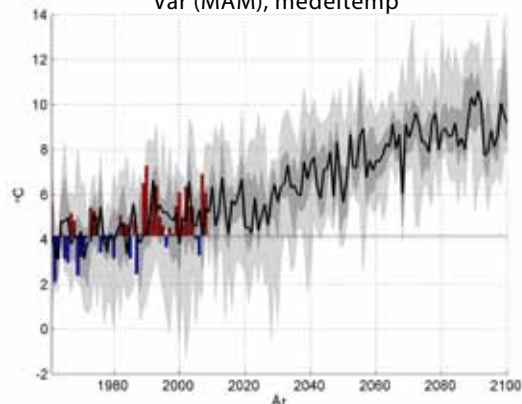
Klimatberäkningarna visar en gradvis ökning av årsmedeltemperaturen under det innevarande seklet, men också på en stor spridning. Det kan exempelvis inte uteslutas att vi får kallare år en bra bit in på seklet. Förändringen av årsmedeltemperaturen ligger i medeltal på cirka 4–6 °C ökning mot slutet av seklet. Utvecklingen av årsmedeltemperaturen för Stockholms län visas i figuren nedan.



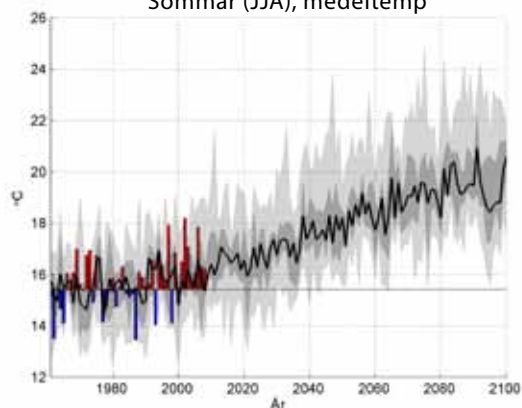
Vinter (DJF), medeltemp



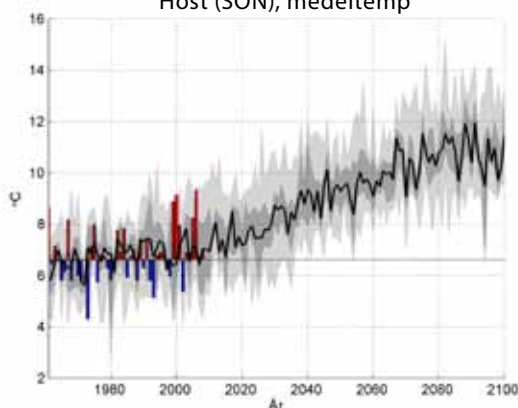
Vår (MAM), medeltemp



Sommar (JJA), medeltemp



Höst (SON), medeltemp



Figurerna på denna sida visar säsongsvariationer av medeltemperaturen. Man kan notera att temperaturökningen är störst under vinterperioden men att den framträder tydligt under alla årstider. Vinter definieras som december–februari (DJF), vår som mars–maj (MAM), sommar som juni–augusti (JJA) och höst som september–november (SON).

Varma dagar

Antalet dagar med hög dygnsmedeltemperatur, det vill säga dagar då medeltemperaturen överstiger 20 °C, förväntas öka. Detta motsvarar en maxtemperatur på cirka 25 °C. Mot slutet av seklet visar scenarierna på en ökning med cirka 30–40 dagar jämfört med referensperioden. Det förekommer dock en stor spridning i resultatet. Referensperiodens medelvärde är cirka 5 dagar per år.

Värmeböljor

En värmebölja betyder en sammanhängande period med en dygnsmedeltemperatur som överstiger 20 °C under 4 på varandra följande dagar. Om till exempel

dygnsmedeltemperaturen överstiger 20 °C under 8 på varandra följande dagar motsvarar detta 2 perioder. Referensperiodens medelvärde ligger på cirka 1 händelse vartannat år. Medianlinjen visar på en ökning med uppemot 10–15 perioder mot slutet av seklet, men det är en stor spridning mellan scenarierna.

Nollgenomgångar

Nollgenomgångar är när två på varandra följande dagar har en temperaturskillnad som passerar 0 °C. Antalet nollgenomgångar beräknas minska i ett framtida varmare klimat. Mot slutet av seklet kommer nollgenomgångar att vara ovanliga och inträffa vid 10–20 tillfällen per år istället för cirka 30 som idag. Vissa år kommer helt att sakna nollgenomgångar.

FAKTARUTA Graddagar

Beräkningen av graddagar för värmebehov utgår från att byggnadens värmesystem ska värma upp byggnaden till 17 °C. Graddagarna beräknas genom att för varje dag under året, när temperaturen är lägre än 17 °C, beräkna skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och 17 °C och sedan summera detta årsvis. Till exempel ger ett dygn då medeltemperaturen varit 5 °C ett bidrag med 12 graddagar. Mellan april och oktober när solinstrålningen har större betydelse räknas graddagar från något lägre temperaturer.

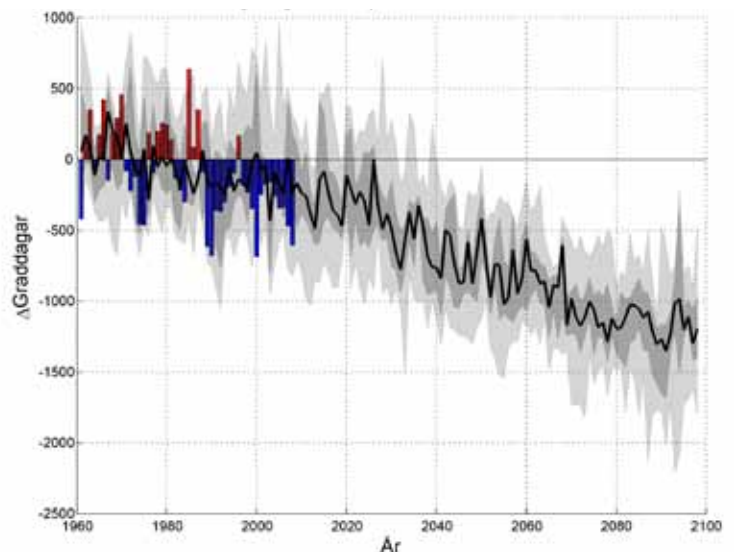
Kylbehov beräknas på liknande sätt. Det innebär antal graddagar per år när dygnets medeltemperatur överstiger 20 °C.

Värme- och kylbehov

Den generella trenden är att antalet graddagar med värmebehov kommer att minska kraftigt i framtiden som en följd av det varmare klimatet. Den typ av riktigt kalla vintrar som upplevdes under 1980-talet kan förekomma fram till cirka år 2030. Efter år 2040 uppnår inget enskilt år från något av klimatscenerierna samma antal graddagar som medelvärdet för referensperioden 1961–1990 som var cirka 3 400 (se figur nedan).

Kylbehovet förväntas öka först mot slutet av seklet med uppemot 50–100 graddagar om man studerar medianen. Dessförinnan är det ingen större skillnad i antalet graddagar jämfört med referensperioden. Det förekommer dock en mycket stor spridning i resultaten, vilket indikerar att extrema somrar kan ge avsevärt större kylbehov än vad som ses enbart från medianvärdet.

Värmebehov graddagar



Vegetationsperiodens start och längd

Vegetationsperiodens start räknas från första tillfället varje år då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5 °C under 4 dagar i följd. Referensperiodens medelvärde låg på dagnummer 110, vilket motsvarar slutet av april. I ett framtida varmare klimat beräknas vegetationsperiodens start infalla tidigare under året. Mot slutet av seklet rör det sig om 60–80 dagar för medianvärdet. Det finns en stor spridning i resultaten. Vissa år har till och med vegetationsperioder från årets start.

Vegetationsperiodens längd omfattar antal dagar mellan första och sista tillfället under året då medeltemperaturen överstiger 5 °C under 4 sammanhängande dagar. Medelvärdet för referensperioden låg på cirka 195 dagar. Vegetationsperioderna beräknas bli längre och scenarierna visar på en ökning med cirka 100–140 dagar fram emot slutet av seklet, det vill säga större delen av året kan komma att utgöra vegetationsperiod.

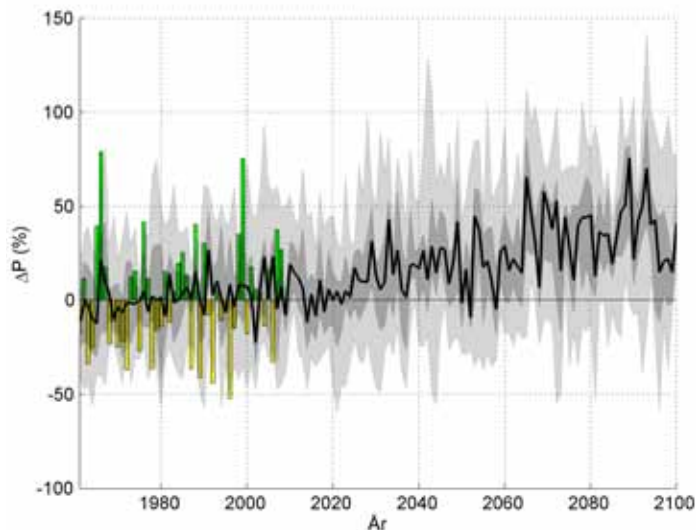
Nederbörd

Årsmedelnederbörden i Stockholms län för referensperioden 1961–1990 var 612 mm/år. För perioden 1991–2008 var årsmedelnederbörden 628 mm/år, det vill säga 2,6 procent högre än i den föregående 30-årsperioden.

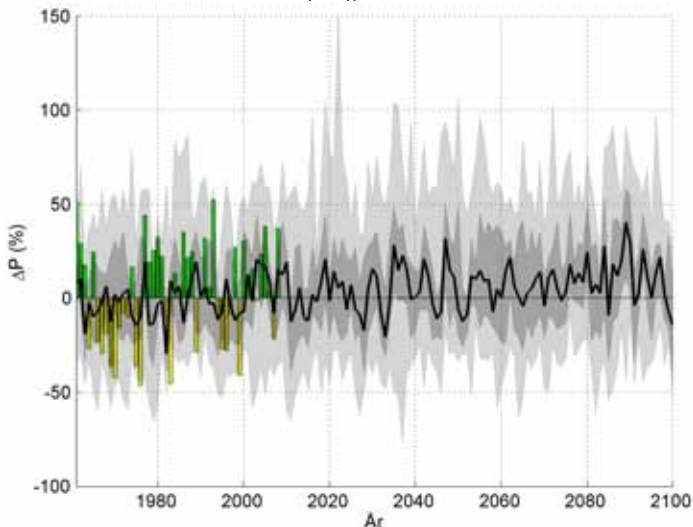
Medelnederbörd för år och säsong

Scenarierna visar en gradvis ökning av årsmedelnederbörden under resten av seklet. Förändringen ligger i medeltal på en ökning med 10 och 30 procent i slutet av seklet. Årstidsvariationerna är stora. Den största ökningen av nederbörd förväntas under vinterhalvåret. Gemensamt för både årsmedelnederbörd och säsongsnederbörd är att resultaten visar på stor spridning.

Vinter (DJF), medelnederbörd



Sommar (JJA), medelnederbörd



Kraftig nederbörd

Kraftig nederbörd motsvaras här av nederbörd per dygn som överstiger 10 mm i medeltal. För referensperioden var detta cirka 12 dagar. Observera att det är dygnsmedelnederbörden för hela Stockholms län som omfattas och att 10 mm över en så stor yta visar på ett kraftigt regn över hela området. Trenden är att antalet dagar med kraftig nederbörd ser ut att öka med cirka 5 dagar i framtiden.

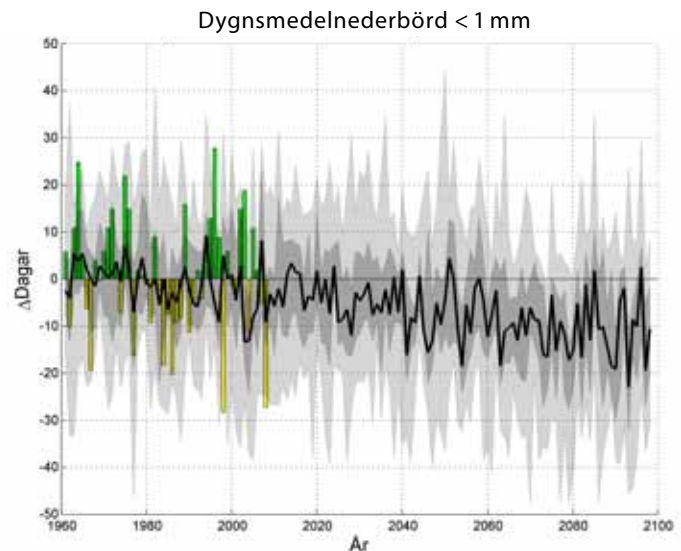
Långvarig nederbörd

Långvarig nederbörd är tillfällen då dygnsmedelnederbörden överstiger 10 mm under 3 på varandra följande dagar. Om till exempel dygnsmedelnederbörden överstiger 10 mm per dygn under 6 på varandra följande dagar motsvarar det 2 perioder. Medelvärde för referensperioden var cirka 1 händelse på 10 år, det vill säga detta är en händelse som inträffar extremt sällan. Medianvärdet visar inte på några ökning.

En jämförelse kan göras med tillfällen då dygnsmedelnederbörden överstiger 5 mm under 3 på varandra följande dagar. Medelvärde för referensperioden är cirka 2 händelser per år. Det går inte att se några tydliga trender framåt, möjligen att det blir en liten ökning mot slutet av seklet.

Torra dagar

Medelvärde för antal dygn då dygnsmedelnederbörden för hela Stockholms läns yta understiger 1 mm var för referensperioden cirka 240 dagar. Antalet torra dagar minskar med ett fåtal dagar mot slutet av seklet. Av diagrammet kan man se att spridningen mellan klimatscenerierna är mycket stor. Observera att detta inte är antalet torra dagar i följd, så kallad torka.

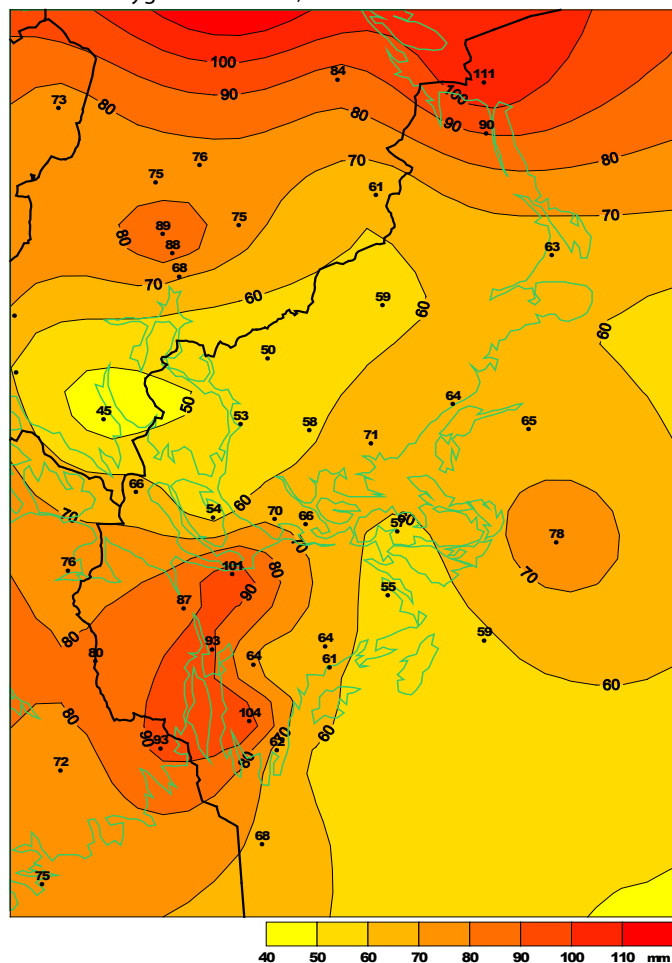


Extrem nederbörd

Kartan visar beräknade dygnsnederbörds­mängder med en återkomsttid på 100 år i dagens klimat. Den återger punktnederbörd till skillnad från nederbördsanalyserna i övriga resultat som visar arealnederbörden. Den svarta linjen visar länets gräns, och de gröna linjerna landgränser.

I SMHI:s utredning har utvecklingen av den mest extrema dygnsnederbörden beräknats uttryckt som regionala 20- och 100-årsregn mellan perioderna 1961–1990 och 2068–2097. Spridningen är stor mellan olika klimat-scenarier. Analyserna visar att det är rimligt att tills vidare räkna med att den extrema dygnsnederbörden ökar med cirka 20 procent till år 2100 för en återkomsttid av 100 år.

Beräknad dygnsnederbörd, återkomsttid 100 år.



Flöden

Klimatunderlaget omfattar fyra vattendrag: Mälaren, Norrtäljeån, Oxundaån och Tyresån. Ett stort antal diagram och kartor finns i SMHI:s rapport som beskriver flöden. Här visas några utvalda exempel.

Återkomsttid, risk och sannolikhet

Begreppen återkomsttid, risk och sannolikhet är centrala när man talar om högflöden, men terminologin skapar ibland missförstånd. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Infrastruktur med lång livslängd exponeras för risken under lång tid och således blir den samlade sannolikheten stor. Sannolikheten för ett 100-års flöde är 1 på 100 för varje enskilt år. Medan den samlade sannolikheten för 100 års exponering är 63 procent. För riskobjekt som till exempel större dammar sätter man ofta gränsen vid, eller bortom, flöden med en återkomsttid på 10 000 år. Sannolikheten under 100 års exponering uppgår då till cirka 1 procent. Tabellen visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet.

Exponerad tid	1 år	5 år	10 år	20 år	50 år	100 år
Återkomsttid (år)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
5	20	67	89	99	100	100
10	10	41	65	88	99	100
25	4	18	34	56	87	98
50	2	10	18	33	64	87
100	1	5	10	18	39	63
1000			1	2	5	10
10 000						1

Vattenföringens säsongsvariation

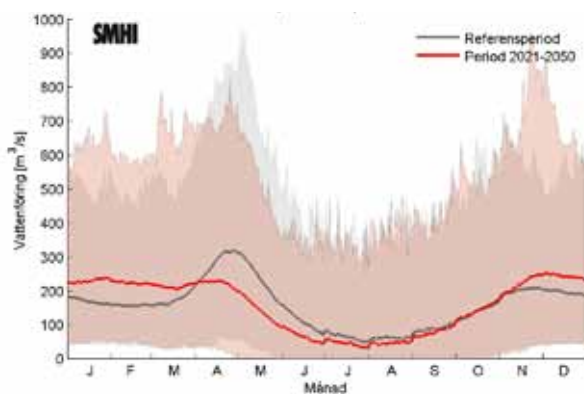
Med total tillrinning menas att allt tillrinnande vatten uppströms delavrinningsområdet är inräknat. Då flöden visas på kartor används i stället lokal tillrinning, det vill säga endast tillrinningen från varje enskilt delavrinningsområde.

För samtliga fyra vattendrag kan man se en omfördelning av flödet som blir tydligare mot slutet av seklet. Den idag tydliga årstidskaraktärstiken med låga vinterflöden och en betonad vårflod ersätts av ett mönster med högre flöden under höst och vinter och en längre och tidigare vårflod. Detta beror på att nederbörden ökar under vintern och i mindre grad än idag kommer att lagras som snö. Medeltillrinningen vintertid väntas bli ungefär densamma som referensperiodens vårflodsmedel. Sommartid minskar medeltillrinningen till följd av ökande temperatur och avdunstning. Tillrinningen gäller för oreglerade förhållanden.

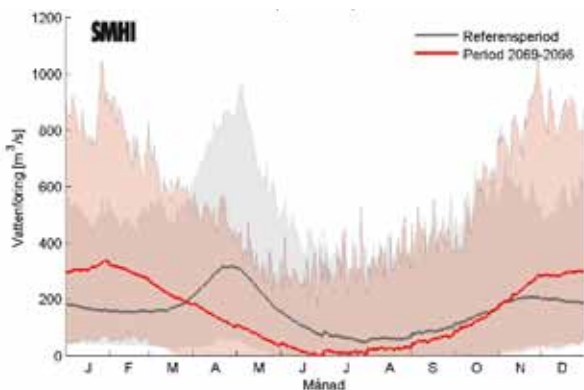
För vattenföringens säsongsvariation visas perioden 2021–2050 och 2069–2098 samt referensperioden 1963–1992. Medelvattenföringen för varje dag på året under referensperioden presenteras med en heldragen mörk linje och för den analyserade framtida perioden med en heldragen röd linje. De färgade fälten visar spannet mellan 75:e percentilen och 25:e percentilen för varje dags max respektive minvärde för alla klimatscenarier. Grått fält visar variationen under referensperioden och rött fält visar variationen för den angivna framtida perioden.

Diagrammen nedan visar Mälarens totala tillrinning under perioderna 2021–2050 och 2069–2098.

Total tillrinning till Mälaren åren 2021–2050



Total tillrinning till Mälaren åren 2069–2098



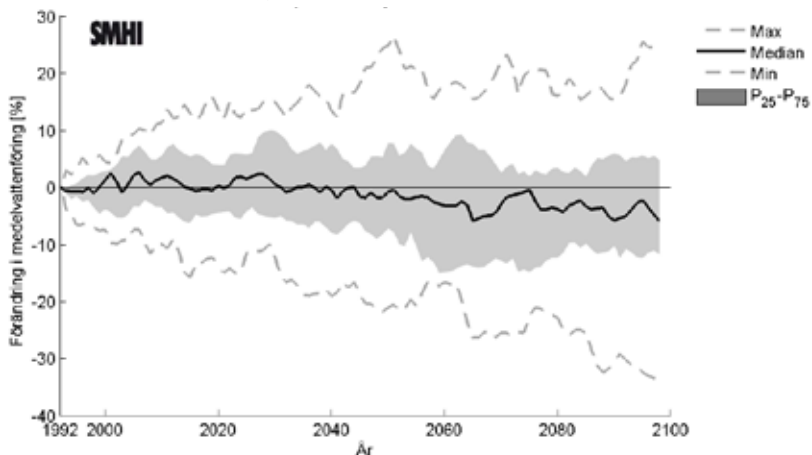
Medelvattenföring, år och säsong

Generellt väntas den sammantagna årsmedeltillrinningen för de fyra vattendragen inte förändras i någon högre grad. Fram till år 2050 är förändringen obetydlig. Mot slutet av seklet visar tillrinningen endast en mycket svag nedåtgående trend för Mälaren och Norrtäljeån (mindre än 5 procent lägre än idag), en svagt ökande trend för Oxundaån (mindre än 5 procent högre) medan Tyresån visar på en minskande trend mot slutet av seklet med ca 10 procent.

Säsongsvis syns däremot en mycket tydlig ökning vintertid och en klar minskning framförallt under vår och sommar för samtliga områden.

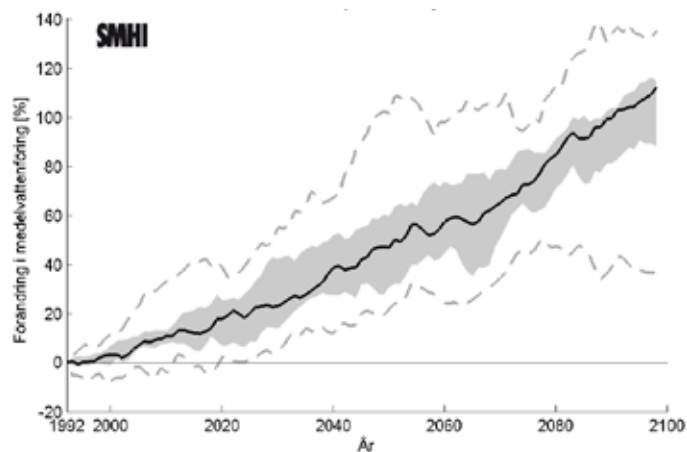
I följande fem diagram syns den procentuella förändringen av den totala års- och säsongmedeltillrinningen för Norrtäljeån.

Norrtäljeån, total årsmedeltillrinning

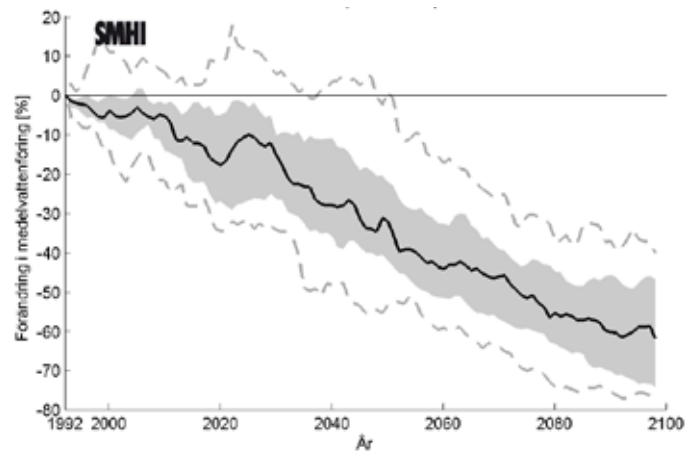


Norräljeån, total medeltillrinning för respektive säsong

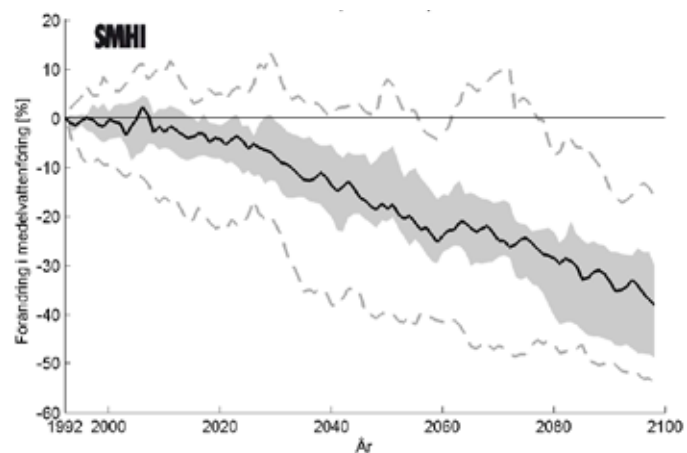
Vinter (DJF)



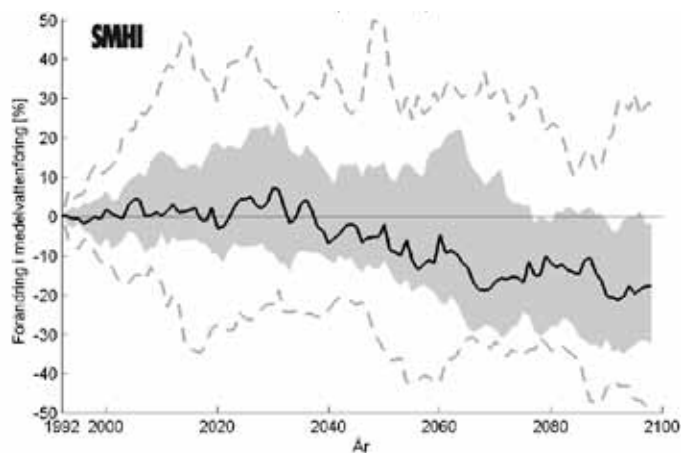
Sommar (JJA)



Vår (MAM)



Höst (SON)



Tillrinningen till mindre vattendrag påverkas endast av lokala förhållanden, alltså endast av det vatten som rinner från varje enskilt avrinningsområde. För perioden 2021–2050 väntas ingen stor förändring i länet som helhet. Mot slutet av seklet förekommer områden med både ökande och minskande lokal tillrinning, men förändringarna är inte större än ± 15 procent.

100-årsflöden

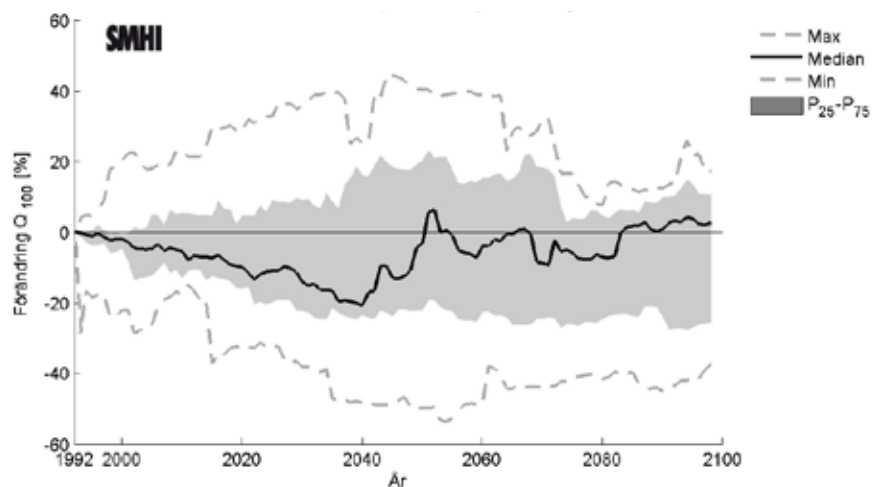
I figurerna visas det totala 100-årsflödet för Oxundaån (överst) och Tyresån (nederst). Beräkningarna är gjorda för oreglerade förhållanden på den totala tillrinningen för vattendragen och visar procentuell förändring relativt referensperioden (1963–1992).

Oxundaåns totala 100-årstillrinning väntas vara relativt oförändrad medan Tyresån väntas få en minskning med cirka 20 procent mot slutet av seklet. För Norrtäljeån fås en ganska tydlig minskning på 20 procent redan tidigt på seklet. Mälaren utgör ett undantag med en ökning på cirka 20 procent vid år 2100.

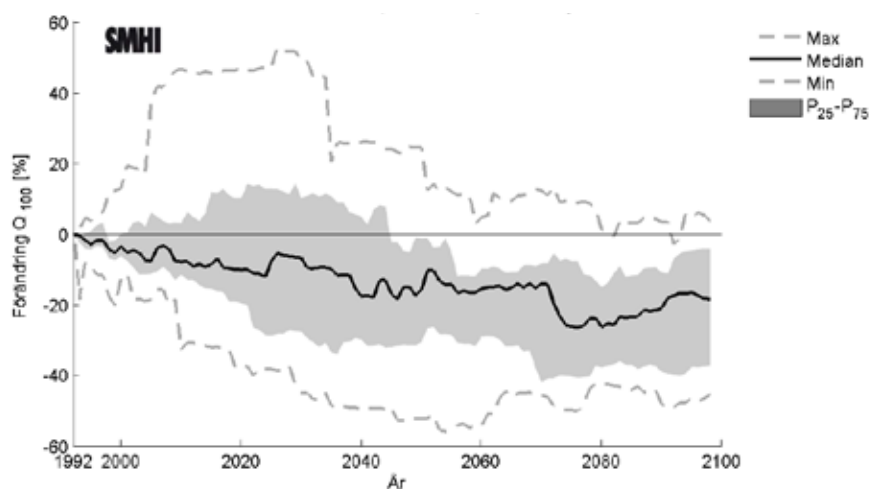
Återkomsttid för lokala 100-årsflöden

I större delen av länet kommer återkomsttiden att öka för den lokala tillrinningen som är av samma storleksordning som dagens 100-årsflöde, det vill säga de kommer

Oxundaån, totalt 100-årsflöde



Tyresån, totalt 100-årsflöde



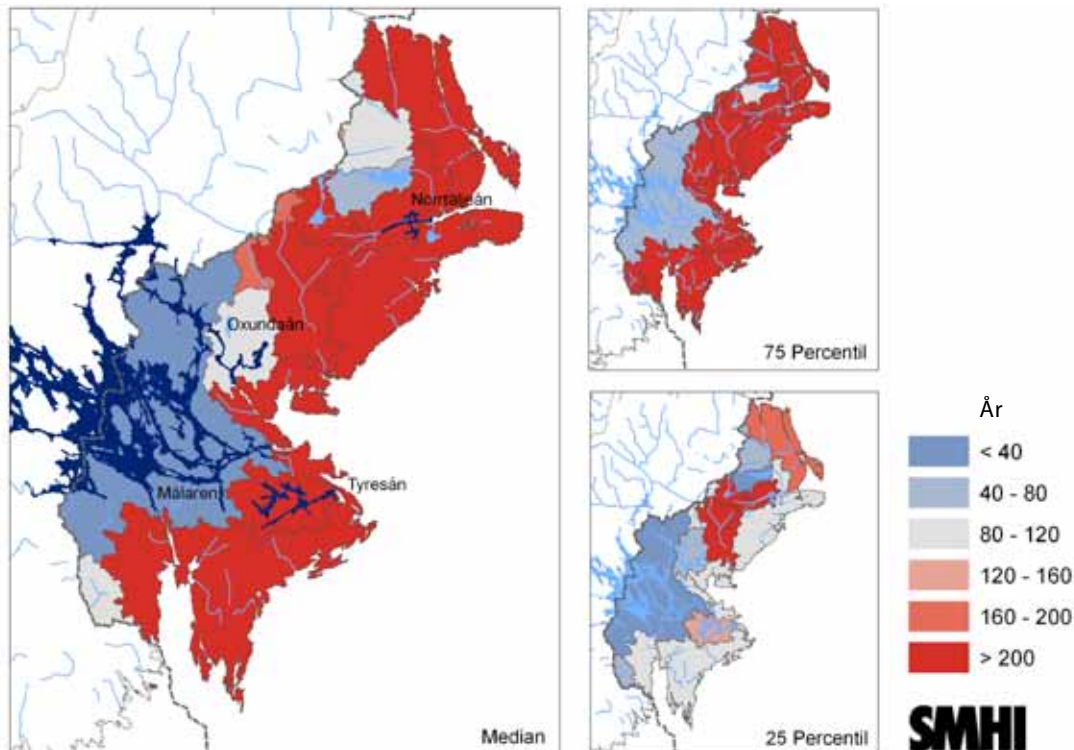
att inträffa mer sällan än idag. Detta gäller både fram till mitten och mot slutet av seklet. I de flesta fall fås en återkomsttid på över 200 år i slutet av seklet.

För Oxundaån är återkomsttiden ganska oförändrad, 80–120 år, medan Tyresån och Norrtäljeån väntas få återkomsttider större än 200 år för slutet av seklet, det vill säga minskande 100-årstillrinning.

Mälaren utgör ett specialfall. Mälarens lokala tillrinningsområde är mycket större än vad som visas på kartan. Det sträcker sig som en remsa kring hela Mälarens kust och avspeglar därför inte enbart de lokala förhållan-

dena i Stockholms län. Den lokala tillrinningen från olika vattendrag i Mälarens kustremsa visar på en ökning av 100-årsflöden. Detta resulterar i en kortare återkomsttid för dagens lokala 100-årsflöde i storleksordningen 40–80 år i mitten av seklet och mindre än 40 år mot slutet. Det är viktigt att notera att det inte är Mälarens totala tillrinning som avses utan den lokala. Den större figuren visar medianvärdena, och de övriga två 75:e och 25:e percentilen av samtliga scenariers framtida återkomsttid för dagens lokala 100-årstillrinningsperioden 2069–2098. Röd färg indikerar längre återkomsttid och blå kortare än idag.

Beräknad framtida återkomsttid (år) för dagens lokala 100-årstillrinning år 2069–2098



Grundvattennivåer

Förändrad nederbörd och avdunstning över land påverkar grundvattnet, både kvalitativt och kvantitativt. För Sverige i stort ökar grundvattenbildningen och grundvattennivåer. För större magasin i grus- och sandavlagringar skulle nivåökningen kunna uppgå till någon eller några decimeter. Ett undantag är det redan idag torra sydöstra Sverige där grundvattenbildningen generellt minskar.

Nivåändringarna följer säsongerna. Vintertid ökar grundvattennivåerna jämfört med referensperioden beroende på mildare väder med mer nederbörd som regn. Under årets varmare period (maj–oktober) sänks grundvattennivåerna. Snösmältningen inträffar tidigare på året och perioden då avdunstningen är högre än nederbörden blir längre. Avsänkningen sommartid betraktas som något svagare än höjningen vintertid.

Havsvattenstånd

Havsvattenståndets variationer beror av många faktorer. Globalt sett är de viktigaste den termiska expansionen (havets utvidgning vid uppvärmning) och bidrag från smältande glaciärer och de stora landisarna på Grönland och Antarktis. Ändrade nederbördsförhållanden på dessa stora isar har också stor betydelse. Men det finns också stora lokala skillnader, som beror på ändrade salt-haltsförhållanden, ändringar i det lokala vindklimatet, ändrade gravitationsfält när de stora isarna smälter och till och med ändrade landhöjnings- och landsänkingsförhållanden när belastningen på jordskorpan förändras om trycket från de stora isarna minskar. Eftersom de mest extrema vattennivåerna oftast är mest intressanta lokalt så betyder ändrad frekvens, intensitet och riktning hos stormar mycket. Men ännu kvarstår en hel del frågetecken kring havsnivåerna i framtiden.

Internationell forskning pekar idag på ungefär 1 m som övre gräns för hur mycket den globala havsytans nivå kan komma att stiga under perioden 1990–2100 som ett globalt medelvärde. Det är utifrån detta värde och antaganden om lokala effekter som SMHI har gjort beräkningar av framtida medelnivåer och extremnivåer för Stockholms län. Som en illustration till den fortsatta utvecklingen efter år 2100 har SMHI också valt att anta att havet stiger 2 meter fram till år 2200.

Höjdsystem i Sverige

För att beskriva havets relation till land används fasta höjdsystem. Sveriges kommuner använder idag flera olika höjdsystem, RH00, RH70 och RH2000. De har tagits fram genom lantmätning och referensnivån (nollnivån) har bestämts år 1900, 1970 och 2000 för de tre systemen. Tabellen nedan visar medelvattenytan vid Landsort, Stockholm och Forsmark åren 2010 och 1990 (referens-året) för RH2000. I beräkningarna av havsvattennivåer har SMHI gjort ett antagande om att medelvattenytan år 1990 låg på 20 cm i RH2000 för hela länet. Det ger en felkälla på +/- 3 cm. Skillnaderna är jämförelsevis små i RH2000 jämfört med RH00, varför man ansett att RH2000 är lämpligare för en länsvis presentation.

	Medelvatten 2010	RH2000
Landsort	0	11
Stockholm	0	13
Forsmark	0	9
	Medelvatten 1990	RH2000
Landsort	0	17
Stockholm	0	20
Forsmark	0	22

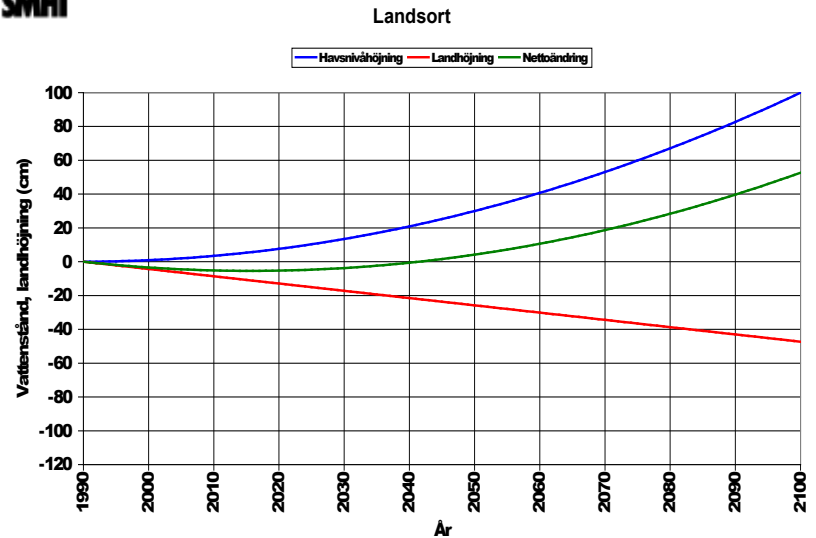
Medelvattenstånd idag och i framtiden

Det beräknade medelvattenståndet varierar från år till år beroende på havets globala höjning och på landhöjningen som varierar regionalt. I Stockholms län är den absoluta landhöjningen 0,43 cm per år på Landsort, 0,52 cm per år i Stockholm. I Forsmark, en bit utanför länsgränsen, är den uppskattad till 0,78 cm per år.

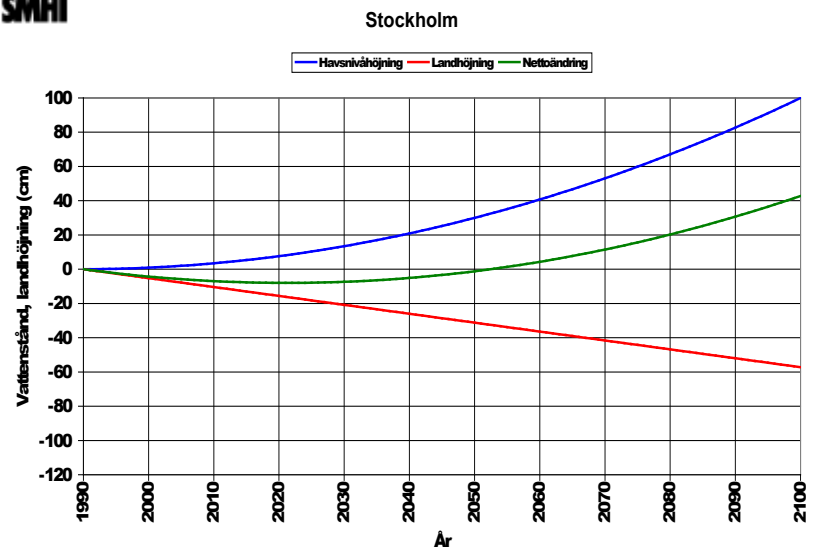
Relationen mellan landhöjning och havsnivåhöjning har ändrat sig sedan mitten på 1900-talet beroende på havets globala höjning. En analys av data från år 1886 fram till idag visar att den globala havsnivåhöjningen har varit ungefär 1,5 mm per år på 1900-talet, totalt cirka 20 cm under denna tidsperiod. Sedan 1980 har höjningen varit drygt 3 mm per år.

Figurerna visar en utveckling av havsnivåhöjningen, landhöjningen och nettoändringen av medelvattenståndet för mätstationerna Landsort och Stockholm åren 1990–2100. Beräkningarna utgår från en global havshöjning på +30 cm från 1990 till 2050 och +1 m från 1990 till 2100. Havshöjningen antas med andra ord vara snabbare vid slutet av seklet. Observera att medelvattenståndet just nu ligger lägre än 1990 eftersom landhöjningen nu är snabbare än havsnivåhöjningen. På grund av skillnaden i landhöjning mellan stationerna kommer Landsort på nytt att uppnå 1990 års nivåer först år 2040 medan det för Stockholms del inträffar cirka 2050 och för länets norra kust ytterligare senare.

SMHI



SMHI



I tabellerna nedan visas höjningen av medelvattenståndet för år 2100 (+1 m global havsnivåhöjning) och för år 2200 (+2 m global havsnivåhöjning) för fem områden längs länets kust. Kustområdena har valts utifrån liknande geografiska förhållanden och det framgår vilka kommuner som hör till respektive område. Medelvattenytan beräknas stiga med 30 till 50 cm från norr till söder från år 1990 till 2100 och med 70 till 110 cm fram till år 2200 förutsatt att landhöjningen är konstant. Höjningen i tabellen anges i höjdsystemet RH2000.

Extrema vattenstånd

Lufttryck och vindar är de viktigaste faktorerna som skapar variationer i vattenståndet i Östersjön. Lågtryck och pålandsvind ger högre vattenstånd, högtryck och från-landsvind ger lägre vattenstånd. De extrema nivåerna varar vanligen i några timmar. Hur hög den extrema nivån blir beror även på utgångsläget. En kraftig storm behöver inte medföra kritiska nivåer om vattenytan inledningsvis ligger lågt. Om man å andra sidan utgår ifrån en högre

nivå kan havet lokalt stiga högt vid mer måttliga vindstyrkor. Detta inträffade exempelvis under vintern 2006–2007 då hela Östersjön fylldes med mycket mer vatten än normalt.

Vågor har betydelse för överspolning eftersom höga vågor beror på samma väder som ger höga vattenstånd. Hur högt upp på land som vågorna sköljer beror på bland annat kustens lutning och material. Vid en öppen kust med stort bottendjup strax utanför stranden finns mer vågenergi tillgänglig, men processerna när vågor kommer in på grunt vatten och hur de bryter är komplexa. Många av länets större orter är skyddade mot vågor genom att de ligger vid en vik eller i skärgård.

Vinduppstuvning är en annan faktor som kan ge högre vattenstånd lokalt. I samband med att vind blåser över en vattenyta i till exempel en vik förs vatten i vindens riktning från en sida av viken till den motsatta. Både bottendjup och övrig topografi är viktiga för dessa lokala uppstuvningseffekter.

Kustområde	Medelvattenståndshöjning 2100		Medelvattenståndshöjning 2200	
	Jämfört med 1990	Uttryckt i RH2000	Jämfört med 1990	Uttryckt i RH2000
Globalt medelvärde	+100 cm		+200 cm	
Landsort	+ 50 cm	70 cm	+ 110 cm	130 cm
Haninge	+ 50 cm	70 cm	+ 100 cm	120 cm
Stockholm	+ 40 cm	60 cm	+ 90 cm	110 cm
Norrtälje	+ 40 cm	60 cm	+ 80 cm	100 cm
Norra Norrtälje	+ 30 cm	50 cm	+ 70 cm	90 cm

Kustområde	Kommuner	Absolut landhöjning
Landsort	Södertälje, Nynäshamn, Botkyrka	0,43 cm/år
Haninge	Haninge, Tyresö	0,48 cm/år
Stockholm	Nacka, Värmdö, Stockholm, Lidingö, Vaxholm, Österåker, Täby, Danderyd, Solna och Sollentuna	0,52 cm/år
Norrtälje	Norrtälje	0,59 cm/år
Norra Norrtälje	Norrtälje	0,62 cm/år

FAKTARUTA

Exempel på högsta uppmätta vattenstånd över medelvattenstånd:

Forsmark:

146 cm (jan 2007)

Stockholm:

117 cm (jan 1983)

Landsort:

95 cm (jan 1983)

Framtida förändring av extrema havsvattenstånd i Stockholms län

Tabellen visar beräknade extrema vattenstånd uttryckt som 100-årsnivåer för de fem kustområdena åren 2010, 2100 och 2200 angivna i höjdsystemet RH2000. De högsta nivåerna för år 2010 förekommer vid länets norra kust och de lägsta vid länets södra kust. På grund av den mindre landhöjningen och den medföljande höjningen av medelvattenståndet höjs de högsta nivåerna snabbare i Landsort än längre norrut.

	100-årsvattenstånd, RH2000		
Kustområde	År 2010 (cm)	År 2100 (cm)	År 2200 (cm)
Landsort	110	180	230
Haninge	115	175	225
Stockholm	120	175	220
Norrtälje	120	170	205
Norra Norrtälje	130	180	210

År 2010 är årshögsta vattenstånd någorlunda lika fördelat från kustområde Haninge till Norrtälje. Kustområde Landsort ligger lägre och Norra Norrtälje högre. År 2100 är bilden en annan, kustområde Norrtälje har lägst extremer. År 2200 är extremerna lägst i kustområde Norrtälje och norra Norrtälje medan de är högst i Landsort. Detta beror på den varierande utvecklingen av medelvattentytan på grund av att landhöjningen är olika längs kusten.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att havsnivåhöjningen i Stockholms län märks först mot andra halvan av detta sekel. Ökningen av de mest extrema nivåerna varierar regionalt och de beräknas bli något större än ökningen av årsmedelvärdena.

Ytterligare klimatfaktorer

Snömax och antal snödag

Medel av observerat största snödjup under referensperioden 1961–1990 var för Stockholms län ungefär 30–40 cm för samtliga områden som beräknats. Klimatscenarioerna visar att största snömängden kommer att minska avsevärt. För samtliga avrinningsområden minskar snömax med cirka 40 procent till mitten av seklet och cirka 70 procent mot slutet av seklet, något mer för Tyresån.

Beroende på område kommer antalet snödag i Stockholms län att minska med mellan 65 till 100 dagar.

Avrinningsområde	Medel beräknade antal snödag, referensperiod 1963–1992	Ungefärlig beräknad minskning antal snödag period 2069–2098
Mälaren	80	65
Norrtäljeån	120	100
Oxundaån	85	70
Tyresån	110	100

Tjäle

Det finns stora skillnader mellan tjäle i ler-, silt- och sandjordar. För sandjordar utvecklas tjälen djupare än i lerjordar. Snö och markvegetation isolerar och hämmar tillväxten av tjäle. Tjældjupet är känsligt för både en ökning av temperaturen och en minskning av det isolerande snötäcket. Säsongen för tjäle beräknas framöver bli kortare i Stockholmsregionen.

Extrema vindar

För den framtida utvecklingen av extrema vindförhållanden finns idag inga säkra svar, även om några modeller antyder att starka vindar kan öka över Östersjön. För Stockholms län går det således inte att ge några entydiga svar.

Brandrisk

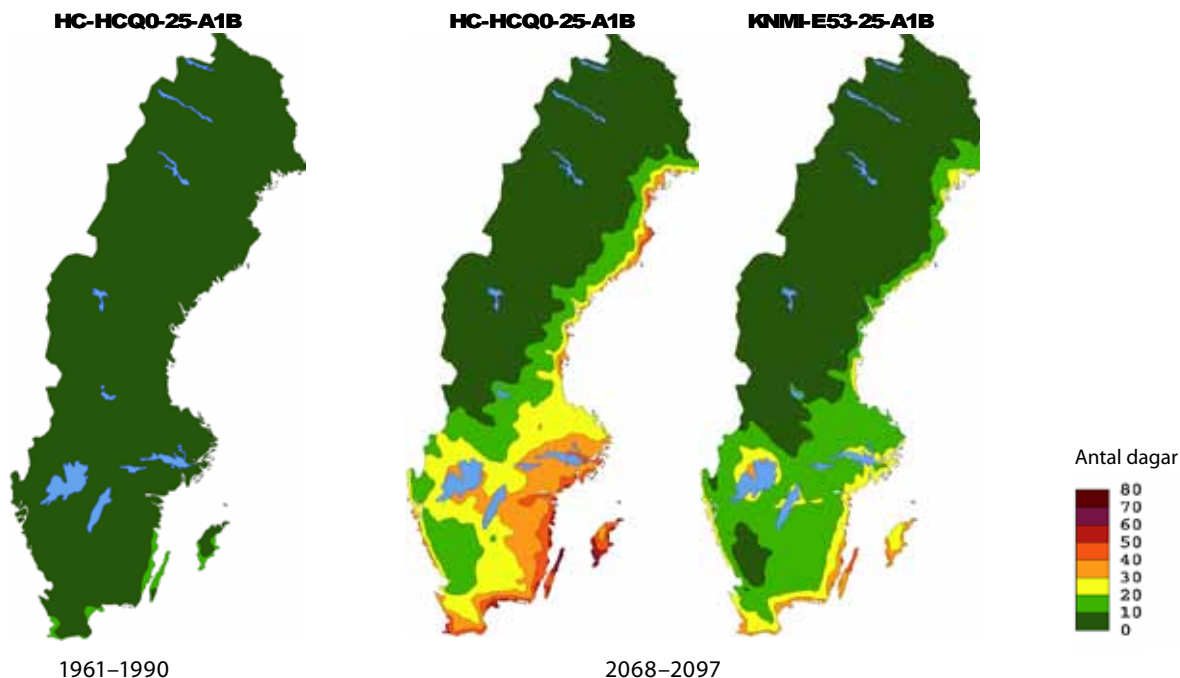
Brandrisken förändras i ett varmare klimat. I större delen av landet är färre än 10 dagar per säsong dagar med hög brandrisk under referensperioden 1961–1990. Kartorna visar också det minsta och största utfallet av antalet dagar med stor brandrisk för perioden 2068–2097. För Stockholms län förväntas antalet dagar öka från 10 till mellan

20 och 50 dagar. Materialet kommer från ett pågående utvecklingsarbete och bör tolkas med stor försiktighet. De ingår i projektet ”Klimatscenarier Brandrisk HBV” finansierat av MSB.

Solinstrålning

Långvågig strålning i Stockholms län varierar beroende på säsong från cirka 250–300 W per kvadratmeter på vintern till cirka 325–375 W per kvadratmeter under sommaren. Strålningsintensiteten i de framtida klimatscenarierna är ungefär oförändrad oberoende av säsong.

Medelvärdet för kortvågig strålning är hög under sommaren, cirka 150 W per kvadratmeter, och nära noll under vintermånaderna. De framtida klimatscenarierna



visar att kortvågig strålning i stort sett är oförändrad under vinter och höst medan den minskar något under vår och sommar.

Antalet soltimmar förväntas för Stockholms län bli i stort sett oförändrade.

Relativ luftfuktighet och temperatur ("Mögelindex")

En hög relativ luftfuktighet kan förorsaka problem med mögelangrepp i byggnader. "Mögelindex" anger antalet dagar med en medelluftfuktighet på över 90 procent i kombination med en medeltemperatur på över 10 °C. Under sommaren är antalet dagar med sådana förhållanden högt i Skandinavien och ligger på omkring tre veckor. För Stockholms län beräknas inte antalet mögeldagar förändras i någon stor omfattning.

Underkylt regn

Väderförhållanden med risk för underkylt regn beräknas som antalet dagar med en maxtemperatur som inte når över smältpunkten i kombination med mer än 0,5 mm regn. En framtida förekomst av underkylt regn beror av förändringar i nederbörd och temperatur. För Stockholms län kommer underkylt regn att bli mer ovanligt som en följd av det varmare klimatet.

Dagnummer för islossning i sjöar

Antal dagar med istäckta sjöar liksom isens tjocklek kommer att minska i framtiden. I dagens klimat inträffar islossning för sjöar i södra Sverige ungefär kring dagnummer 40–70. Förändringen i framtida klimatscenarier visar att för åren 2011–2040 kommer islossningen att starta omkring en månad tidigare och i slutet på seklet cirka 50–60 dagar tidigare.

Salthalt, temperatur och isutbredning i havet

Östersjöns havsis förväntas minska kraftigt. Issäsongen blir kortare och isens maximala utbredning minskar. Salthalten i Östersjön kommer i ett framtida klimat att förändras till följd av förändrade vindmönster och förändrad avrinning, men osäkerheten är stor vad gäller omfattningen. De flesta modellberäkningarna tyder på en minskning av salthalten, även om det inte är entydigt. Ytvattentemperaturen i havet kommer att stiga i takt med att lufttemperaturen stiger. Ökningen av ytvattentemperatur på årsbasis förväntas bli omkring 2–4 °C.

Rapporter från klimatanpassningsuppdraget

Inom länsstyrelsens klimatanpassningsuppdrag har till maj 2011 följande skrifter tagits fram av Länsstyrelsen i Stockholms län:

Regional klimatsammanställning Stockholms län. Kortversion.
ISBN 978-91-7281- 425-7, maj 2011

Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län i dagens och framtidens klimat. Kortversion. ISBN 978-91-7281- 425-7, maj 2011

Är våra kommuner klimatanpassade? Ansvar, riktlinjer, åtgärder. maj 2011

Regional klimatsammanställning - Stockholms län. Rapport nr 2010-78, SMHI, Björn Stensen, Johan Andréasson, Sten Bergström, Joel Dahné, Dan Eklund, Jonas German, Hanna Gustavsson, Kristoffer Hallberg, Sandra Martinsson, Signild Nerheim, Lennart Wern, jan 2011.

Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län - för dagens och framtidens klimat. Diariernr 2-1003-0202, SGI, SMHI, jan 2011

Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län. VAS-rådets rapport nr 10, Tyréns AB, Krister Törneke, Lena Tilly, Susanna Brunzell, jan 2011

Klimatförändringar och Mälaren ur ett vatten- och naturmiljöperspektiv. Rapport nr 2011:2, ISBN 978-91-7281-407-3, dec 2010.

Klimatanpassningsplan. Process och verktyg. ISBN 978-91-7281-396-0, Socratia AB, dec 2010

Systemtyper och klimatafaktorer - Lathund som stöd vid konsekvens- och sårbarhetsanalyser. ISBN 978-91-7281-397-7, Socratia AB, dec 2010

Konsekvens- och sårbarhetsanalys. Metodbeskrivning. ISBN 978-91-7281-398-4, Socratia AB, dec 2010

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

*Mer information kan du få av Länsstyrelsens
avdelning för samhällsskydd och beredskap
Tfn: 08- 785 40 00
Broschyren finns som pdf på vår hemsida
www.lansstyrelsen.se/stockholm/publikationer*

*Adress
Länsstyrelsen i Stockholms Län
Hantverkargatan 29
Box 22 067
104 22 Stockholm
Tfn: 08- 785 40 00 (vxl)
www.lansstyrelsen.se/stockholm*