

Sveriges framtida klimat

Underlag till Dricksvattenutredningen

Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström, Emil Björck, Joel Dahné, Lena Lindström, Daniel Nordborg, Jonas Olsson, Lennart Simonsson och Elin Sjökvist



Pärmbild: Sjön Glan, Norrköpings vattentäkt.
Foto: Sten Bergström

ISSN: 1654-2258 © SMHI

KLIMATOLOGI Nr 14, 2015

Sveriges framtida klimat

Underlag till dricksvattenutredningen

Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström, Emil Björck, Joel Dahné,
Lena Lindström, Daniel Nordborg, Jonas Olsson, Lennart Simonsson och Elin
Sjökvist

Sammanfattning

De senaste resultaten från klimatforskningen har använts för att producera detaljerade analyser av Sveriges framtida klimat. Resultaten bygger på de klimatscenarier som använts av FN:s klimatpanel i dess femte utvärdering (AR5). I denna analys har två scenarier använts; RCP4.5 som innebär stora framtida utsläpps begränsningar och RCP8.5 som innebär höga utsläpp av växthusgaser i framtiden.

Beräkningar av framtidens klimat och vattentillgång bygger på nytt underlag och delvis nya förutsättningar jämfört med tidigare analyser som presenterats av SMHI. De stora dragen i den beräknade förändringen av nederbörd, temperatur, vattentillgång och flöden kvarstår från tidigare utredningar. Användningen av RCP8.5-scenariet, med sin höga framtida koncentration av växthusgaser, förstärker effekterna jämfört med tidigare publicerade analyser.

Eftersom resultaten från FN:s klimatpanel (AR5) presenterades så sent som 2013 så har underlaget framtaget av SMHI präglats av ett intensivt utvecklingsarbete. Resultaten har krävt användande av ny metodik och resultaten kommer även fortsättningsvis att utvärderas av SMHI.

Analysen har gjorts för ett antal parametrar som är relevanta för dricksvattenförsörjningen. I tabellen nedan visas en översiktlig sammanfattning av resultaten.

Parameter	Förändring
Lufttemperatur	Ökning i hela landet, främst i norra Sverige, främst vintertid.
Medelnederbörd	Ökning i hela landet, främst i Norrlands inland, främst vinter och vår.
Kraftig korttidsnederbörd	Ökning i hela landet, främst för de korta varaktigheterna.
Vattentillgång	Ökning av årsmedel i hela landet förutom östra Götaland. Ökningen är störst på vintern. Minskning på sommaren, främst i östra Götaland.
100-årsflöde och 200-årsflöde	Ökning i stora delar av landet. Minskning i Norrlands inland och norra kustland samt nordvästra Svealand
Lågflöden	Mer vanligt i Götaland och Svealand, främst östra Götaland.
Havsnivåer	Stigande havsnivå, nettoökningen störst i södra Sverige.

Temperatur

Klimatberäkningarna visar på en ökning av årsmedeltemperaturen under innevarande sekel, men med stor spridning av resultaten. Störst beräknas ökningen bli i norr, vilket överensstämmer med tidigare resultat från såväl SMHI som IPCC. Skillnaderna mellan de två utsläppsscenarierna är små för perioden 2021-2050 men ökar mot slutet av århundradet. Scenario RCP4.5 innebär i medeltal en ökning på ca 3 grader till 2100 jämfört med perioden 1961-1990. För RCP8.5 är ökningen större, i medeltal ca 6 grader till 2100.

Nederbörd

Medelnederbörden beräknas öka i hela landet i framtiden. Störst väntas ökningen bli i Norrlands inland. Skillnaden mellan de två utsläppsscenarierna är små för perioden 2021-2050 men ökar mot slutet av århundradet. En ökning väntas under alla årstider, men främst för vintern och våren.

Den extrema korttidsnederbörden beräknas bli mer intensiv i ett framtida klimat. Detta gäller främst skyfall med kort varaktighet.

Vattentillgång och flöden

I framtiden väntas sett över hela året en ökning av vattentillgången i stora delar av landet, främst i norra Sverige och längs Västkusten. I sydöstra Sverige väntas istället en minskning vilket beror på ökad avdunstning. I större delen av landet väntas vårfloden bli lägre och vinterflödena väntas istället öka. Ändringen i vattentillgång skiljer sig åt mellan olika årstider. Sommartid väntas en minskad vattentillgång i större delen av landet, med den största minskningen i östra Götaland.

De extrema flödena väntas i framtiden inträffa mer sällan i Norrlands inland och norra kustland samt nordvästra Svealand. I övriga delar av landet väntas de extrema flödena bli vanligare. De nya beräkningarna visar att en större andel av Sveriges yta kan komma att utsättas för förstärkta extremflöden jämfört med tidigare beräkningar.

I framtiden väntas antalet dagar med låga flöden bli fler i Götaland och stora delar av Svealand. Den största förändringen beräknas ske i östra Götaland. Detta är en följd av att avdunstningen ökar till följd av ökad temperatur.

Havsnivå

Den globala havsnivån väntas stiga i framtiden. En beräknad övre gräns för ökningen är ungefär 1 m till år 2100 enligt IPCC:s senaste utvärdering. Landhöjningen motverkar havsnivåhöjningen, speciellt i norra Sverige.

Summary

The latest results from climate research have been used to produce detailed analyses of Sweden's future climate. The results build on the climate scenarios that have been used by the UN's climate panel in its Fifth Assessment Report (AR5). Two scenarios have been used in this analysis: RCP4.5, which significantly limits future emissions, and RCP8.5, which is a more conservative "business as usual" scenario.

Calculations of the future climate and water availability are based on new material and some new conditions compared to analyses previously presented by SMHI. The calculated changes in precipitation, temperature, water availability and flooding are broadly the same as earlier reports. The use of the RCP8.5 scenario, with its high future concentration of greenhouse gases, strengthens the effects compared to previous analyses.

Since the results of the UNs climate panel (AR5) were presented as late as 2013, the material produced by SMHI has involved intensive development. The results have required new methodologies and will continue to be evaluated by SMHI.

Analyses have been made for a number of parameters that are relevant to the supply of drinking water. The table below summarises the results.

Parameter	Change
Airtemperature	Increasing in the whole country, in particular in northern Sweden, mainly during winter.
Average precipitation	Increasing in the whole country, in particular inland Norrland, mainly during winter and spring.
Extreme short-term precipitation	Increasing in the whole country, mainly for short-term heavy showers.
Water availability	Increasing in the whole country except for eastern Götaland. The increase is greatest during the winter. Decreasing during summer, in particular in eastern Götaland.
100-year floods and 200-year floods	Increasing in large areas of the country. Decreasing in inland Norrland and the northern coast as well as north west Svealand.
Low river flows	Becoming more common in Götaland and Svealand, particularly in eastern Götaland.
Sea levels	Raised sea levels, with the greatest net rise in southern Sweden.

Temperature

Climate calculations show an increase in the mean annual temperature during the current century, but with a large spread of the result. The largest increase is calculated for the north, which is in agreement with earlier results from both SMHI and IPCC. The difference between the two emission scenarios is small for the period 2021-2050 but increases towards the end of the century. The RCP4.5 scenario implies an increase of around 3 degrees on average by 2100, compared to the period 1961-1990. The increase is greater for RCP8.5, giving an average of around 6 degrees by 2100.

Precipitation

Average precipitation is calculated to increase for the whole country in the future. The greatest increase is expected for inland Norrland. The difference between the two emission scenarios is small for the period 2021-2050 but increases by the end of the century. An increase is expected during all seasons, but mostly for winter and spring.

Extreme short-term precipitation is calculated to become more intensive in a future climate. This applies particularly to short torrential showers.

Water availability and flow

In the future, an increase in water availability is expected in large parts of the country, particularly in northern Sweden and along the West Coast. Southern Sweden can instead expect a reduction which is due to increased evaporation. For large parts of the country the spring floods are expected to be lower and the winter floods will increase. The change in water availability differs between the seasons. During summer a decreasing in water availability is expected in large parts of the country, in particular in eastern Götaland.

Extreme floods are expected to occur less often in inland Norrland, the northern coastal areas and for north western Svealand. In the rest of the country, extreme floods are expected to be more common. New calculations show that a larger part of Sweden's area could be susceptible to stronger extreme floods compared to earlier calculations.

In the future, more days with low river flows are expected in Götaland and large parts of Svealand. The greatest change is expected in eastern Götaland. This is a result of increased evaporation due to the rise in temperature.

Sea level

The global sea level is expected to rise in the future. A calculated upper limit for the increase has been put at about 1 m by the year 2100 according to the latest evaluation from IPCC. The land rise counteracts the rise in sea level, in particular for northern Sweden.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND OCH SYFTE	1
2	METODIK	2
2.1	Utsläppsscenarier	2
2.2	Klimatmodeller	3
2.3	Regionala klimatscenarier	3
2.4	Analys av extrem korttidsnederbörd	4
2.5	Anpassning av klimatdata för effektstudier	4
2.6	Hydrologisk modell	6
2.7	Tidsperioder	6
2.8	Osäkerheter och tolkning av resultat	7
2.8.1	Utsläppsscenarier	7
2.8.2	Klimatmodeller	7
2.8.3	Naturlig variabilitet	7
2.8.4	Upplösning	7
2.9	Begreppen återkomsttid, risk och sannolikhet	7
3	RESULTAT	9
3.1	Temperatur	9
3.1.1	Medeltemperatur för hela året	11
3.1.2	Medeltemperatur för vintern	12
3.1.3	Medeltemperatur för våren	13
3.1.4	Medeltemperatur för sommaren	14
3.1.5	Medeltemperatur för hösten	15
3.1.6	Värmeböljor	16
3.2	Nederbörd	17
3.2.1	Medelnederbörd för hela året	17
3.2.2	Medelnederbörd för vintern	19
3.2.3	Medelnederbörd för våren	20
3.2.4	Medelnederbörd för sommaren	21
3.2.5	Medelnederbörd för hösten	22
3.2.6	Största dygnsnederbörd	23
3.2.7	Största 7-dygnsnederbörd	24
3.2.8	Längsta torrperiod	25
3.3	Extrem korttidsnederbörd	26
3.3.1	Extrem nederbörd under 20 minuter	27
3.3.2	Extrem nederbörd under 1 timme	28
3.3.3	Extrem nederbörd under 3 timmar	29
3.3.4	Extrem nederbörd under 12 timmar	30
3.4	Vattentillgång och flöden	31

3.4.1	Vattentillgång för hela året.....	32
3.4.2	Vattentillgång för vintern.....	33
3.4.3	Vattentillgång för våren.....	34
3.4.4	Vattentillgång för sommaren.....	35
3.4.5	Vattentillgång för hösten.....	36
3.4.6	100-årsflöde.....	37
3.4.7	200-årsflöde.....	38
3.4.8	Lågflöden.....	39
3.5	Markfuktighet.....	40
3.6	Antal dagar med snötäcke.....	41
3.7	Havsnivåer.....	42
4	DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	43
5	REFERENSER.....	43
	BILAGA A. KARTOR ÖVER SPRIDNINGEN.....	45

1 Bakgrund och syfte

Den statliga utredningen ”En trygg dricksvattenförsörjning” (hädanefter benämnd Dricksvattenutredningen) ska identifiera nuvarande och potentiella utmaningar för en säker dricksvattenförsörjning i landet, på kort och lång sikt. Utgångspunkten ska bland annat vara klimatförändringarnas förväntade effekter på dricksvattenförsörjningen. Utredningen ska också lämna en uppdaterad beskrivning av hur klimatförändringarna kan komma att påverka olika delar av landet.

Som ett underlag till utredningen har SMHI tagit fram denna klimatanalys för parametrar som är relevanta för dricksvattenförsörjningen. Urvalet av dessa har beslutats i diskussion med Dricksvattenutredningen och dess referensgrupp för klimat. I en separat rapport till Dricksvattenutredningen (Persson, 2015) ges en översikt över hur klimatet i Sverige förändrats fram till 2014. Rapporterna är bilagor till delbetänkandet ”Klimatförändringar och dricksvattenförsörjning”, utgiven i maj 2015.

Föreliggande rapport tar inte upp konsekvenserna för dricksvattenförsörjningen utan stannar vid förändringar i temperatur, nederbörd, vattentillgång, snötäcke och havsnivåer. Rapporten grundar sig på de klimatscenarier som använts av FNs klimatpanel i dess femte utvärdering (AR5). En diskussion om hur dessa scenarier skiljer sig från de som användes i klimat- och sårbarhetsutredningen ingår.

Eftersom resultaten från AR5 presenterades så sent som 2013 så har arbetet präglats av ett intensivt utvecklingsarbete. Resultaten har krävt användande och delvis utveckling av ny metodik och resultaten kommer även fortsättningsvis att utvärderas av SMHI.

Det material som redovisas i denna rapport är översiktligt. Studier av lokala förhållanden kan kräva mer detaljerade beräkningar.

2 Metodik

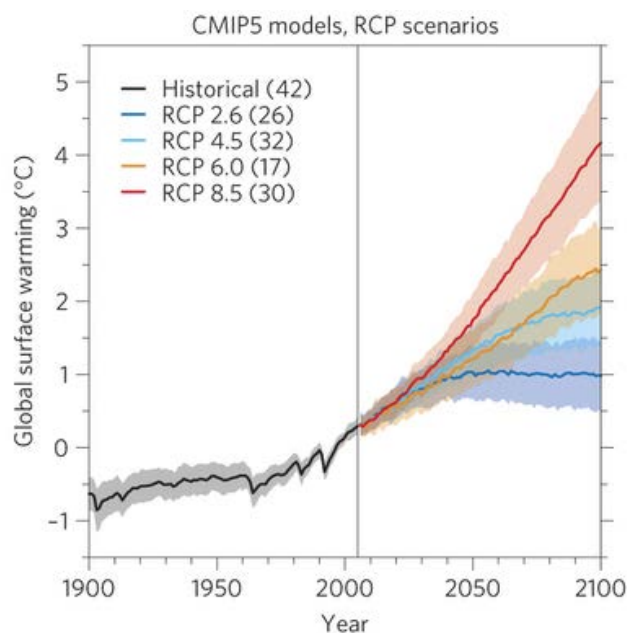
I analysen har de senaste resultaten från klimatforskningen använts för att producera detaljerade analyser av Sveriges framtida klimat. I följande avsnitt beskrivs metodiken och vilka antaganden som gjorts.

2.1 Utsläppsscenarioer

För att studera framtida klimat behövs först och främst antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. FN:s klimatpanel, IPCC, har utarbetat en grupp scenarier som forskare världen över använder sig av. I Klimatpanelens senaste sammanställning av det vetenskapliga läget (IPCC, 2013) användes en ny generation utsläppsscenarioer vid namn RCP (Representative Concentration Pathways, Moss m. fl., 2010), se Figur 2.1. RCP-scenarierna betecknas med siffror som anger den strålningsdrivning de olika utvecklingsvägarna ger upphov till år 2100. Strålningsdrivningen är skillnaden mellan mängden energi från solinstrålning som träffar jorden och hur mycket energi som jorden strålar ut till rymden igen. Denna energi mäts i enheten watt per kvadratmeter, W/m^2 . I den lägsta RCP:en handlar det om $2,6 W/m^2$ och i den högsta $8,5 W/m^2$.

RCP8.5, den röda linjen i figuren, är det mest högintensiva scenariot, vilket innebär att utsläppen av växthusgaser på jorden fortsätter att öka, de andra scenarierna innefattar någon form av politiska beslut som begränsar utsläppen.

Fokus har i forskarvärlden legat på RCP4.5 och RCP8.5, och detta avspeglas i antalet globala modeller som ingår i ensemblerna i figur 2.1 (se siffrorna inom parentes). Dessa två scenarier fanns också tillgängliga som kompletta ensembler vid analysens start.



Figur 2.1 Global uppvärmning relativt år 2000 för de fyra olika RCP-scenarierna beskriven av ensembler av flera globala modeller (antalet visas inom parentes). Från IPCC (2013).

RCP-scenarierna skiljer sig från de tidigare av FN:s Klimatpanel framtagna SRES-scenarierna då de inte är direkt kopplade till en specifik samhällsekonomisk utveckling. De innefattar dock några grundläggande antaganden, vilka listas i tabell 2.1.

Tabell 2.1 Antaganden som ligger till grund för utsläppsscenerierna RCP4.5 och RCP8.5.

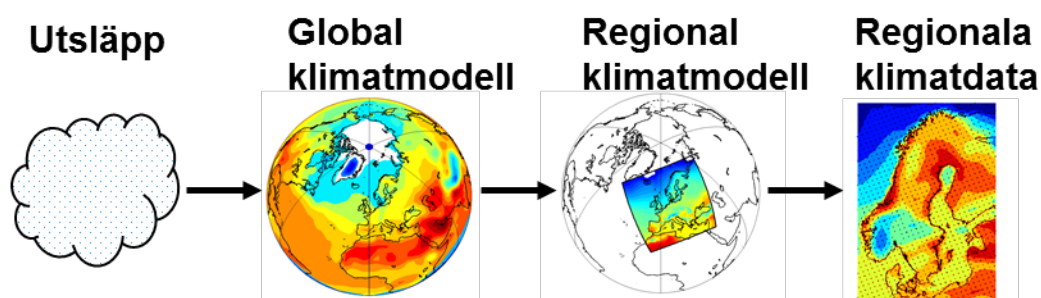
RCP4.5	RCP8.5
<ul style="list-style-type: none"> • Utsläppen av koldioxid ökar något och kulminerar omkring år 2040 • Befolkningsmängd något under 9 miljarder i slutet av seklet • Lågt arealbehov för jordbruksproduktion, bland annat till följd av större skördar och förändrade konsumtionsmönster • Omfattande skogsplanteringsprogram • Låg energiintensitet • Kraftfull klimatpolitik 	<ul style="list-style-type: none"> • Koldioxidutsläppen är tre gånger dagens vid år 2100 och metanutsläppen ökar kraftigt • Jordens befolkning ökar till 12 miljarder vilket leder till ökade anspråk på betes- och odlingsmark för jordbruksproduktion • Teknikutvecklingen mot ökad energieffektivitet fortsätter, men långsamt • Stort beroende av fossila bränslen • Hög energiintensitet. • Ingen tillkommande klimatpolitik

Genom att analysera resultat från RCP4.5 och RCP8.5 möjliggörs en jämförelse mellan effekterna av en framtid med höga utsläpp och en framtid med stora utsläppsbegränsningar.

2.2 Klimatmodeller

För att studera hur jordens klimatsystem reagerar på en förändrad strålningsbalans i atmosfären används en global klimatmodell (GCM). Modellen baseras på matematiska ekvationer som beskriver förhållanden mellan till exempel lufttryck, temperatur, fuktighet och vind. Modellen består av ett tredimensionellt rutnät som beskriver jordens atmosfär och dess återkoppling mellan land och hav. Varje ruta är i storleksordningen 200-300 km. Modellen simulerar hela jordens klimat och drivs av ett utsläppsscenario.

Upplösningen i den globala klimatmodellen gör informationen otillräcklig på regional skala, därför kopplas resultatet till en regional modell (RCM), som utför *dynamisk nedskalning*. Den regionala modellen har högre upplösning och kan därmed beskriva till exempel effekterna av den Skandinaviska fjällkedjan och Östersjön. Figur 2.2 beskriver dataflödet mellan klimatmodeller.












Figur 2.2 Illustration av beräkningsgången från utsläpp till regionala klimatdata.

2.3 Regionala klimatscenerier

Ett regionalt klimatscenario ges av kombinationen mellan utsläppsscenario, global klimatmodell och regional klimatmodell. Eftersom modellerna har olika egenskaper kan resultaten skilja sig åt. Genom att använda så många olika klimatscenerier som möjligt fås ett robustare resultat och statistiskt mått på osäkerheten i resultaten.

Rosby Centre har genomfört regional modellering för Europa baserat på data från nio olika globala klimatmodeller från olika institut, se tabell 2.2. Samtliga globala scenarier har skalats ner med den regionala klimatmodellen RCA4 (Strandberg 2014), för de två scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Detta ger totalt 18 klimatscenarier med upplösningen 50 km gånger 50 km. Dessa scenarier utgör underlaget i analysen. Det återstår att analysera hur RCA4 förhåller sig till andra regionala klimatmodeller.

Tabell 2.2 *Institut som utfört global klimatmodellering, vilka ligger till grund för den regionala nedskalningen med modellen RCA4.*

	Institut	Global klimatmodell
	CCCma, Kanada	CanESM2
	CNRM CERFACS, Frankrike	CNRM-CM5
	GFDL, USA	GFDL-ESM2M
	ICHEC, Europeiskt konsortium	EC-EARTH
	IPSL, Frankrike	IPSL-CM5A-MR
	MIROC, Japan	MIROC5
	MPI, Tyskland	MPI-EMS-LR
	NCC, Norge	NorESM1-M
	MOHC, Storbritannien	HadGEM2-ES

2.4 Analys av extrem korttidsnederbörd

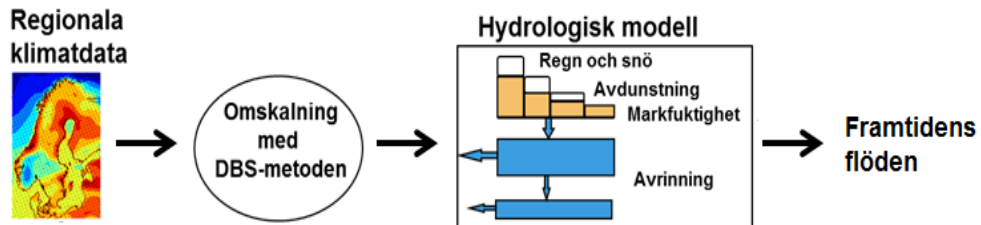
Analysen av extrem korttidsnederbörd utgår från resultaten av de regionala klimatmodellerna med en upplösning på 50 gånger 50 km. För varje gridruta i modellen och varje tidsperiod beräknades årliga maxvärden för 6 olika varaktigheter: 20 min, 1 tim, 3 tim, 6 tim, 12 tim och 1 dygn. En sannolikhetsfördelning (Gumbelfördelning (WMO, 1981)) anpassades för varje kombination av modellgridruta, tidsperiod och varaktighet. Ur denna fördelning beräknades nederbörden med 10 års återkomsttid. För varje kombination av modellgridruta och varaktighet beräknades därefter den relativa förändringen av 10-årsnederbörden från referensperioden till de båda perioderna 2021-2050 samt 2069-2098 (Olsson och Foster, 2013). Detta genomfördes för alla scenarier som ingår i de båda RCP-ensemblerna. För varje RCP-ensemble beräknades medelvärde samt max- och minförändring, avslutningsvis plottades resultatet i kartor över Sverige.

De regionala klimatmodellerna har en rumsupplösning på 50×50 km, vilket motsvarar ett avsevärt större område än den lokala skala på vilken extrem korttidsnederbörd har störst påverkan (ner till enskilda km²). I beräkningarna har man antagit att framtida förändringar på skala 50×50 km är representativa också för den lokala skalan, vilket inte behöver vara fallet.

2.5 Anpassning av klimatdata för effektstudier

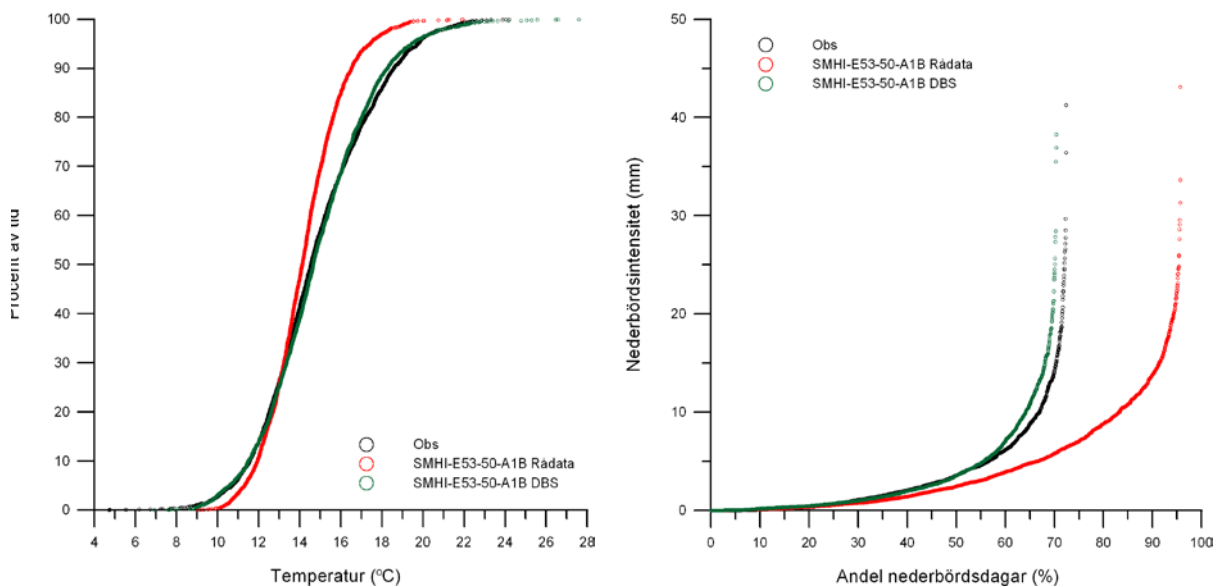
För användning av klimatmodellernas resultat i hydrologiska effektstudier krävs ett gränssnitt mellan klimatmodellen och den hydrologiska modellen. Anledningen är att

klimatmodellerna inte kan beskriva det nutida klimatet tillräckligt väl för att ge en rimlig hydrologisk respons. En metod som möjliggör en sådan anpassning är DBS-metoden (Distribution Based Scaling, Yang m.fl., 2010) som innebär att data från meteorologiska observationer används till att justera klimatmodellens resultat för att minimera de systematiska felen. Korrigeringsfaktorerna används vid beräkningen av framtidens klimat vilket leder till att klimatberäkningens utdata blir statistiskt jämförbart med observationer och kan användas som indata till en hydrologisk modell. Vid användning av DBS-metoden bibehålls både förändringar i medelvärden och de förändringar i klimatets variabilitet som ges av klimatmodellen. Se illustration av dataflödet vid DBS-skalering i figur 2.3.



Figur 2.3 Illustration av dataflödet från klimatmodeller till effektstudier via en hydrologisk modell.

Figur 2.4 visar exempel på en anpassning med DBS-metoden. Figuren visar rådata i form av temperatur och andel nederbördsdagar och deras nederbördsintensitet från en klimatmodell jämfört med när dessa rådata anpassats med DBS-metoden, dessutom visas observationer. Figuren visar att DBS-metoden väsentligt förbättrar överensstämmelsen med observerad data. Särskilt viktigt är att den överskattning av antal dagar med nederbörd som ges av klimatmodellen korrigeras.



Figur 2.4. Jämförelse mellan rådata från klimatmodeller och data som anpassats med DBS-metoden samt observationer. Till vänster dygnsmedeltemperatur (procent av tiden som viss dygnsmedeltemperatur underskrids och till höger nederbörd (andel dagar med olika nederbördsintensitet).

Anpassning av klimatmodelldata med hjälp av DBS-metoden används i denna studie för nederbörd och temperatur. Den observerade nederbörden och temperaturen har hämtats från den databas, PTHBV (Johansson, 2000; Johansson och Chen, 2003 och 2005), som SMHI byggt upp med särskild inriktning på hydrologisk modellering. Data från SMHIs meteorologiska stationer har i denna databas interpolerats till ett rutnät med upplösningen

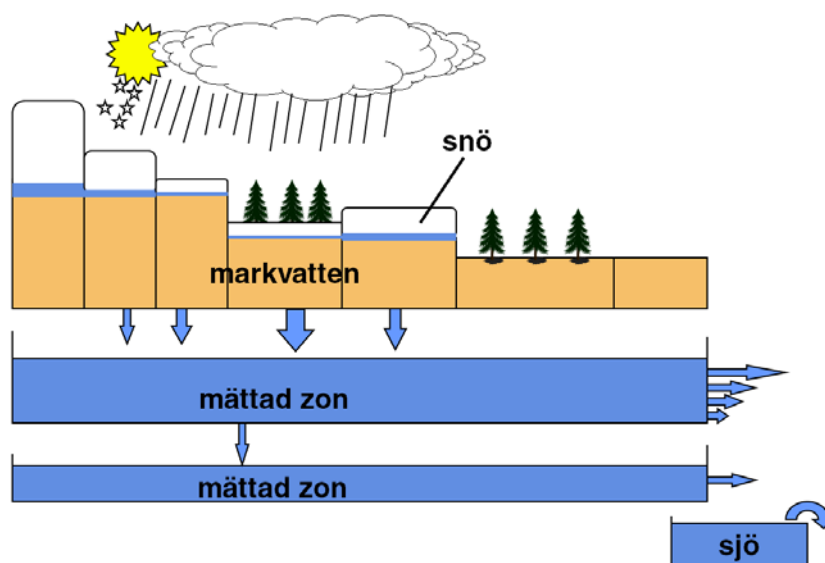
4 km med hjälp av en geostatistisk interpolationsmetod som benämns optimal interpolation.

En förutsättning när DBS-metoden används är att resultaten för framtida tidsperioder jämförs med historiskt klimat så som detta beskrivs av klimatmodellen och inte av meteorologiska observationer. Metoden innebär också att det inte är möjligt att jämföra individuella dagar eller år med observationsdata.

2.6 Hydrologisk modell

Till denna analys har den hydrologiska modellen HBV använts (Figur 2.5). Modellen beräknar daglig avrinning genom enkel fysikalisk beskrivning och kalibreras specifikt för olika vattendrag. Grunden är tre huvudmoduler; beräkning av snöns ackumulation och avsmältning, beräkning av markvatten samt beräkning av vattnets väg och dess påverkan från fysiska faktorer, så som terräng (Lindström m.fl., 1997). HBV-modellens beräkningsområden baseras på naturliga avrinningsområden och i dessa områden fördelas markarean på skog och öppen mark samt delas in i höjdzoner. Nederbördsberäkningarna görs separat för varje höjdzon och vegetationstyp. I modellen sker korrektioner av nederbörd och temperatur med avseende på höjd.

Den uppsättning av HBV-modellen som använts inom detta projekt går under namnet HBV-Sverige och täcker i stort sett hela Sveriges yta. Uppsättningen delar in Sverige i ca 1000 avrinningsområden. HBV-Sverige har tidigare använts av SMHIs hydrologiska prognos och varningstjänst samt i tidigare klimatanalyser.



Figur 2.5 Beskrivning av HBV-modellens struktur för ett beräkningsområde.

2.7 Tidsperioder

För att studera en klimatförändring jämförs framtida medelvärden med medelvärden för en historisk period, en så kallad referensperiod. I enlighet med internationell praxis används i denna analys den så kallade standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod för meteorologiska variabler. Vid hydrologiska analyser har det inte varit möjligt att använda samma referensperiod, då de hydrologiska modellerna kräver en startsträcka på två år för att uppnå en jämvikt i vattenbalansen. Den hydrologiska referensperioden är därför 1963-1992.

För analys av framtidsklimatet har två perioder valts; 2021-2050 och 2069-2098, som båda omfattar 30 år. Ordet *klimatsignal* som används i analysen betyder skillnaden mellan två tidsperioder för en viss parameter.

2.8 Osäkerheter och tolkning av resultat

Det finns stora osäkerheter i studier av framtida klimat och de mest fundamentala beskrivs i följande stycken. Det är viktigt att ha dessa i åtanke vid tolkning av analyserna.

2.8.1 Utsläppsscenarioer

RCP-scenarierna är inte (som i tidigare scenarier) kopplade till givna socioekonomiska scenarier eller utsläppsscenarioer, utan utvecklingsbanorna kan nås genom en mängd olika kombinationer av ekonomiska, teknologiska, demografiska och politiska utvecklingar. Genom att studera fler utsläppsscenarioer fås ett mått på osäkerheten för de olika parametrarna beroende på den framtida utvecklingen. I denna analys ingår två RCP-scenarier, RCP8.5 motsvarar en fossilintensiv framtid med höga utsläpp och RCP4.5 innefattar kraftiga utsläppsminskningar. Resultaten för dessa scenarier presenteras separat för varje enskild parameter och det är viktigt att påpeka att inget av de två scenarierna är mer sannolikt än den andra, utan att de tillsammans ger en bild av framtidsutvecklingen.

2.8.2 Klimatmodeller

Klimatmodeller har begränsningar i upplösning och kan inte beskriva alla detaljer i jordens klimatsystem. Olika klimatmodeller är uppbyggda på olika sätt och kan beskriva klimatet olika även om samma utsläppsscenario används. Ett vanligt sätt att hantera dessa skillnader är att använda en mängd resultat från olika klimatmodeller som skapar en *ensemble*, som kan beskriva spridningen hos modellerna. I denna studie används resultat från nio olika globala klimatmodeller, se Tabell 2.2. För varje parameter har ett medelvärde av ensemblen beräknats, samt min- och maxvärdet för att visa på spridningen i resultaten.

2.8.3 Naturlig variabilitet

Varje klimatmodell skapar sitt eget klimat och kan därför inte förväntas ligga i fas med det verkliga klimatet på kort tidsskala, på grund av den *naturliga variabiliteten* som finns i klimatsystemet. En väl fungerande klimatmodell ska dock kunna beskriva medelvärden och variabilitet under en längre tidsperiod med tillräcklig precision, t.ex. korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod. Därför är det viktigt att tolkningen av tidsserier koncentreras till långsiktiga trender snarare än till absoluta värden.

2.8.4 Upplösning

I denna analys har klimatsceniordata skalats ned med DBS-metoden, vilket innebär en förändring av den geografiska upplösningen. Den högre upplösningen är nödvändig för att kunna använda klimatscenarioer i hydrologiska beräkningar. DBS-metoden är utformad så att klimatsignalen, d.v.s. skillnaden i klimat mellan två tidsperioder, ska påverkas så lite som möjligt. Det betyder att vid analys av differenser kommer upplösningen från den regionala klimatmodellen att bli tydlig, vilket framträder som ett 50 km gånger 50 km stort rutnönster i kartorna. Detta är inget beräkningsfel utan en effekt av DBS-skaleringen då klimatsceniornas låga upplösning ska anpassas till den höga upplösning som observationsdata har. Viktigt att ha i åtanke är att inte tolka varje enskild ruta utan se helheten i resultatet.

De meteorologiska resultaten i analysen har en upplösning på 4x4 km. Vid studier av absoluta medelvärden anses resultaten vara robusta och representativa för varje gridruta. Vid studier av extremvärden ökar osäkerheten i den geografiska detaljrikedomen och enskilda gridrutor kan ge mycket missvisande resultat. Därför rekommenderas att ta ett antal gridrutor i beaktande vid lokala extremvärdesanalyser, en tumregel är 5-10 stycken. Kartor som visar skillnader i temperatur eller nederbörd mellan referensperiod och framtida förhållanden har interpolerats och utjämnade kartsnitt visas i rapporten.

2.9 Begreppen återkomsttid, risk och sannolikhet

Med en händelses återkomsttid menas att händelsen inträffar eller överträffas i genomsnitt en gång under denna tidsperiod. Det innebär att sannolikheten för exempelvis ett 100-årsflöde är 1 på 100 för varje enskilt år. Eftersom exponeringen för risken sker under flera

år blir den ackumulerade sannolikheten stor. För t.ex. ett hus som står i 100 år i ett område som endast är skyddat mot ett 100-årsflöde, är sannolikheten för översvämning under denna tid hela 63 %. Detta är skälet till att större dammar ofta dimensioneras för återkomsttider på, eller till och med bortom, 10 000 år. Då blir ändå sannolikheten under 100 års exponeringstid ca 1 %. Tabell 2.3 visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikheten.

Tabell 2.3 Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent.

Återkomsttid (år)	Sannolikhet under 50 år (%)	Sannolikhet under 100 år (%)
100	39	63
1000	5	9,5
10 000	0,5	1

Beräkning av återkomsttider sker med en teknik som kallas frekvensanalys och försvåras om dataserierna är korta eller om de är påverkade av regleringar i vattendrag. Det innebär exempelvis att ett 100-årsflöde kan komma att ändras när nya data kommer in.

3 Resultat

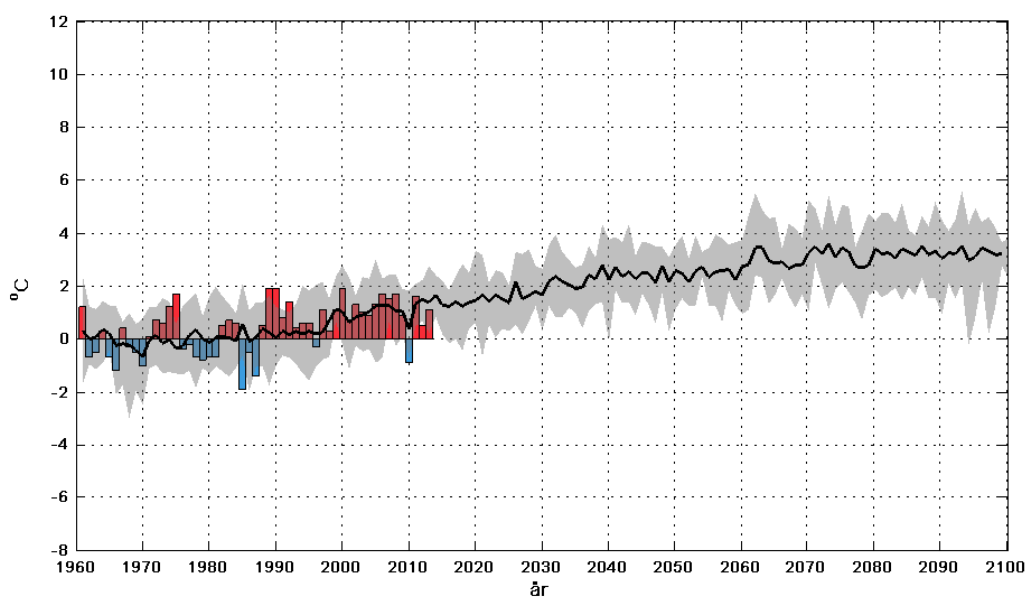
Kartorna som visas i kapitel 3 baseras på ett medelvärde för nio globala klimatmodeller för respektive utsläppsscenario RCP4.5 och RCP8.5. I bilaga A finns kartor som visar max- och minvärden. Detta ger en bild av spridningen mellan de olika beräkningarna.

3.1 Temperatur

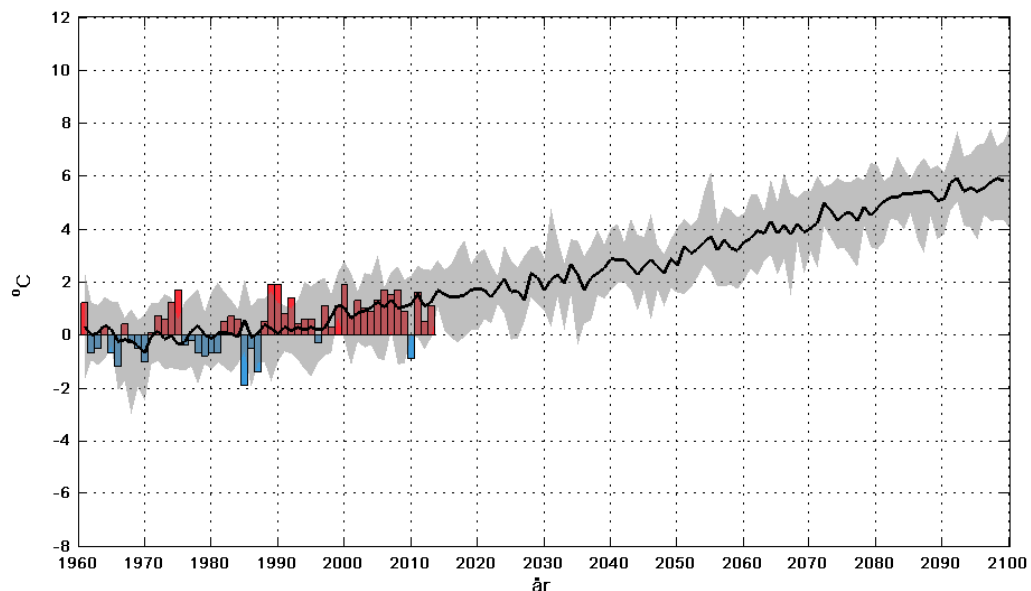
I följande avsnitt redovisas beräknade framtida förändringar av lufttemperaturen i Sverige. Först visas beräknad utveckling under perioden 1961 till 2100 för hela landet (figur 3.1 och 3.2). Därefter jämförs perioderna 2021-2050 och 2069-2098 med referensperioden 1961-1990. Slutligen visas den beräknade framtida utvecklingen av värmeböljor.

Lufttemperaturen väntas öka succesivt under detta århundrade (figur 3.1 och 3.2). Spridningen mellan de olika scenarierna är stor, men samtliga förutsäger en ökad temperatur. RCP4.5 innebär i medeltal en ökning på ca 3 grader till slutet av seklet jämfört med perioden 1961-1990. För RCP8.5 är ökningen större, i medeltal ca 6 grader till slutet av seklet.

Vattentemperaturen i sjöar och vattendrag beror till stor del på temperaturen i luften. Det finns dock en årstidsfördröjning eftersom vattnet värms upp långsammare än luften på våren och kyls ner långsammare på hösten. Några beräkningar har inte gjorts för framtida vattentemperaturer, men det kan antas att även de stiger när lufttemperaturen stiger.



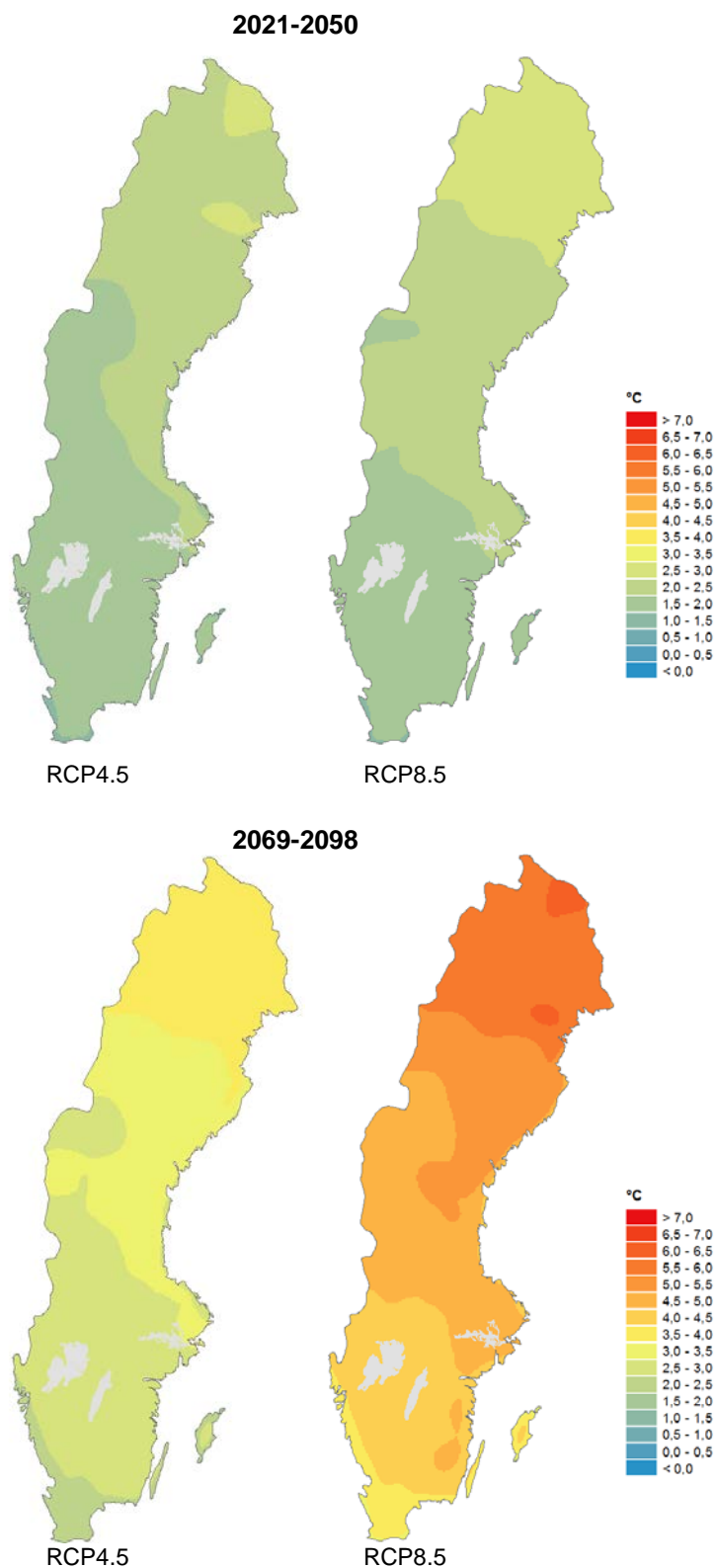
Figur 3.1 Beräknad förändring av årsmedeltemperaturen (°C) i Sverige under åren 1961-2100 jämfört med den normala (medelvärdet för 1961-1990). Staplarna visar historiska data som är framtagna från observationer, röda staplar visar temperaturer högre än den normala och blå staplar temperaturer lägre än den normala. Den svarta kurvan visar ett medelvärde för en ensemble med nio klimatscenarier för scenario RCP4.5. Det grå fältet visar variationsbredden mellan det högsta och lägsta värdet för medlemmarna i ensemblen.



Figur 3.2 *Beräknad förändring av årsmedeltemperaturen (°C) i Sverige under åren 1961-2100 jämfört med den normala (medelvärdet för 1961-1990). Staplarna visar historiska data som är framtagna från observationer, röda staplar visar temperaturer högre än den normala och blå staplar temperaturer lägre än den normala. Den svarta kurvan visar ett medelvärde för en ensemble med nio klimatscenarier för scenario RCP8.5. Det grå fältet visar variationsbredden mellan det högsta och lägsta värdet för medlemmarna i ensemblen.*

3.1.1 Medeltemperatur för hela året

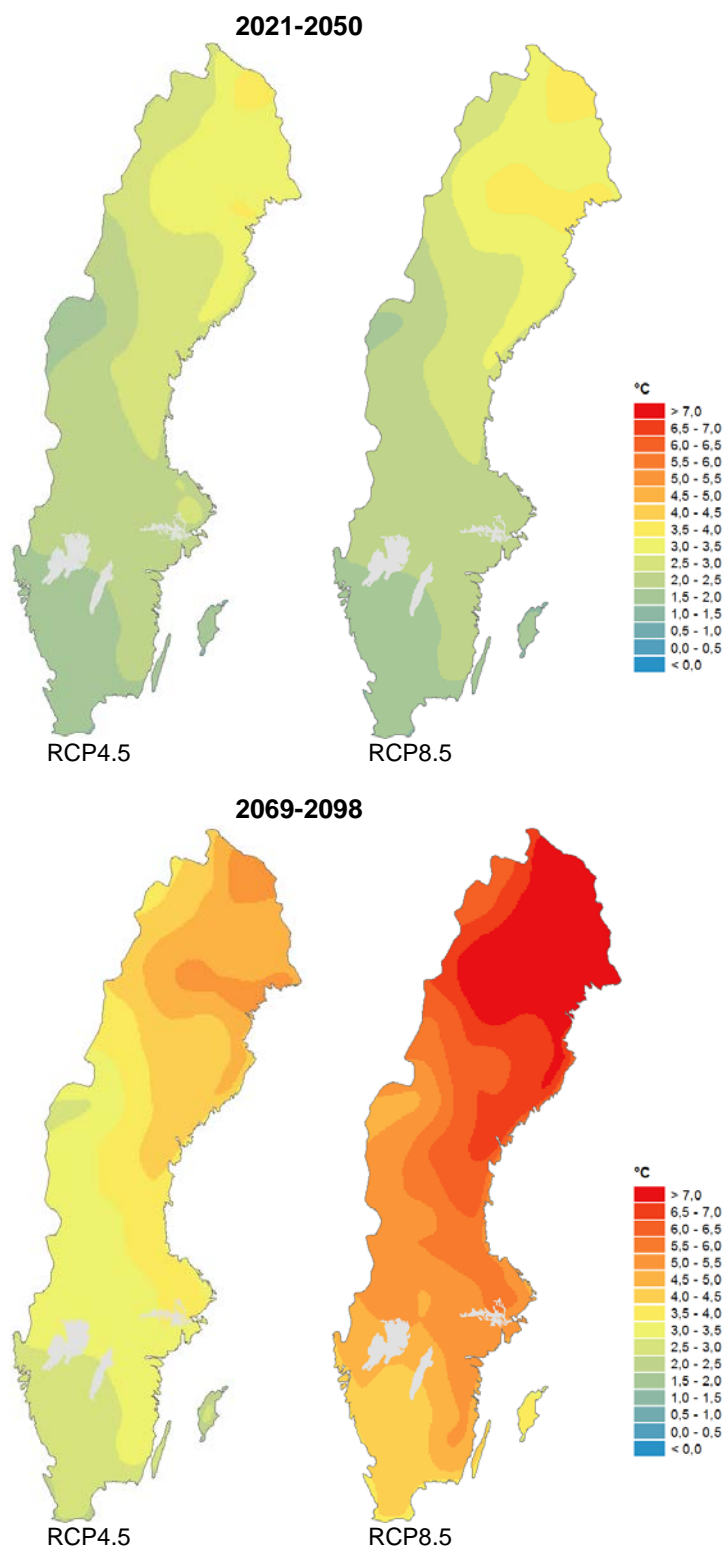
Kartor över den beräknade förändringen av årsmedeltemperaturen för Sverige redovisas i figur 3.3. Som framgår av figuren beräknas temperaturen bli högre i hela landet i framtidens klimat. Störst beräknas ökningen bli i norr, vilket överensstämmer med tidigare resultat från såväl SMHI som IPCC. Skillnaderna mellan de två utsläppsscenarierna är små för perioden 2021-2050 men ökar mot slutet av århundradet.



Figur 3.3 Förändring (grader) av årets medeltemperatur mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.1.2 Medeltemperatur för vintern

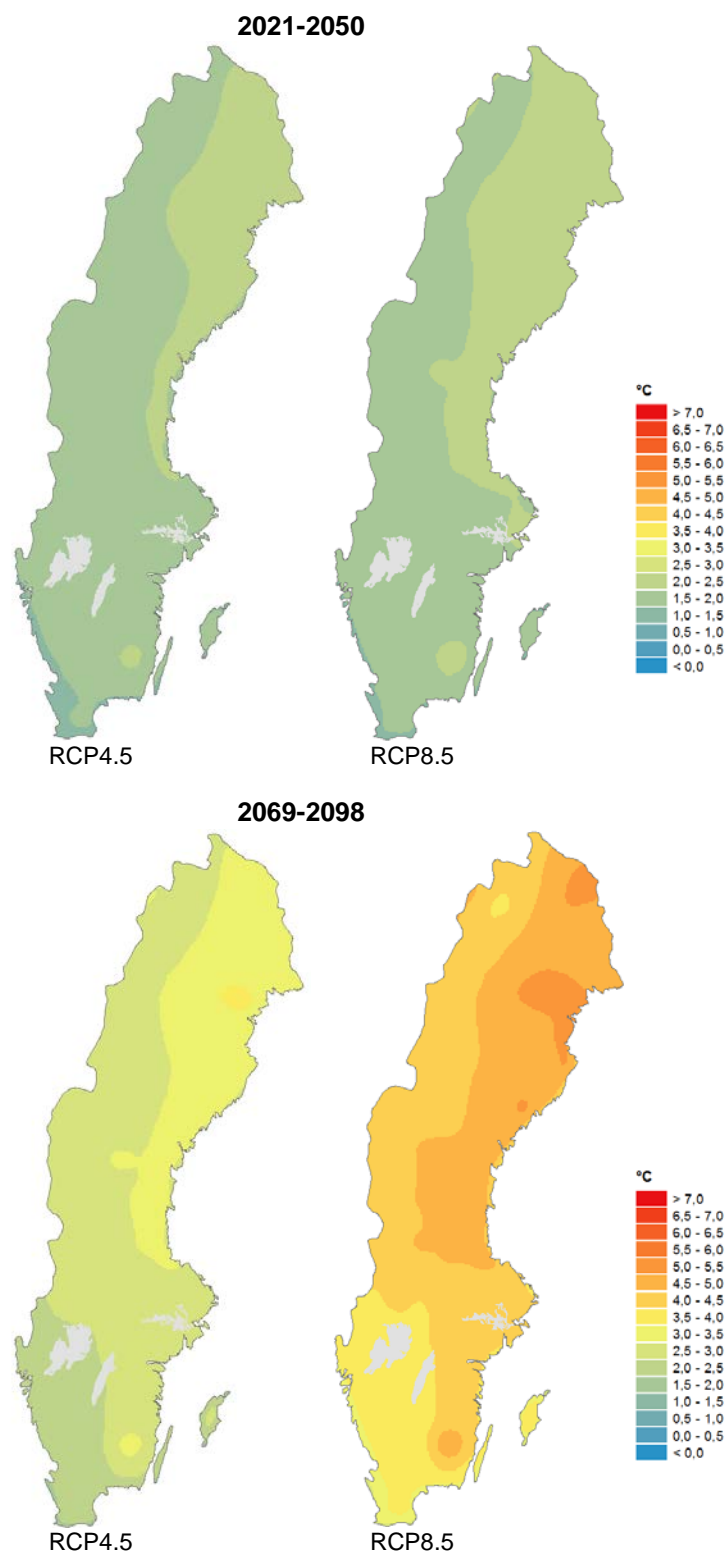
Den beräknade förändringen av vinterns (december, januari och februari) medeltemperatur redovisas i figur 3.4. Vintertemperaturen beräknas stiga mer än årsmedeltemperaturen, med den största ökningen i norra Sverige.



Figur 3.4 Förändring (grader) av medeltemperatur för vintern (december, januari och februari) mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.1.3 Medeltemperatur för våren

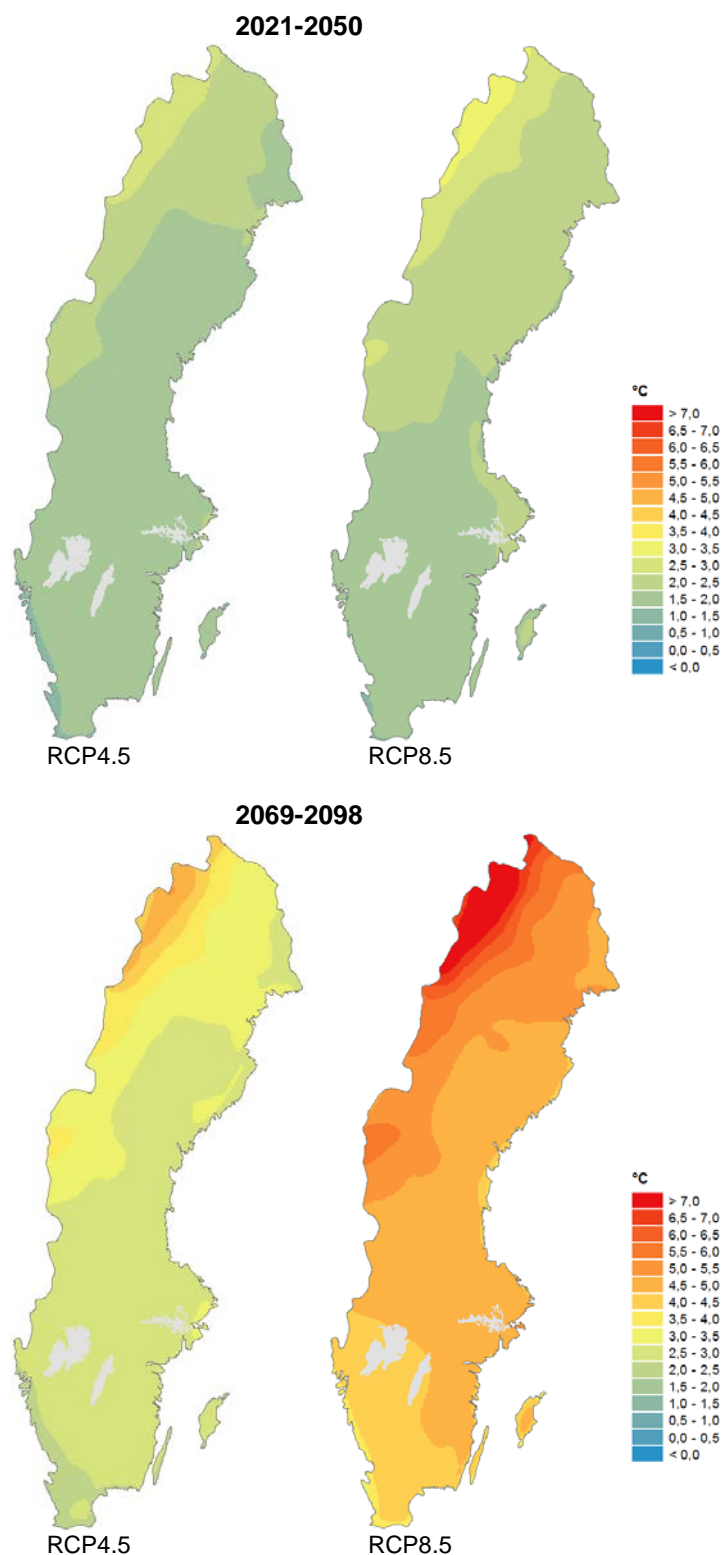
Den beräknade förändringen av vårens (mars, april och maj) medeltemperatur redovisas i figur 3.5. Vårens medeltemperatur beräknas stiga ungefär i nivå med årsmedeltemperaturen, med den största ökningen i nordöstra Sverige.



Figur 3.5 Förändring (grader) av medeltemperatur för våren (mars, april och maj) mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.1.4 Medeltemperatur för sommaren

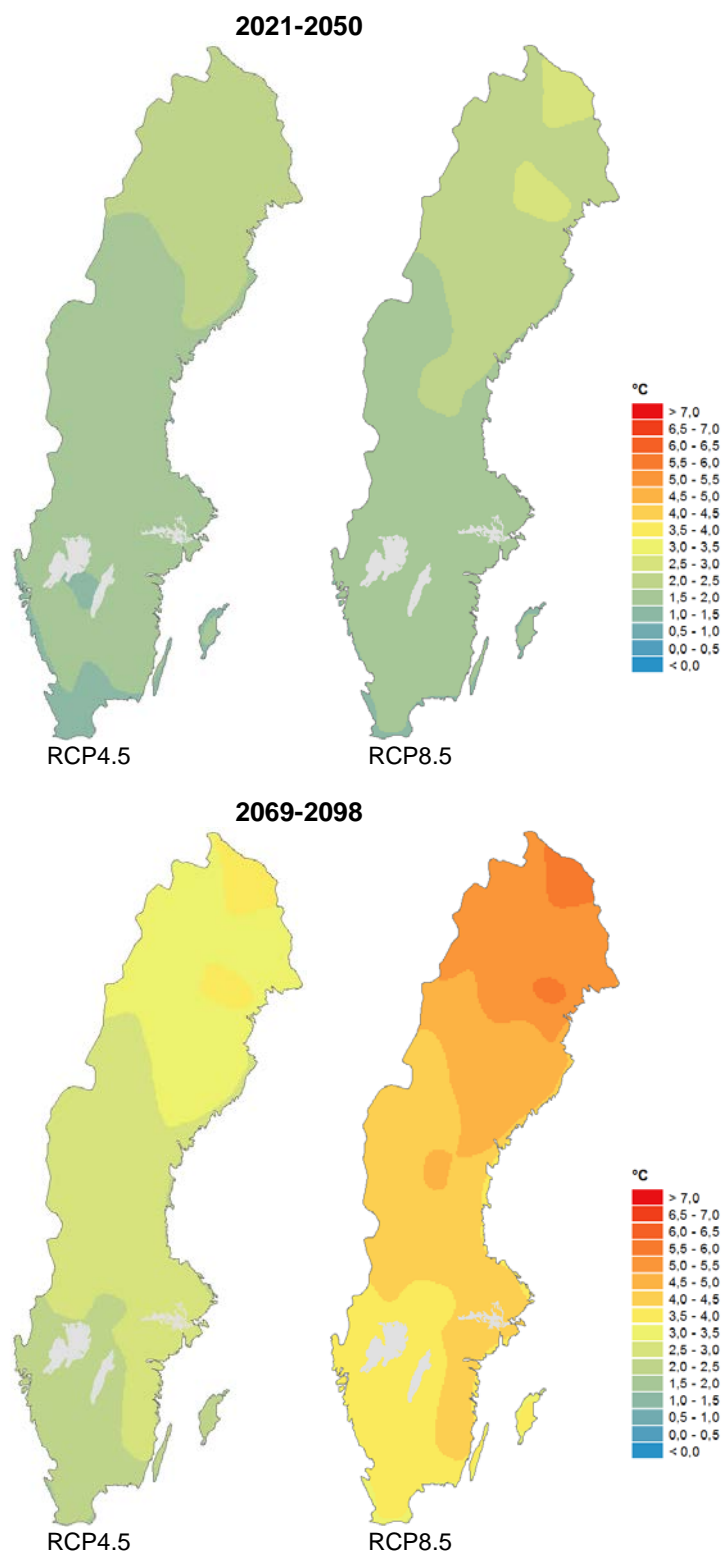
Den beräknade förändringen av sommarens (juni, juli och augusti) medeltemperatur redovisas i figur 3.6. Sommarens medeltemperatur beräknas stiga något mindre än årsmedeltemperaturen. Uppvärmningen blir mest påtaglig i fjälltrakterna.



Figur 3.6 Förändring (grader) av medeltemperatur för sommaren (juni, juli och augusti) mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.1.5 Medeltemperatur för hösten

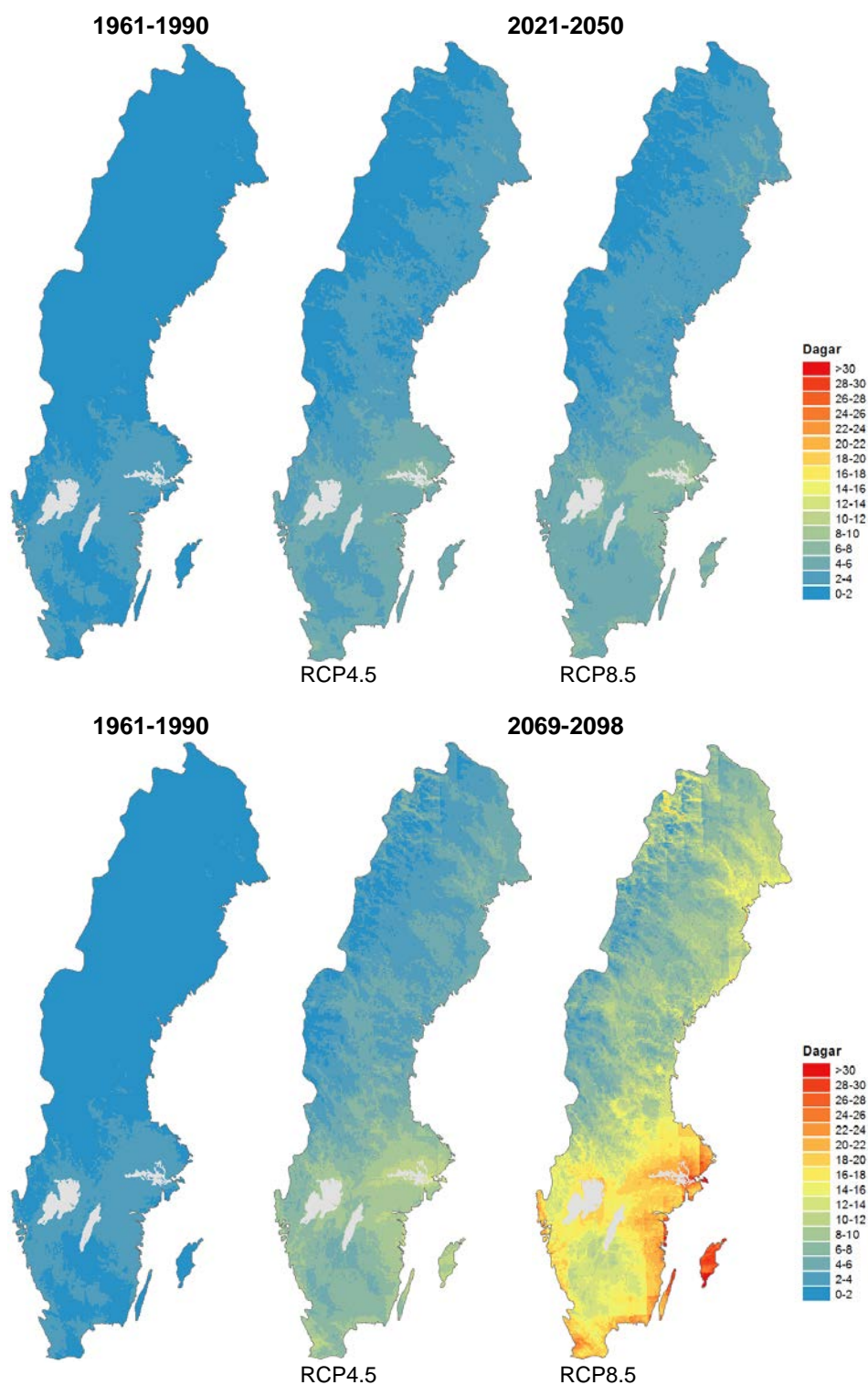
Den beräknade förändringen av höstens (september, oktober och november) medeltemperatur redovisas i figur 3.7. Uppvärmningen under hösten beräknas bli ganska lik den som gäller för hela året med de högsta värdena i norr.



Figur 3.7 Förändring (grader) av medeltemperatur för hösten (september, oktober och november) mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098

3.1.6 Värmeböljor

Den framtida beräknade förekomsten av värmeböljor visas i figur 3.8. En värmebölja definieras här som ett medelvärde för varje års maximalt antal sammanhängande dagar med en dygnsmedeltemperatur över +20°C. Beräkningarna visar en framtida ökning av förekomsten av långa värmeböljor i stort sett i hela landet. Speciellt påtagligt är detta för södra Sverige.



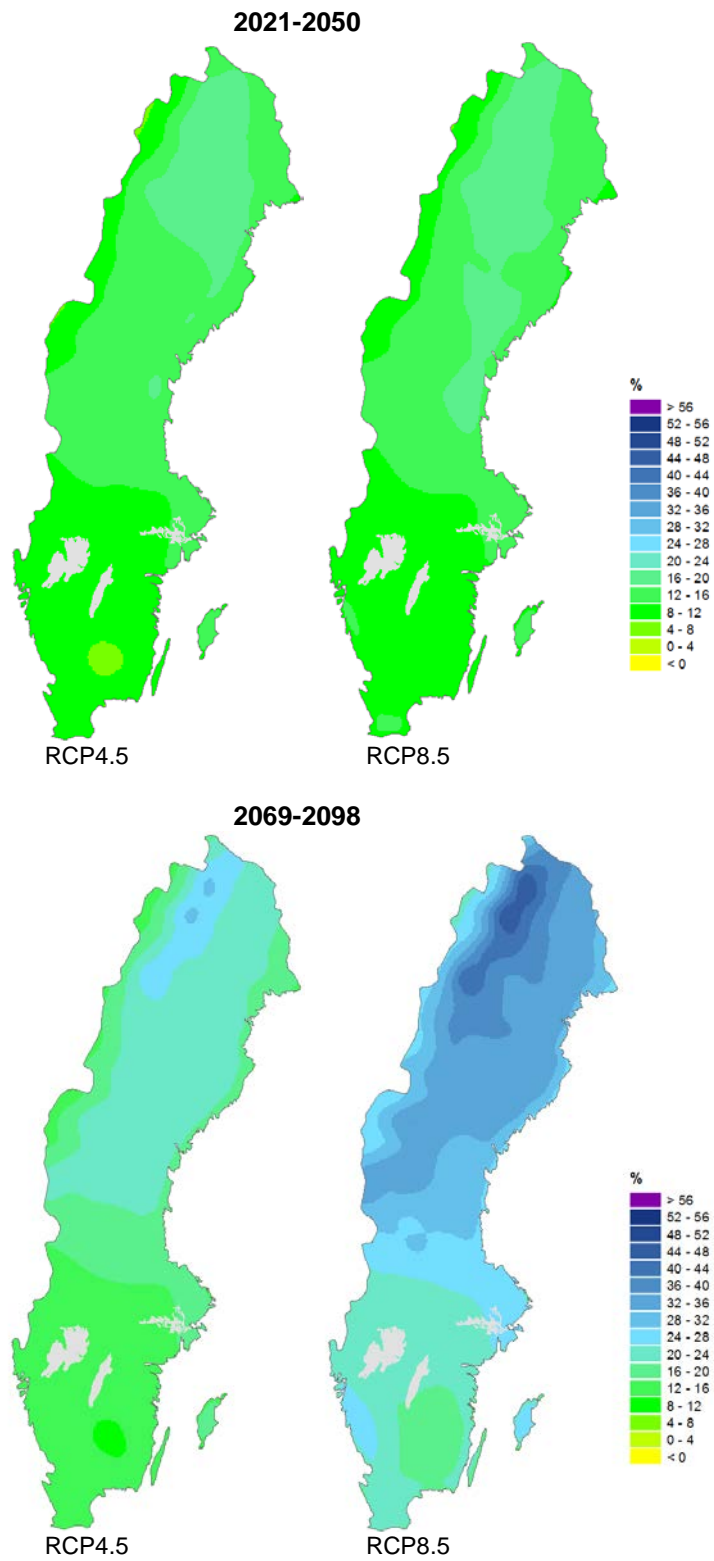
Figur 3.8 Maximalt antal sammanhängande dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C för referensperioden 1961-1990 samt för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.2 Nederbörd

I följande avsnitt redovisas beräknade framtida förändringar av nederbörden per år, årstid samt för de högsta värdena under ett dygn respektive för en 7-dygnsperiod, som procentuell förändring mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.2.1 Medelnederbörd för hela året

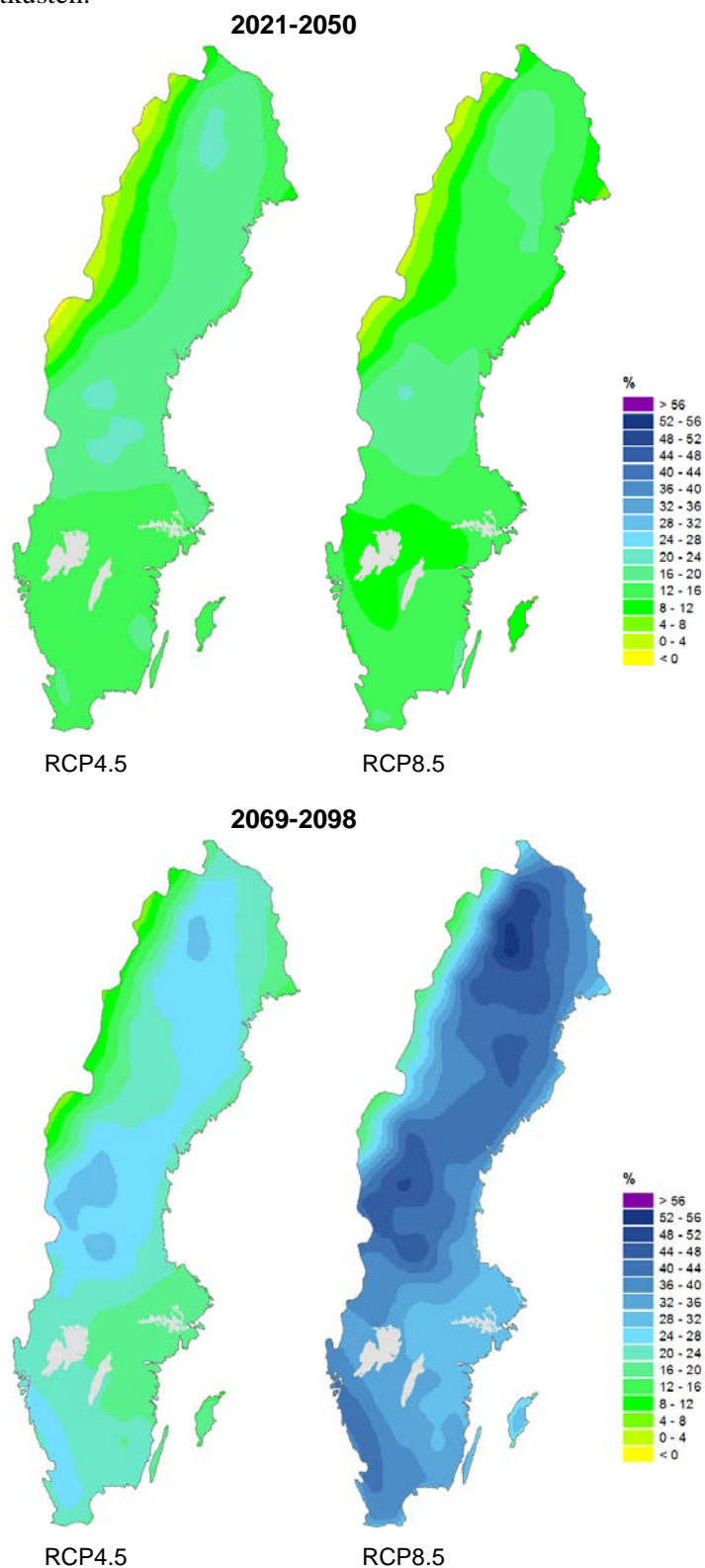
Den beräknade procentuella förändringen av medelnederbörden redovisas i figur 3.9. Som framgår av figuren beräknas nederbörden öka i hela landet i framtidens klimat. Störst beräknas ökningen bli i Norrlands inland. Skillnaderna mellan de två utsläppsscenarierna är små för perioden 2021-2050 men ökar mot slutet av århundradet.



Figur 3.9 Förändring (%) av årets medelnederbörd mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.2.2 Medelnederbörd för vintern

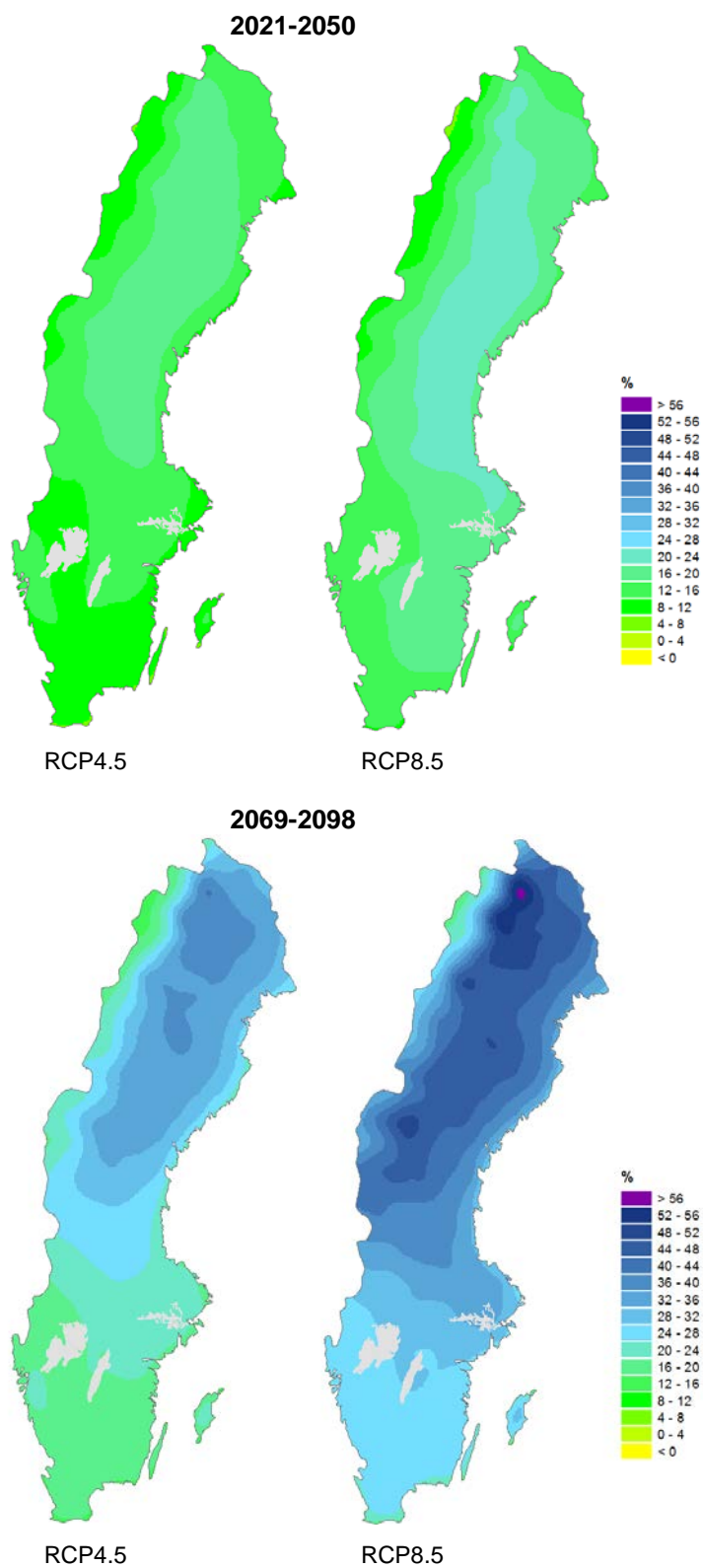
Den beräknade procentuella förändringen av vinterns (december, januari och februari) medelnederbörd redovisas i figur 3.10. Liksom för årsmedelnederbörden beräknas vinterns nederbörd öka i hela landet i framtidens klimat. Relativt sett blir ökningen dock större för vintern än för året som helhet. Störst beräknas ökningen bli i Norrlands inland samt på Västkusten.



Figur 3.10 Förändring (%) av medelnederbörd för vintern (december, januari och februari) mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.2.3 Medelnederbörd för våren

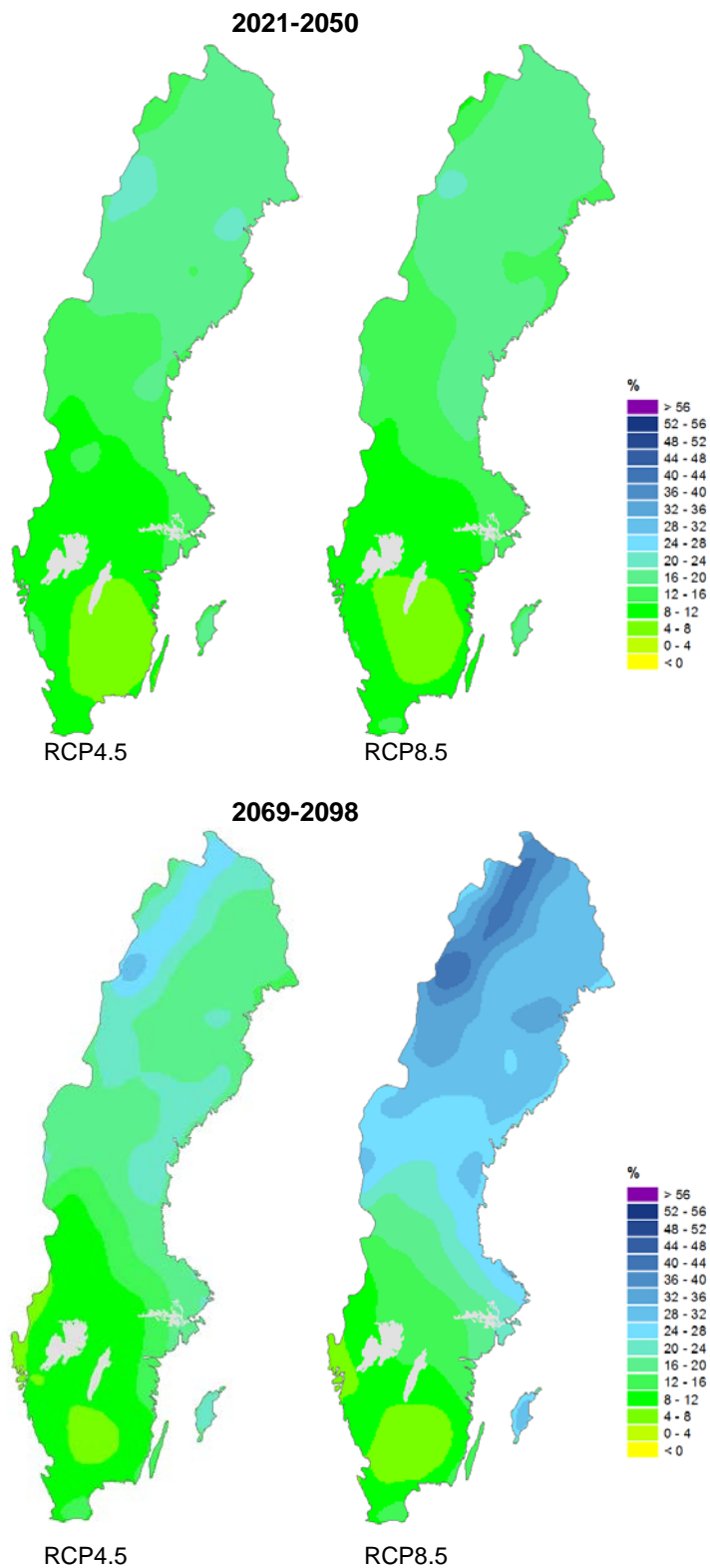
Den beräknade procentuella förändringen av vårens (mars, april och maj) medelnederbörd redovisas i figur 3.11. Liksom för vintern beräknas vårens nederbörd öka mer än årsmedelnederbörden. Störst beräknas ökningen bli i Norrlands inland.



Figur 3.11 Förändring (%) av medelnederbörd för våren (mars, april och maj) mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.2.4 Medelnederbörd för sommaren

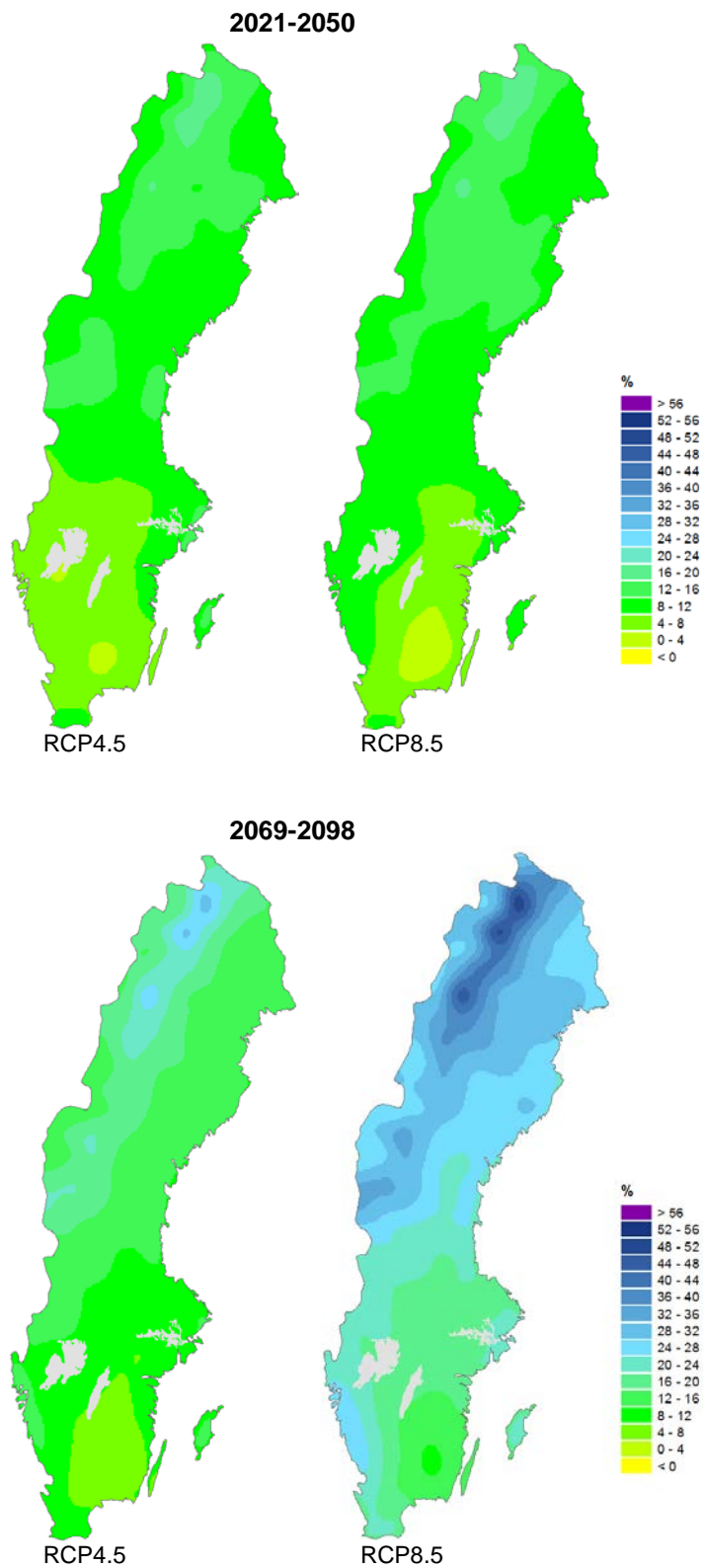
Den beräknade procentuella förändringen av sommarens (juni, juli och augusti) medelnederbörd redovisas i figur 3.12. Sommarens nederbörd beräknas öka i hela landet i framtidens klimat men ökningen blir mindre för sommaren än för året som helhet och vintern och våren. Störst beräknas ökningen bli i Norrland.



Figur 3.12 Förändring (%) av medelnederbörd för sommaren (juni, juli och augusti) mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.2.5 Medelnederbörd för hösten

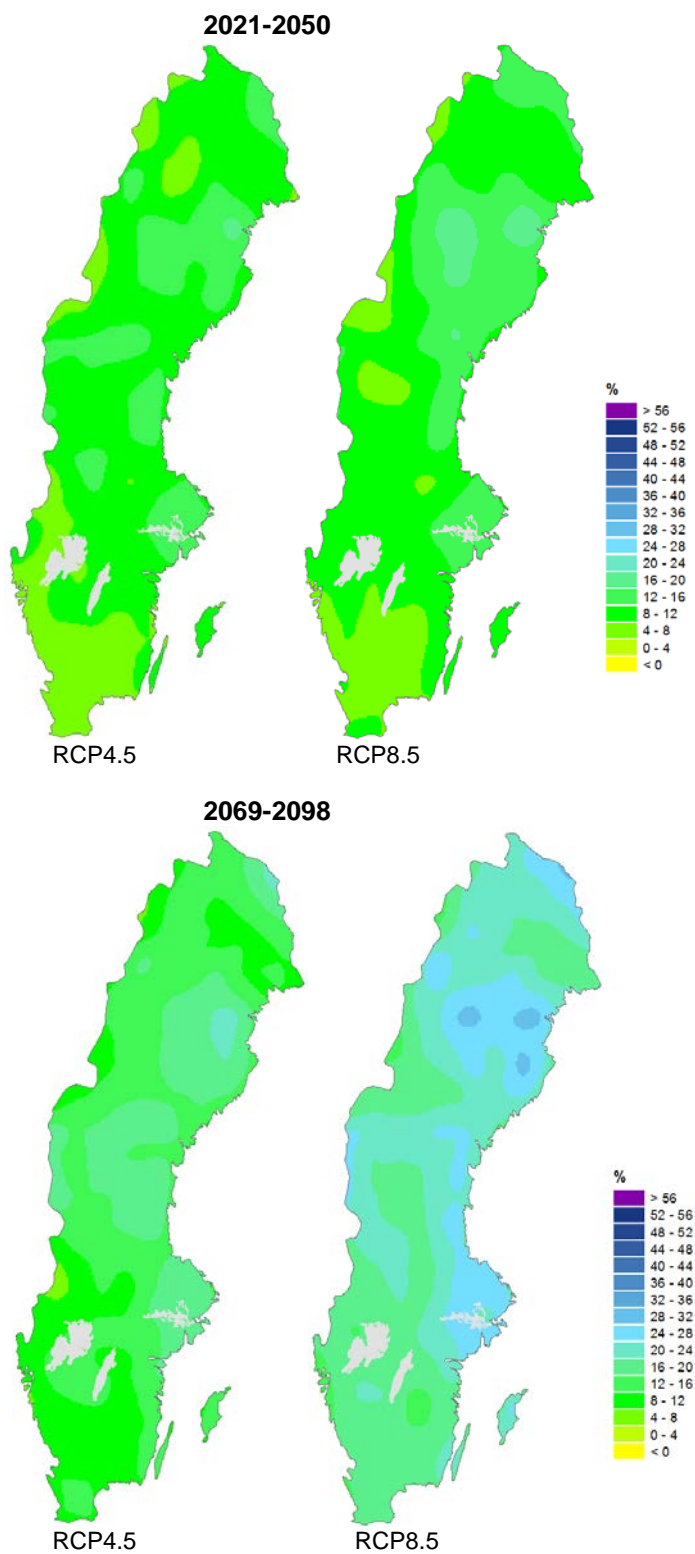
Den beräknade procentuella förändringen av höstens (september, oktober och november) medelnederbörd redovisas i figur 3.13. Höstens nederbörd beräknas öka i hela landet i framtidens klimat, men liksom för sommaren blir ökningen mindre än för året som helhet och vintern och våren. Störst beräknas ökningen bli i Norrland och längs Västkusten.



Figur 3.13 Förändring (%) av medelnederbörd för hösten (september, oktober och november) mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.2.6 Största dygnsnederbörd

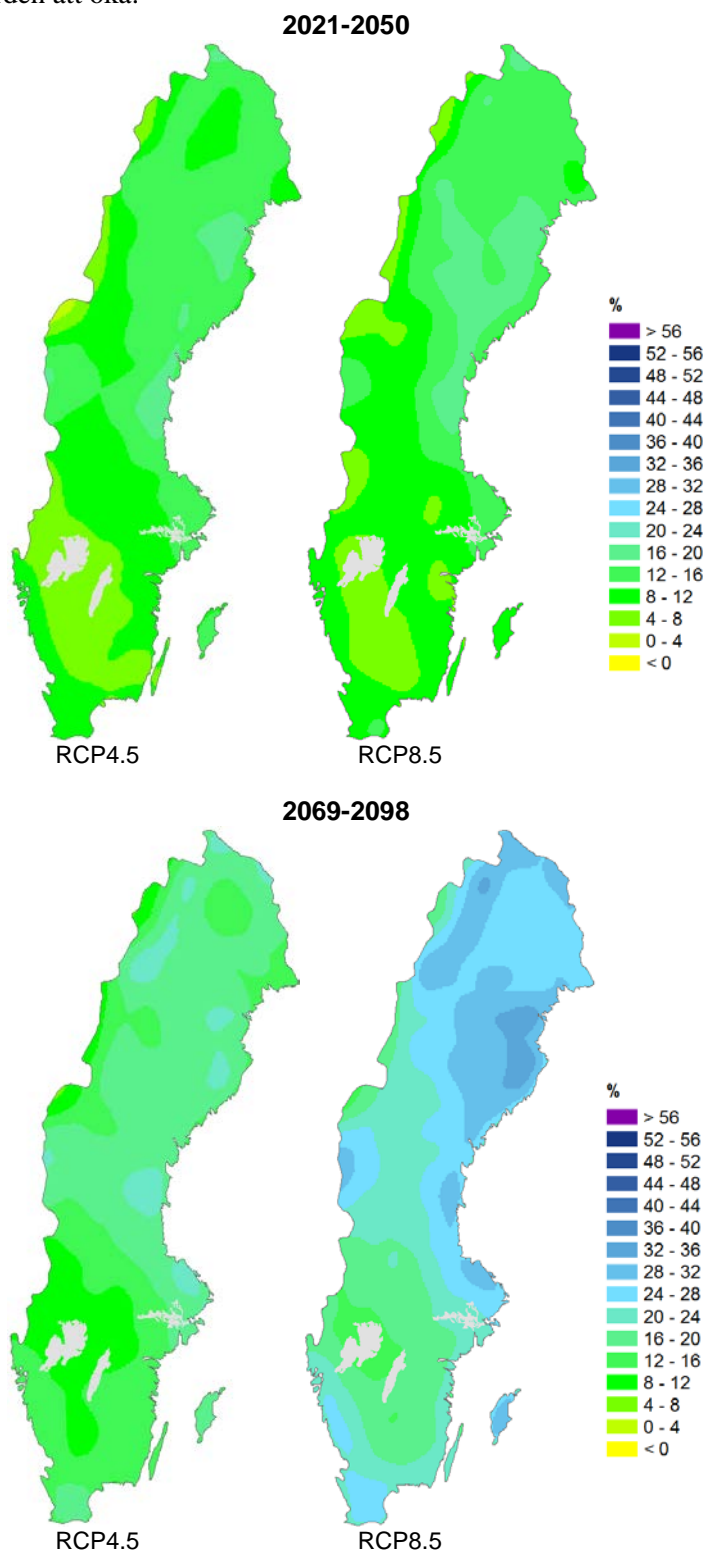
Den beräknade procentuella förändringen av den största dygnsnederbörden redovisas i figur 3.14. Den största dygnsnederbörden är ett medelvärde för varje års högsta dygnsnederbörd under 30-årsperioden. Den största dygnsnederbörden beräknas öka i hela landet i framtidens klimat. Ökningen är förhållandevis likartad över hela landet med en tendens till ett maximum i mellersta Norrland.



Figur 3.14 Förändring (%) av den största dygnsnederbörden mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.2.7 Största 7-dygnsnederbörd

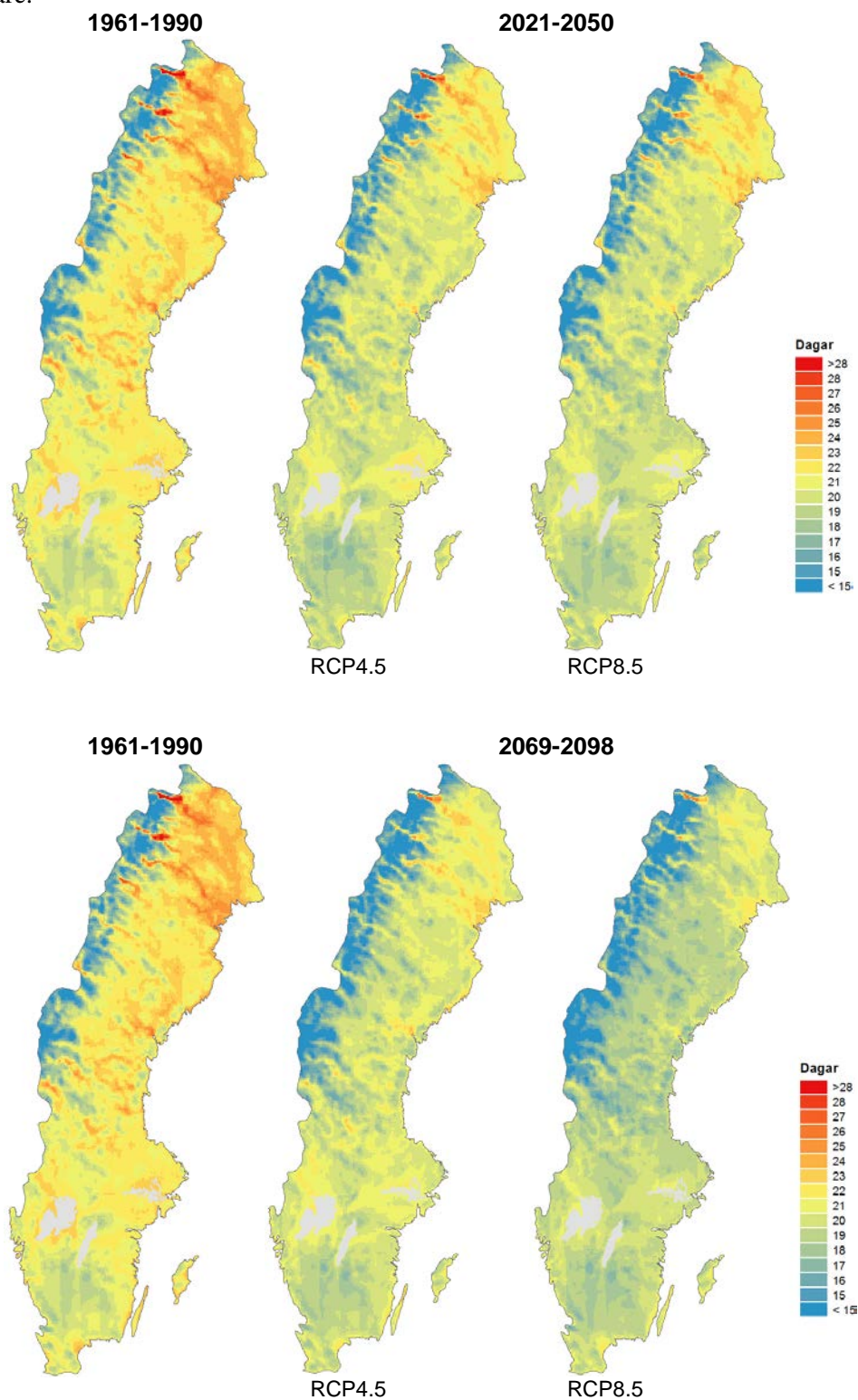
I figur 3.15 visas den beräknade procentuella förändringen av den största 7-dygnsnederbörden mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 samt 2069-2098. Den största 7-dygnsnederbörden är ett medelvärde för varje års högsta 7-dygnsnederbörd under 30-årsperioden. I den största delen av landet väntas den största 7-dygnsnederbörden att öka.



Figur 3.15 Förändring (%) av den största 7-dygnsnederbörden mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.2.8 Längsta torrperiod

Längsta torrperiod definieras här som ett medelvärde av maximalt antal sammanhängande dagar per år med nederbörd mindre än 1 mm. I figur 3.16 visas den beräknade längsta torrperioden för referensperioden 1961-1990 samt för perioderna 2021-2050 och 2069-2098. I stora delar av landet väntas de längsta perioderna utan nederbörd bli något kortare.



Figur 3.16 Maximalt antal sammanhängande dagar per år med nederbörd mindre än 1 mm för referensperioden 1961-1990 samt för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.3 Extrem korttidsnederbörd

Extrem nederbörd under kortare tid än ett dygn är främst av intresse för bedömningen av översvämningsrisker i tätorter samt spridning av föroreningar och andra ämnen. I avsnitt 3.3 redovisas beräkningar av förändringen av extrem korttidsnederbörd med återkomsttiden 10 år. Det betyder att sannolikheten för att detta värde inträffar eller överskrids under ett givet år på en given plats är 10 %.

Ändring i den extrema korttidsnederbörden visas för varaktigheterna 20 min, 1 timme, 3 timmar och 12 timmar, för de båda RCP-scenarierna och för de båda tidsperioderna 2021-2050 och 2069-2098 (tabell 3.1). För samtliga fall beräknas medelvärdet att öka och den största ökningen väntas för regn med 20 minuters varaktighet. Ökningen av extrem korttidsnederbörd uppvisar inga tydliga regionala skillnader.

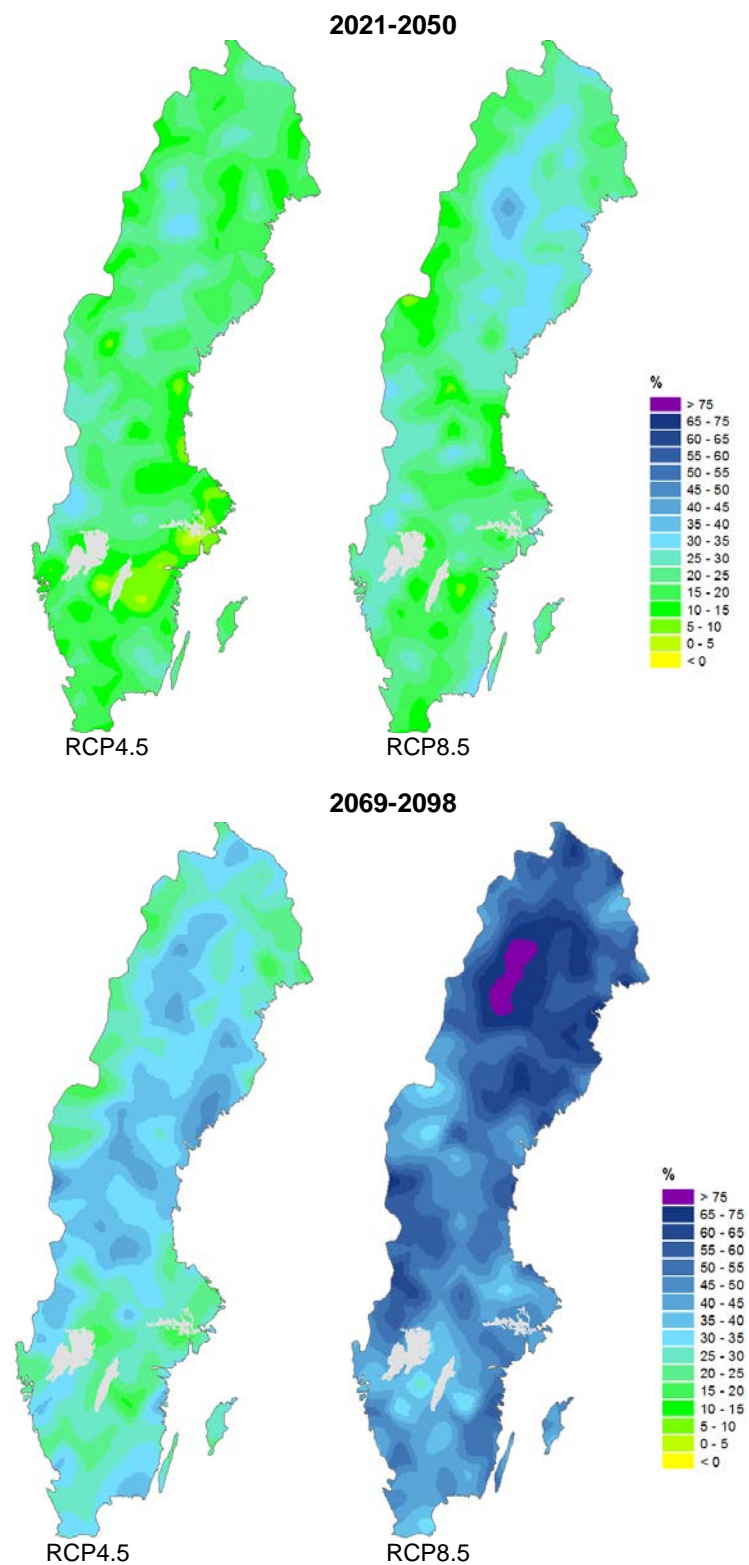
I figur 3.17-3.20 visa resultatet i kartform. I bilaga A visas även kartor för förändring i extremnederbörd för 6 timmar och 24 timmar.

Tabell 3.1 Procentuell ökning av korttidsnederbörd med 10 års återkomsttid från 1961-1900 till de båda perioderna 2021-2050 och 2069-2098. Beräkningen är gjord för olika varaktigheter på regnet och för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Tabellen visar ett medelvärde för hela landet och för samtliga scenarier.

Varaktighet	2021-2050		2069-2098	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
20 min	19	23	30	51
1 timme	14	16	20	34
3 timmar	13	13	17	29
12 timmar	12	14	18	29

3.3.1 Extrem nederbörd under 20 minuter

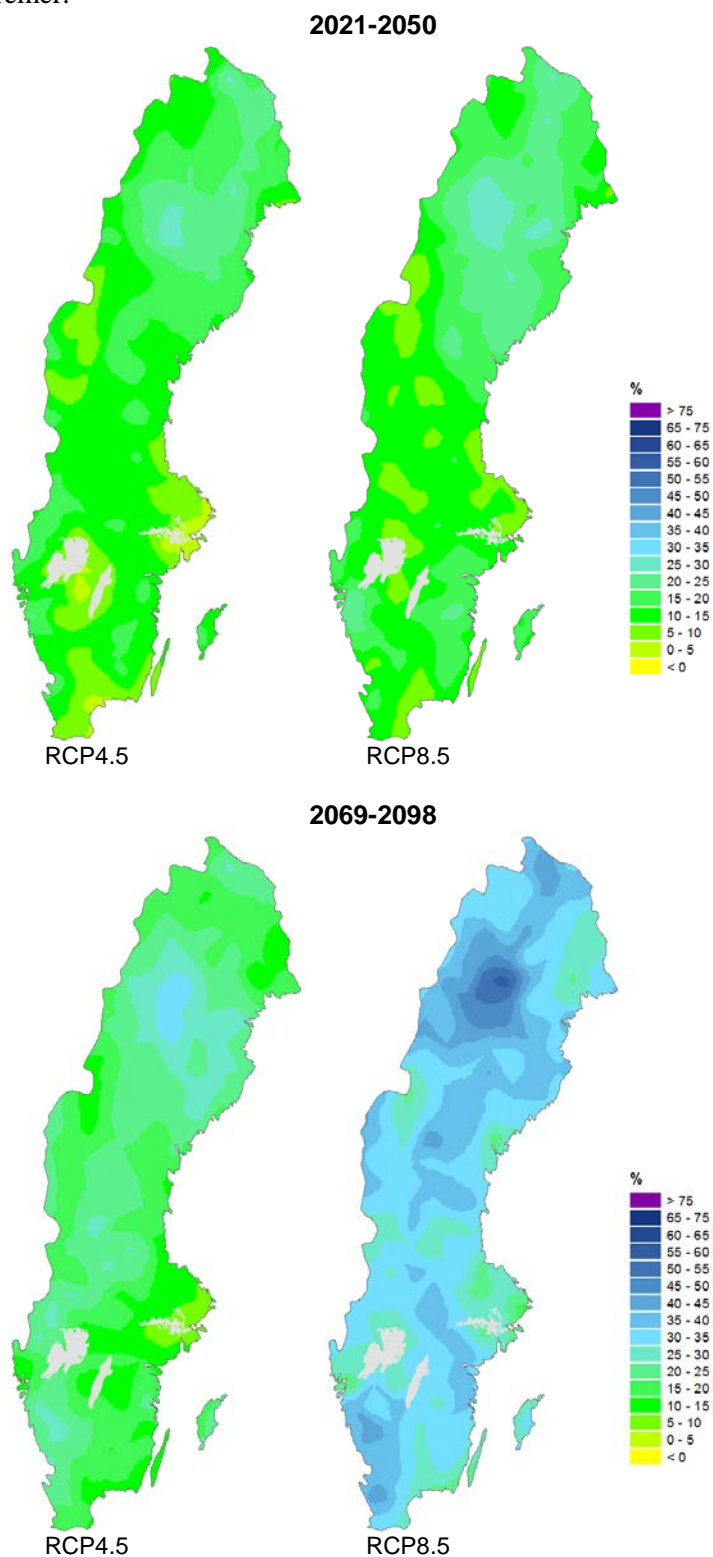
I figur 3.17 visas beräkningar av förändringen av extrem nederbörd under 20 minuter med återkomsttiden 10 år. Resultaten visar att extrem nederbörd under denna korta tidsperiod beräknas öka betydligt mer än nederbörden för tidsperioden en timme eller mer.



Figur 3.17 Förändring (%) av 20-minutersnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.3.2 Extrem nederbörd under 1 timme

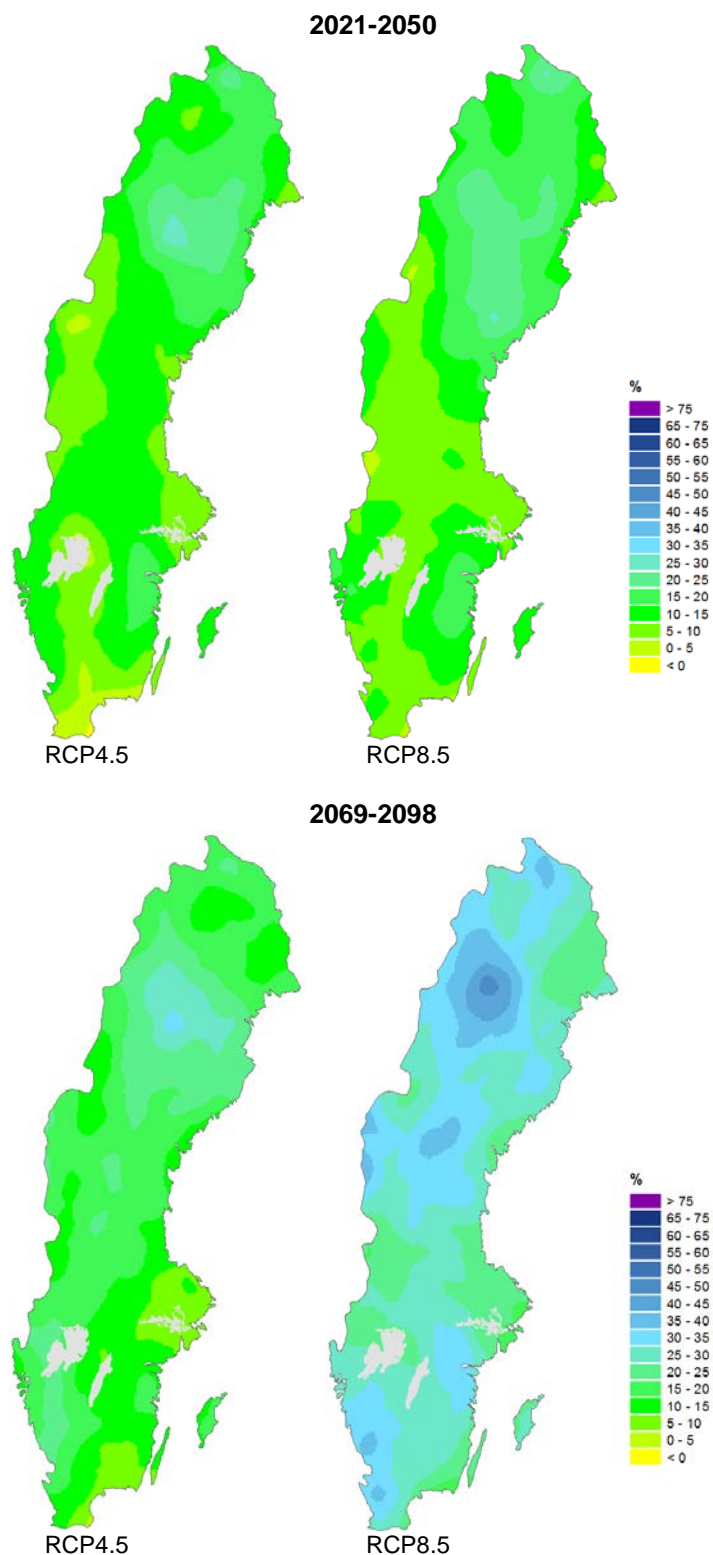
I figur 3.18 visas beräkningar av förändringen av extrem nederbörd under 1 timme med återkomsttiden 10 år. Resultaten visar att även 1-timmeextremer beräknas öka betydligt mer än nederbörden under längre tidsperioder, men inte lika mycket som 20-minutersextremer.



Figur 3.18 Förändring (%) av 1-timmesnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.3.3 Extrem nederbörd under 3 timmar

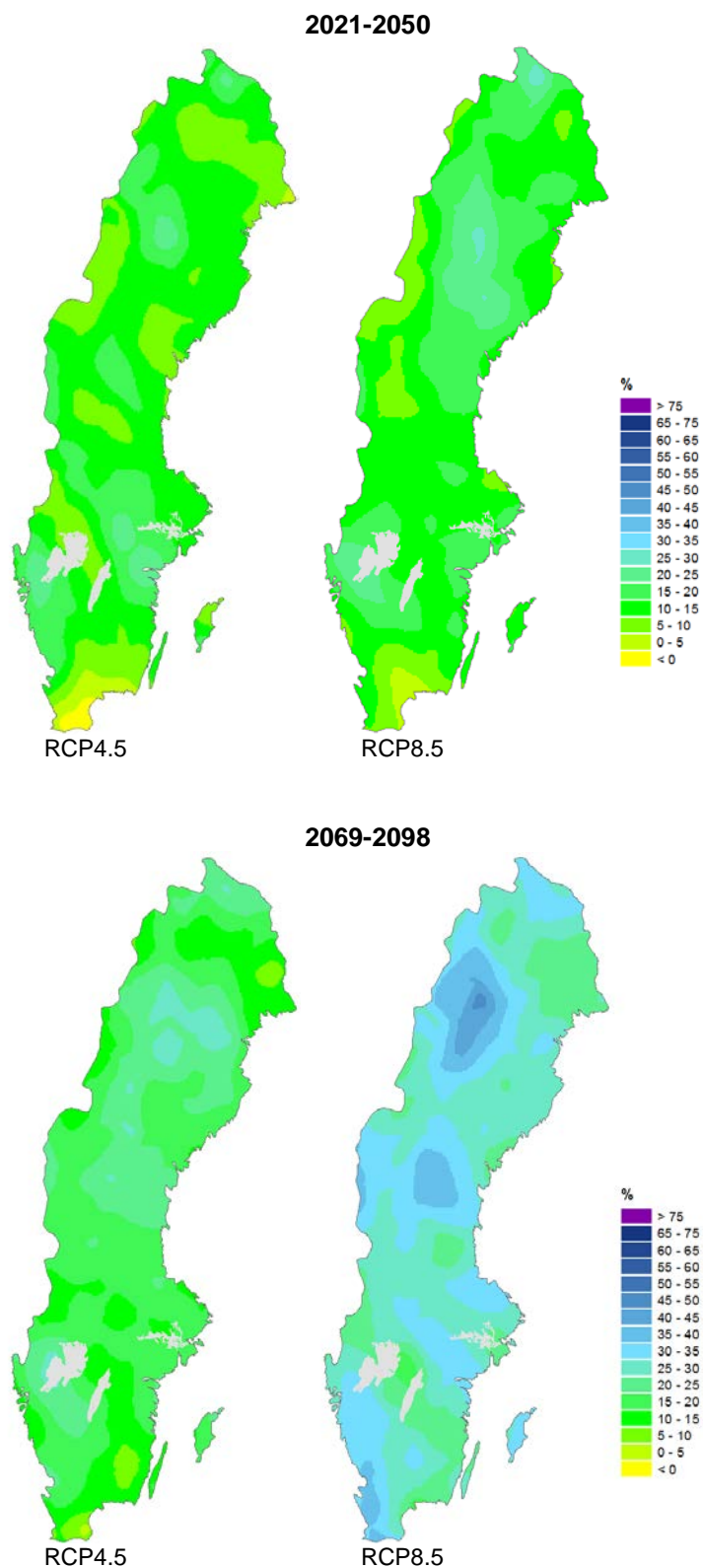
I figur 3.19 visas beräkningar av förändringen av extrem nederbörd under 3 timmar med återkomsttiden 10 år. Resultaten visar att 3-timmarsextremer beräknas öka över hela landet.



Figur 3.19 Förändring (%) av 3-timmarsnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.3.4 Extrem nederbörd under 12 timmar

I figur 3.20 visas beräkningar av förändringen av extrem nederbörd under 12 timmar med återkomsttiden 10 år. Resultaten visar att 12-timmarsextremer beräknas öka i princip i hela landet.



Figur 3.20 Förändring (%) av 12-timmarsnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.4 Vattentillgång och flöden

Vattentillgång och vattenflöden beror av nederbörd, snösmältning och avdunstning. I vissa fall är det den ökade nederbörden som påverkar vattentillgången mest, medan det i andra fall är den ökade avdunstningen eller den förändrade snösmältningen. Framtidens vattentillgång kommer därför att förändras på olika sätt i olika delar av landet.

Förändringen kan också skilja sig för de olika parametrarna; vattentillgång, extrema flöden och lågflöden.

Vid perioder med kraftigt regn eller stor snösmältning kan vattendrag och sjöar översvämmas. I städer orsakas översvämningar vanligtvis av kraftig nederbörd under en kort tid, vilket behandlas i avsnitt 3.3.

Termen vattentillgång används för att beskriva hur stor tillgång på vatten det i medeltal finns i vattendragen. För att studera extrema flöden används s.k. 100-årsflöde (och 200-årsflöde) som är ett flöde som i genomsnitt inträffar en gång under en 100-årsperiod (200-årsperiod). Förekomst av lågflöden uttrycks som antal dagar med låga flöden i dagens och framtidens klimat.

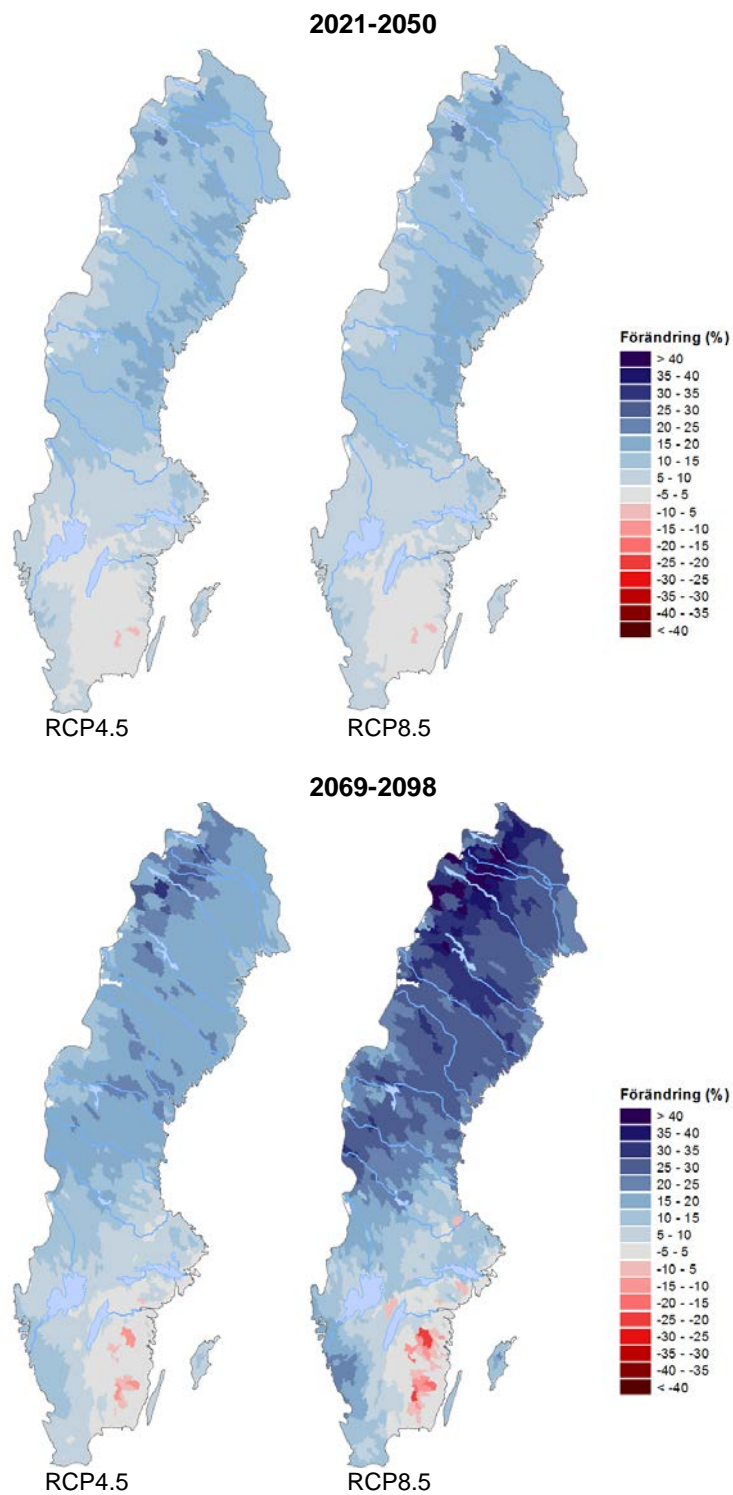
I följande avsnitt (3.4) redovisas den beräknade framtida förändringar av vattentillgången i Sverige per år, årstid samt extremvärde med en återkomsttid på 100 respektive 200 år samt förändringar i lågflöden.

Liksom för nederbörd och temperatur är beräkningarna baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda utsläppsscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Den hydrologiska modellen är HBV-modellen som i detta fall satts upp för ca 1000 avrinningsområden i landet.

I samtliga beräkningar av vattentillgång och flöden används åren 1963-1992 som referensperiod. För framtida klimat används perioderna 2021-2050 och 2069-2098. Spridningen mellan resultat baserade på olika globala klimatmodeller redovisas i bilaga A.

3.4.1 Vattentillgång för hela året

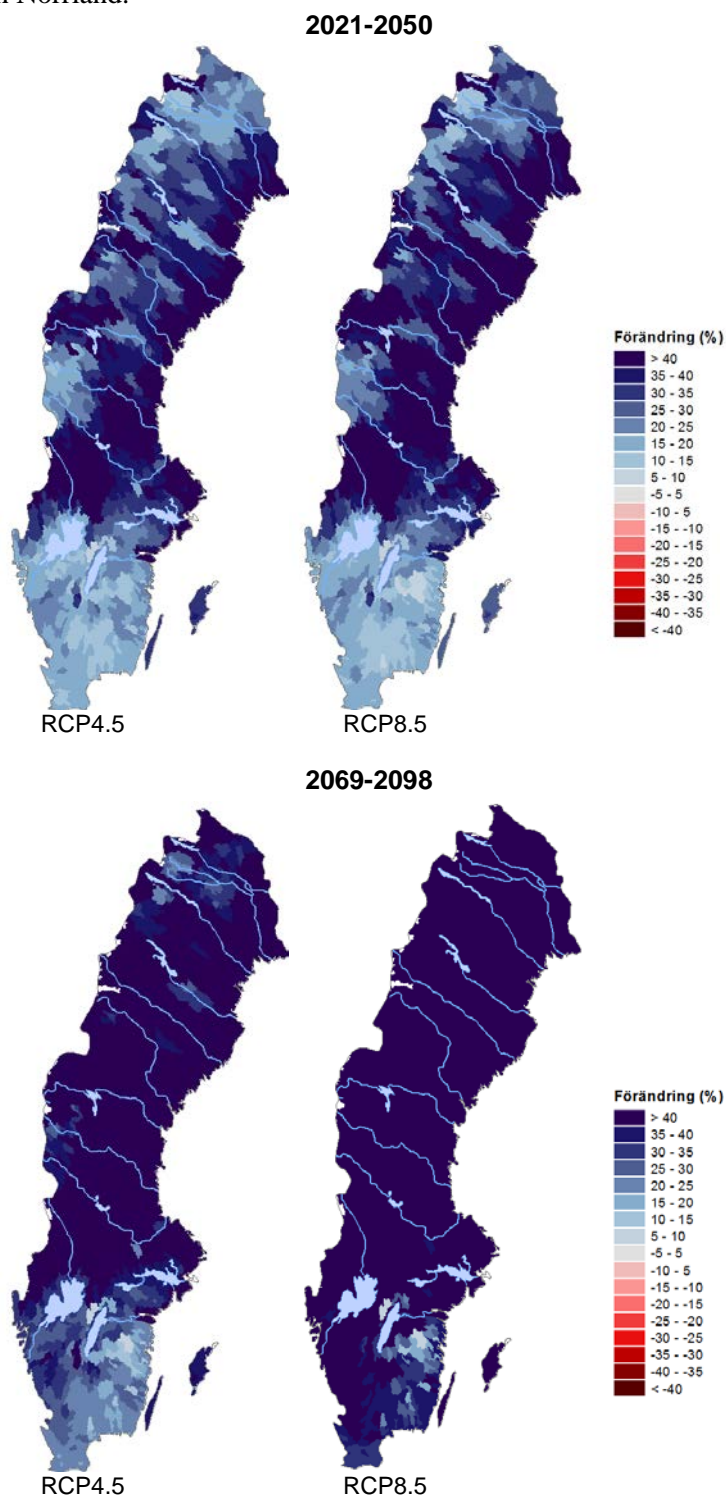
I figur 3.21 visas beräknad förändring (%) av vattentillgången mellan referensperioden 1963-1992 och de båda perioderna 2021-2050 samt 2069-2098. Den beräknade framtida förändringen visar på ökande vattentillgång i stora delar av landet med den största ökningen i norra Sverige och längs Västkusten. I sydöstra Sverige beräknas vattentillgången minska på grund av den ökande avdunstningen i ett varmare klimat. Förändringen skiljer sig dock mycket mellan olika årstider, se figur 3.22-3.25.



Figur 3.21 Förändring (%) av vattentillgången mellan referensperioden 1963-1992 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.4.2 Vattentillgång för vintern

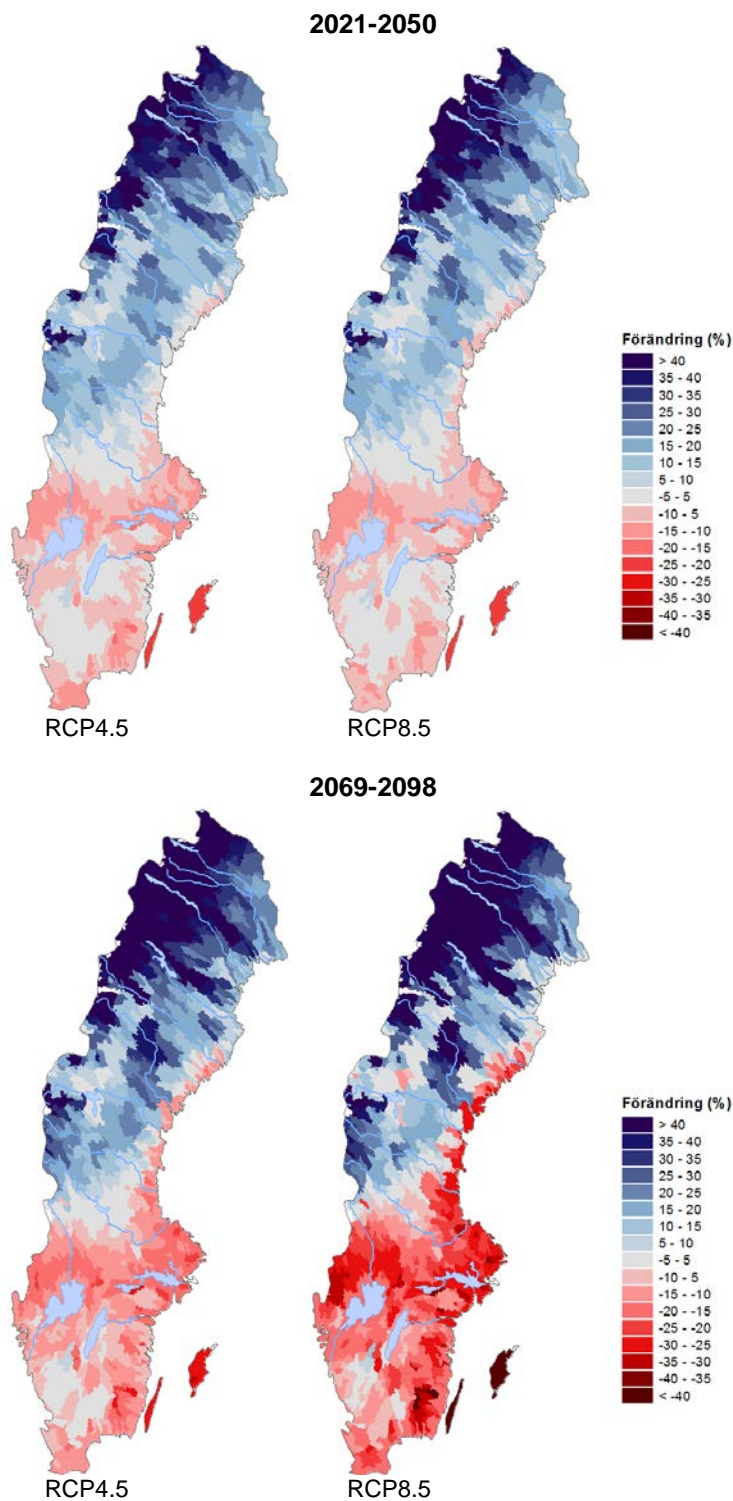
I figur 3.22 visas beräknad förändring (%) av vattentillgången under vintern (december, januari och februari). Varmare väder med mindre ackumulation av snö samt ökad nederbörd ger för samtliga scenarer stora ökningar av vattentillgången, speciellt i Svealand och Norrland.



Figur 3.22 Förändring (%) av vattentillgång för vintern (december, januari och februari) mellan referensperioden 1963-1992 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.4.3 Vattentillgång för våren

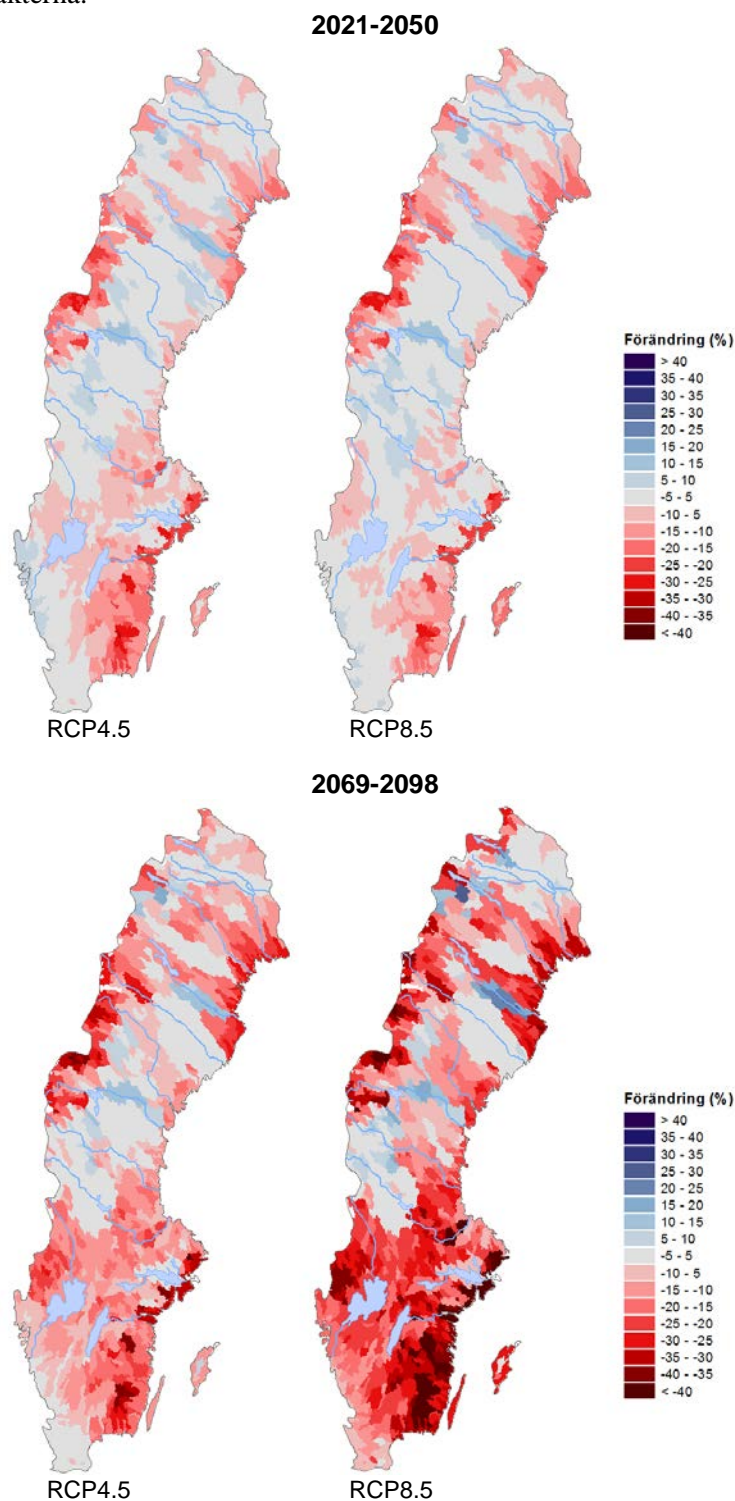
I figur 3.23 visas beräknad förändring (%) av vattentillgången under våren (mars, april och maj). Den markanta beräknade ökningen i norra Sverige beror på en tidigare vårflod som inte sträcker sig så långt in på sommaren i ett varmare klimat. I södra Sverige uteblir vårfloden allt oftare samtidigt som avdunstningen ökar. Detta leder till lägre vattentillgång i medeltal under våren. Procentuellt sett blir förändringen speciellt stor i områden med liten vattentillgång i dagens klimat såsom på Öland och Gotland.



Figur 3.23 Förändring (%) av vattentillgång för våren (mars, april och maj) mellan referensperioden 1963-1992 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.4.4 Vattentillgång för sommaren

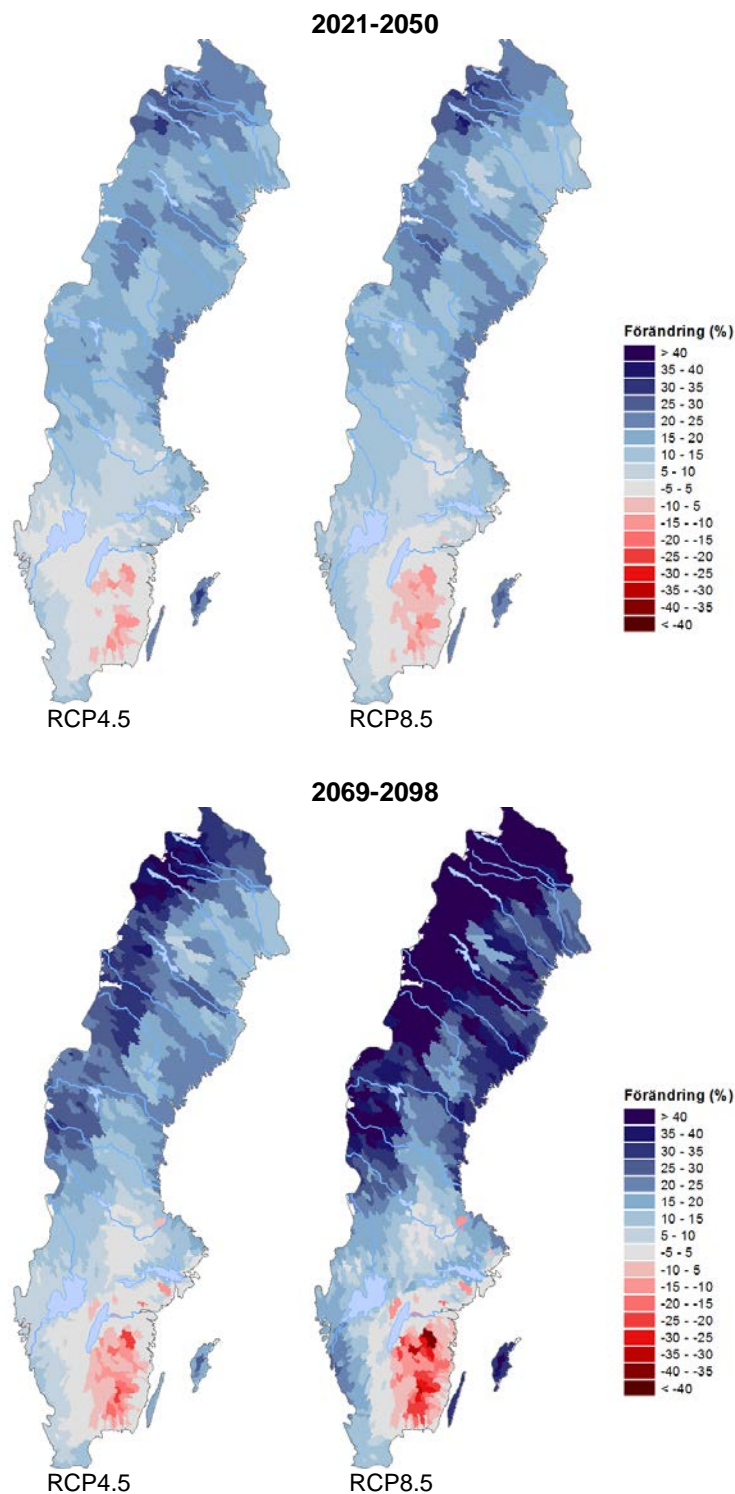
I figur 3.24 visas beräknad förändring (%) av vattentillgången under sommaren (juni, juli och augusti). Varmare väder med högre avdunstning samt minskad eller utebliven vårflood leder, trots ökad nederbörd, till minskad vattentillgång för sommaren i samtliga scenarier i stora delar av landet. Störst blir den beräknade minskningen i sydöstra Sverige samt i de södra fjälltrakterna.



Figur 3.24 Förändring (%) av vattentillgång för sommaren (juni, juli och augusti) mellan referensperioden 1963-1992 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.4.5 Vattentillgång för hösten

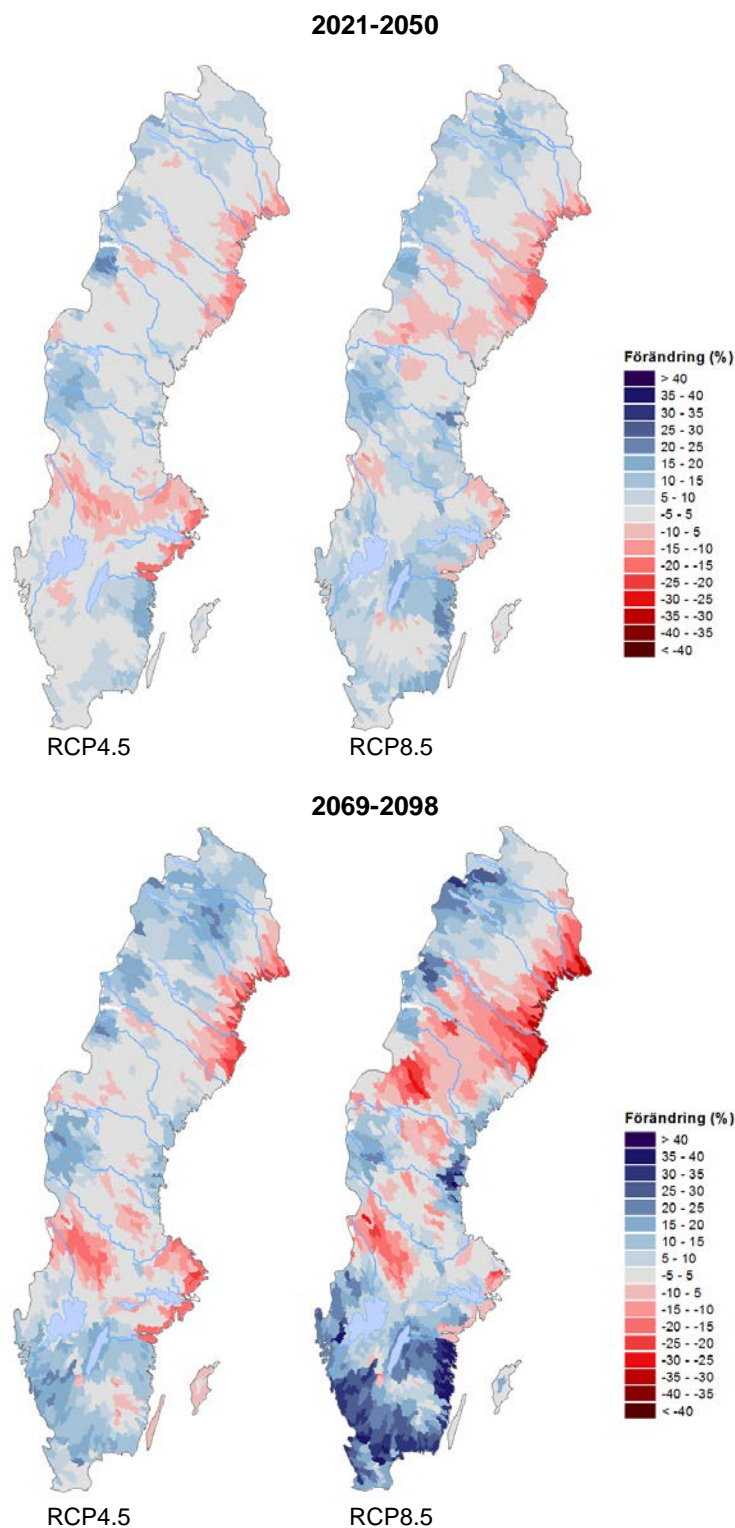
I figur 3.25 visas den beräknade förändringen (%) av vattentillgången under hösten (september, oktober och november). Vattentillgången beräknas öka under hösten i stora delar av landet med den största ökningen i norra Sverige och längs Västkusten. Ökningen i norr beror på en kombination av mer nederbörd och att den nederbörd som tidigare fallit som snö kommer att falla som regn i ett varmare klimat. I sydöstra Sverige beräknas vattentillgången under hösten att minska främst på grund av att den ökande avdunstningen torkat ur marken under sommaren.



Figur 3.25 Förändring (%) av vattentillgång för hösten (september, oktober och november) mellan referensperioden 1963-1992 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.4.6 100-årsflöde

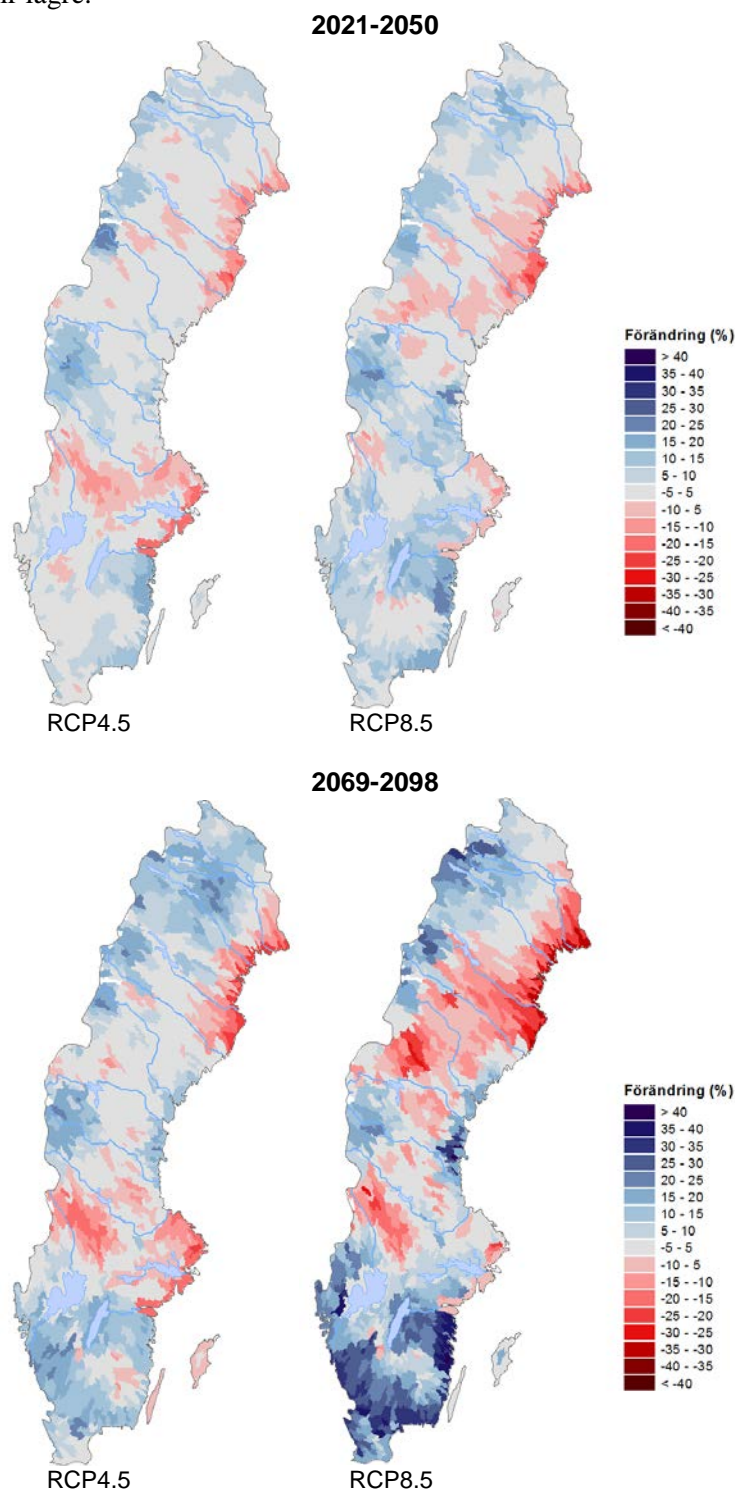
I figur 3.26 visas förändringen (%) i vattenflöden med en återkomsttid av 100 år. Dessa flöden beräknas öka i stora delar av landet utom i Norrlands inland och norra kustland samt nordvästra Svealand där de högsta flödena skapas av snösmältning under våren. På grund av detta beräknas 100-årsflödena minska eftersom vårfloeden blir lägre.



Figur 3.26 Förändring (%) av 100-årsflödet mellan referensperioden 1963-1992 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.4.7 200-årsflöde

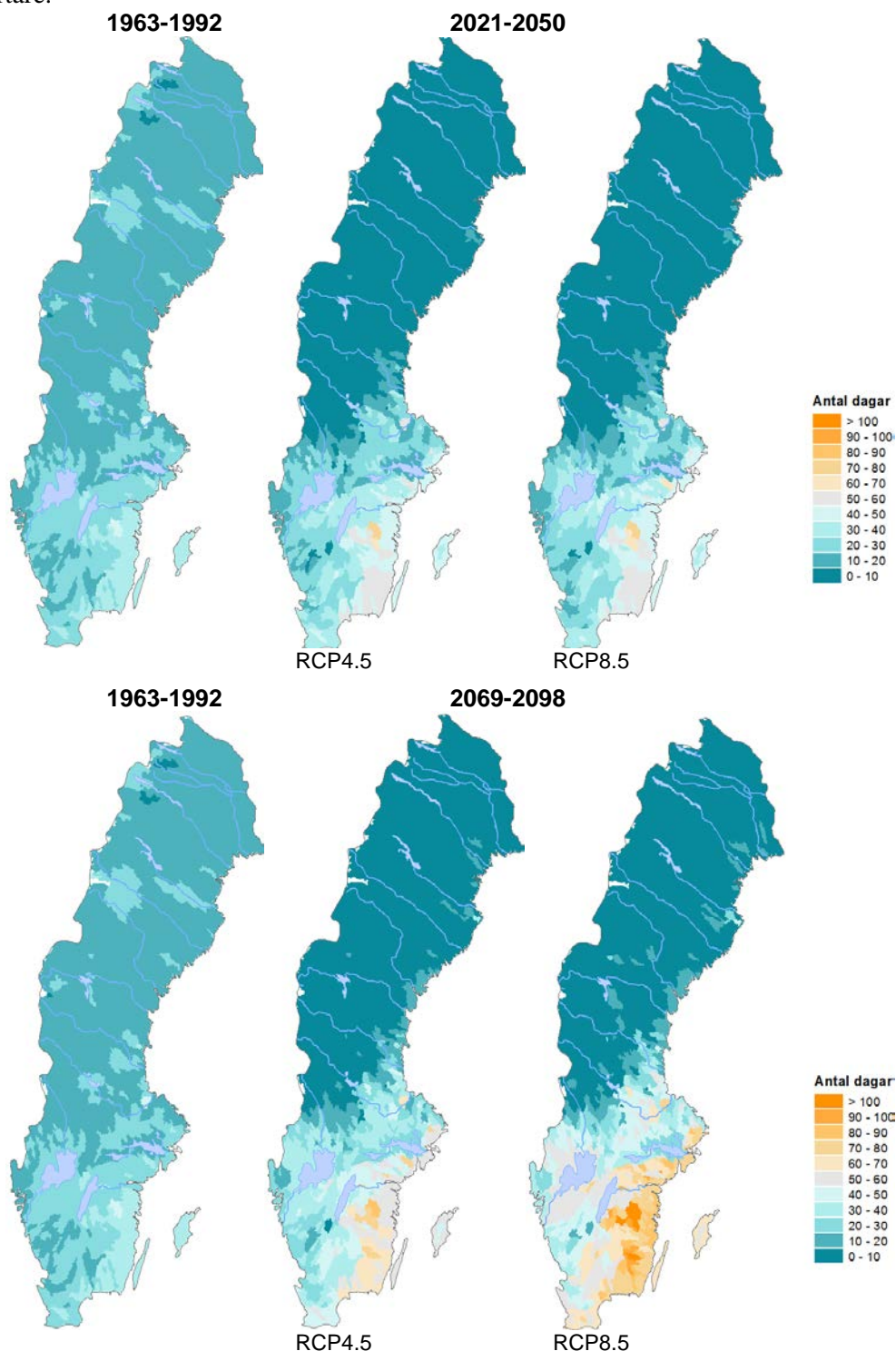
I figur 3.27 visas förändringen (%) i vattenflöden med en återkomsttid av 200 år. Liksom för 100-årsflödena beräknas 200-årsflödena öka i stora delar av landet utom i Norrlands inland och norra kustland samt nordvästra Svealand där de högsta flödena skapas av snösmältning under våren. På grund av detta beräknas 200-årsflödena minska eftersom vårfloden blir lägre.



Figur 3.27 Förändring (%) av 200-årsflödet mellan referensperioden 1963-1992 och perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.4.8 Lågflöden

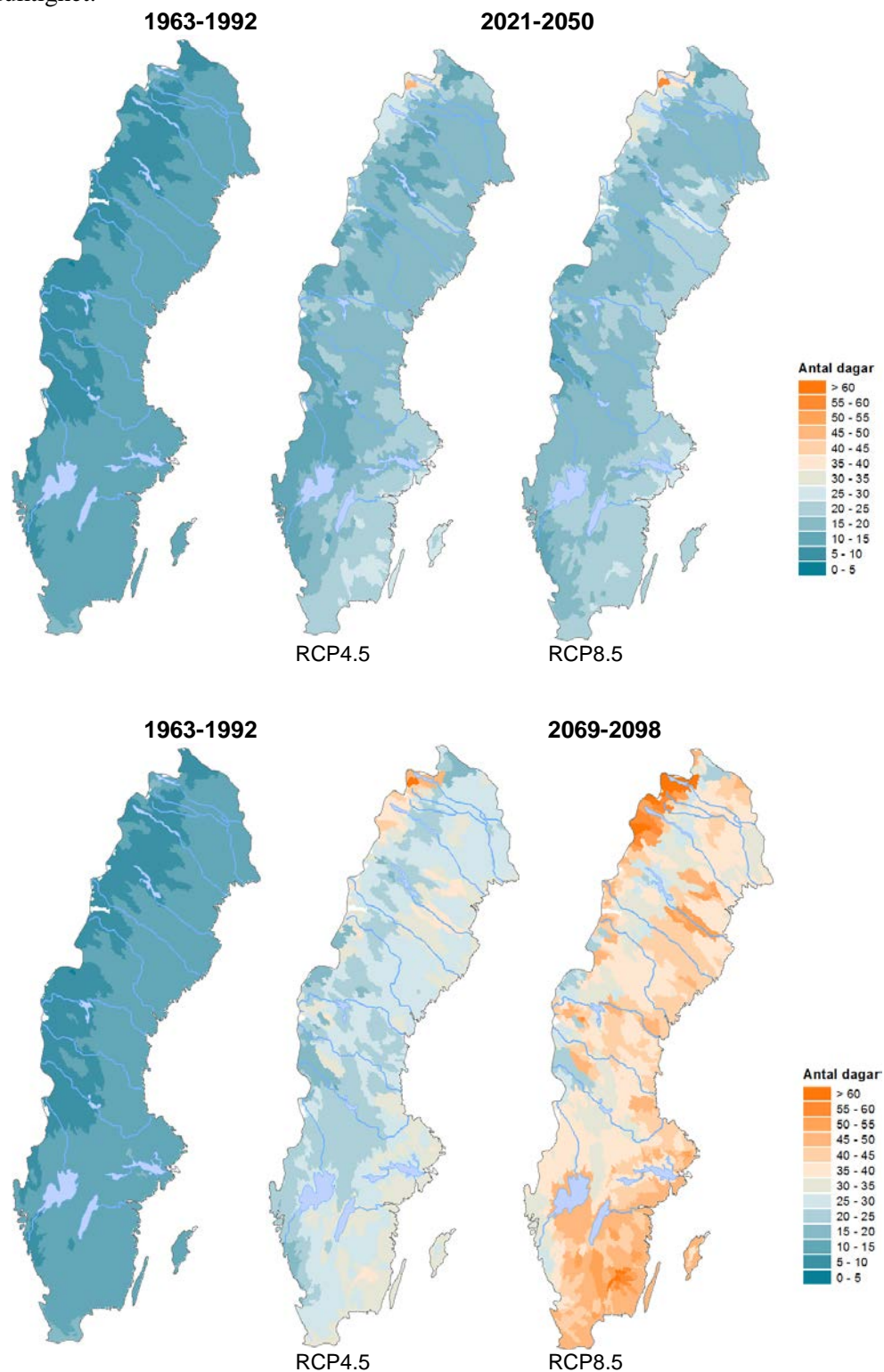
I figur 3.28 visas antal dagar per år med låga vattenflöden för referensperioden 1963-1992 samt för perioderna 2021-2050 och 2069-2098. Lågt vattenflöde definieras som flöden under medelvärdet av varje års lägsta vattenflöde för referensperioden 1961-1990. Antalet dagar med låga flöden beräknas minska i norra Sverige och öka i södra Sverige. Speciellt stor är ökningen i östra Götaland. De låga flödena kan på utsatta platser leda till brist på vatten. Ökningen av antalet dagar med lågflöden i sydöstra Sverige beror främst på den ökade avdunstningen. Norra Sverige har idag lågflöden under vintern. Eftersom framtidens vintrar väntas bli mildare med mer regn än snö, blir perioden med lågflöde kortare.



Figur 3.28 Antal dagar per år med låga vattenflöden för referensperioden 1963-1992 samt för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.5 Markfuktighet

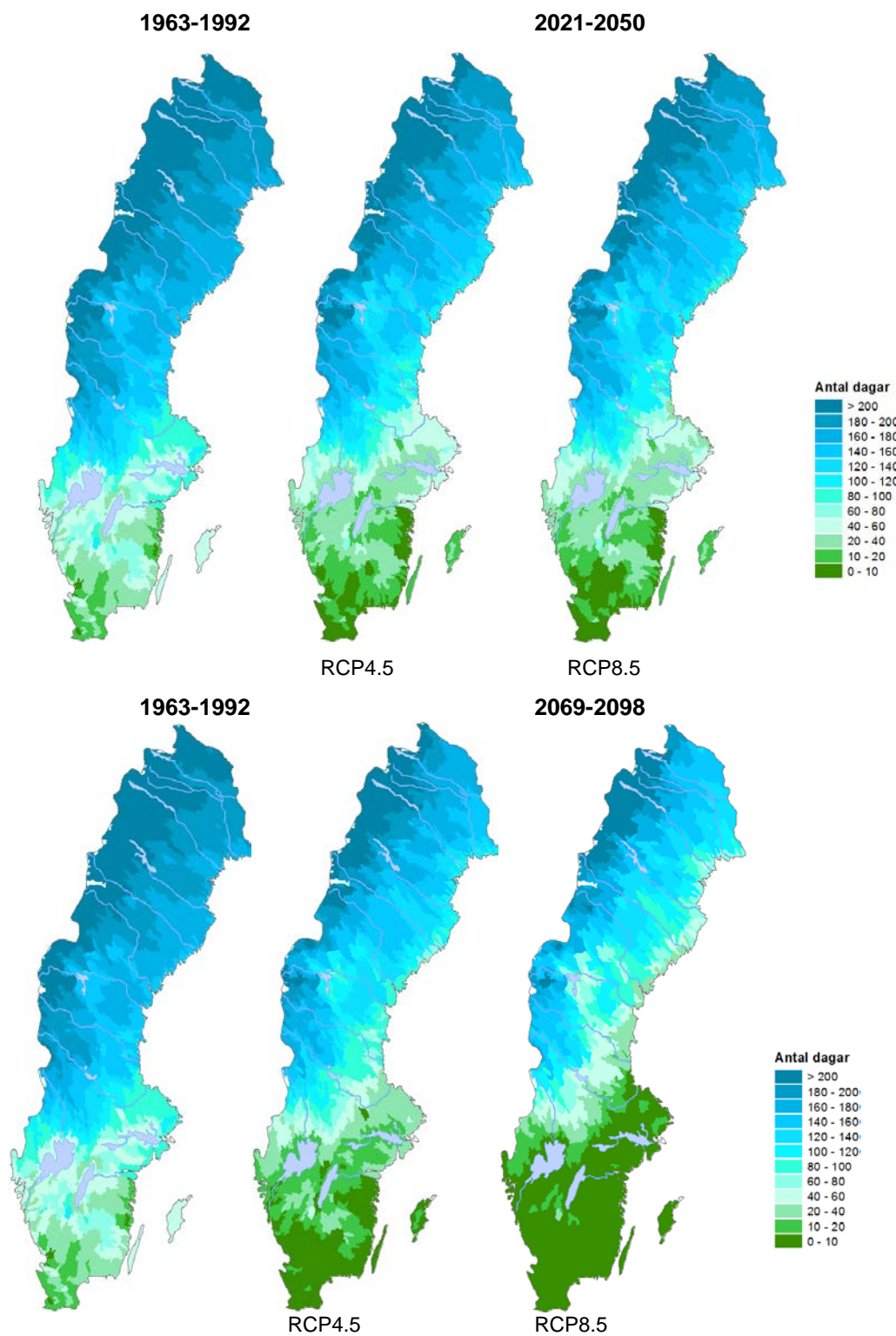
I figur 3.29 visas antal dagar per år med låg markfuktighet för referensperioden 1963-1992 samt för perioderna 2021-2050 och 2069-2098. Markfuktighet har beräknats med HBV-modellen. Låg markfuktighet definieras som markfuktighet lägre än medelvärdet av varje års lägsta markfuktighet för referensperioden 1963-1992. Låg markfuktighet, enligt denna definition, beräknas bli vanligare i hela landet i framtiden. Detta kan speciellt få stora konsekvenser i östra Götaland, där vi redan i dagens klimat ofta har låg markfuktighet.



Figur 3.29 Antal dagar per år med låg markfuktighet för referensperioden 1963-1992 samt för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.6 Antal dagar med snötäcke

I figur 3.30 visas antal dagar per år med snötäcke för referensperioden 1963-1992 samt för perioderna 2021-2050 och 2069-2098. Snötäcket är beräknat med HBV-modellen och gränsen har satts till 5 mm i smält form. Beräkningarna visar att antalet dagar med snötäcke minskar i hela landet. I södra Sverige blir det ovanligt med snö enligt beräkningar med RCP8.5.

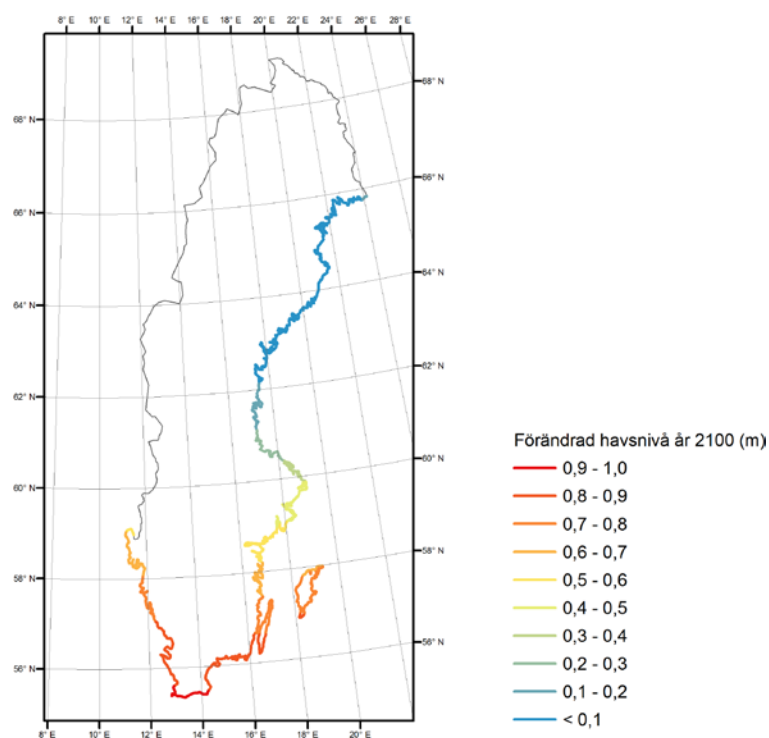


Figur 3.30 Antal dagar per år med snötäcke för referensperioden 1963-1992 samt för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.

3.7 Havsnivåer

FN:s klimatpanels (IPCC:s) senaste utvärdering av kunskapsläget (AR5) från september 2013 (IPCC, 2013) visar att havet kan komma att stiga med upp emot en meter under detta sekel. Utvecklingen beror på framtidens utsläpp av växthusgaser. IPCC konstaterar också att det är mycket troligt att den globala höjningen av havsnivån i genomsnitt var 1,7 millimeter per år under perioden 1901-2010. De senaste åren har takten ökat. Stigningen har uppmätts till cirka 3,2 millimeter per år under perioden 1993-2010.

Vid beräkningarna av regionala effekter för Sverige ska den framtida havsnivån justerats för den landhöjning som råder på platsen. Figur 3.31 visar vad en meters global havsnivåhöjning under 100 år betyder för ändringen av medelnivån för havet vid Sveriges kuster, när hänsyn tas till den lokala landhöjningen.



Figur 3.31 Nettoeffekten av en meters global havsnivåhöjning under 100 år, ifall hänsyn tas till den lokala landhöjningen. Beräkningen av landhöjningen är baserad på Lantmäteriets landhöjningsmodell NKG2005LU (Ågren och Svensson, 2007). Sveriges framtida klimat

4 Diskussion och slutsatser

De beräkningar av framtidens klimat och vattentillgång som redovisas i denna rapport bygger på ett helt nytt material och delvis nya förutsättningar än de tidigare analyser som presenterats av SMHI, exempelvis för Klimat- och sårbarhetsutredningen, vattenkraftindustrin, MSB:s översvämningskarteringar eller i Länsstyrelsernas klimatanalyser. Detta gäller främst följande moment i beräkningskedjan:

1. Utsläppsscenarierna är nya och delvis kraftigare. Det tillämpade RCP8.5-scenariet motsvarar betydligt högre utsläpp och koncentrationer av växthusgaser i atmosfären än de utsläppsscenarioer som varit dominerande i tidigare publicerade hydrologiska beräkningar.
2. De globala klimatmodellerna har vidareutvecklats och urvalet av dessa skiljer sig från tidigare studier.
3. Till skillnad från att tidigare ha utnyttjat flera regionala klimatmodeller bygger beräkningarna på endast en regional modell (RCA4), som dessutom har utvecklats med tiden. Det återstår att analysera hur denna modell förhåller sig till andra regionala klimatmodeller.
4. Användningen av DBS-metoden, för att justera klimatmodellens resultat för att minimera de systematiska feilen, började tillämpas först efter Klimat- och sårbarhetsutredningen. Metoden har dock använts i de flesta arbeten som gjorts åt vattenkraftindustrin, MSB och i de länsvisa klimatanalyserna.

Dessa ändrade förutsättningar gör det svårt att göra alltför detaljerade jämförelser med tidigare beräkningar, men det går ändå att dra en del generella slutsatser.

De stora dragen i förändringen av nederbörd, temperatur, vattentillgång och flöden kvarstår från tidigare utredningar. Användningen av RCP8.5-scenariet, med sin höga framtida koncentration av växthusgaser, förstärker de hydrologiska effekterna avsevärt jämfört med tidigare publicerade analyser.

Beträffande extrema vattenflöden så visar de nya beräkningarna att en större andel av Sveriges yta kan komma att utsättas för förstärkta extremflöden jämfört med tidigare beräkningar. Detta gäller även för jämförbara koncentrationsnivåer av växthusgaser.

Vid jämförelse av IPCC:s fem vetenskapliga utvärderingar är bedömningen av framtida globala havsnivåer förhållandevis stabil. Nivåerna ligger högre i utvärderingen från 2013 (AR5) än i den från 2007 (AR4).

5 Referenser

IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC 5th Assessment Report. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Johansson, B. (2000). Areal precipitation and temperature in the Swedish mountains. An evaluation from a hydrological perspective. *Nordic Hydrology*, 31, 207-228.

Johansson, B. och Chen, D. (2003). The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modelling. *International Journal of Climatology*, 23, 1523-1535.

Johansson, B. och Chen, D. (2005). Estimation of areal precipitation for runoff modelling using wind data: a case study in Sweden. *Climate Research*, 29, 53-61.

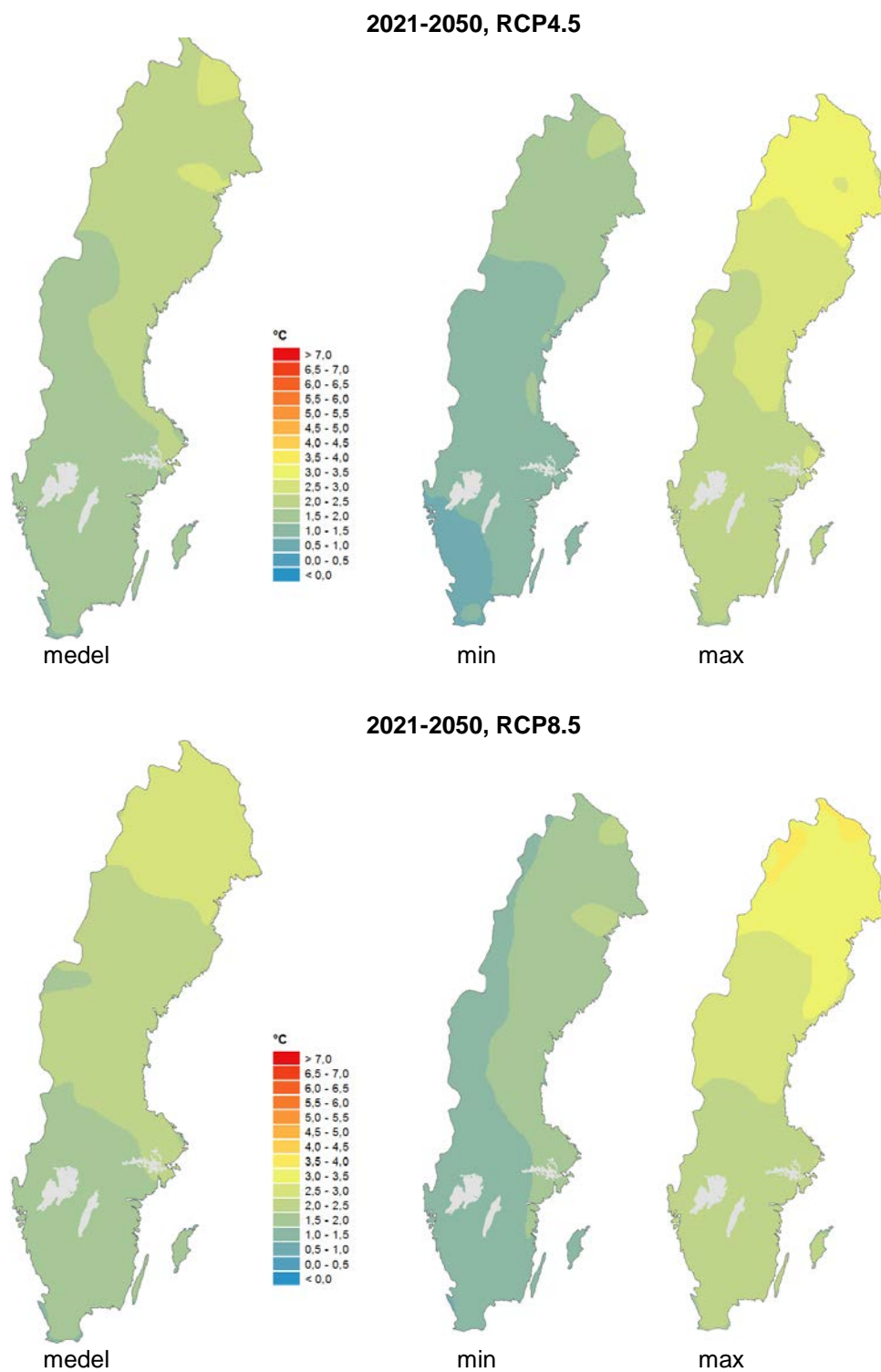
- Jones C, F. Giorgi och Asrar, G. (2011) The Coordinated Regional Downscaling Experiment: CORDEX, An international downscaling link to CMIP5: *CLIVAR Exchanges*, No. 56, Vol 16, No.2 pages 34-40.
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. och Bergström, S. (1997) Development and test of the distributed HBV-96 model. *Journal of Hydrology* 201, 272-288.
- Moss, R., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P. och Wilbanks, T.J. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463, 747–756.
- Olsson J. och Foster K. (2013). Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige. *Klimatologi* 6, SMHI.
- Persson G. (2015) Sveriges klimat 1860-2014. Underlag till dricksvattenutredningen. *Klimatologi* 13, SMHI.
- Strandberg, G., Barring, L., Hansson, U., Jansson, C., Jones, C., Kjellström, E., Kolax, M., Kupiainen, M., Nikulin, G., Samuelsson, P., Ullerstig, A. och Wang, S. (2014). CORDEX scenarios for Europe from the Rossby Centre regional climate model RCA4. *Reports Meteorology and Climatology*, 116, SMHI.
- WMO (1981) Selection of distribution types for extremes of precipitation, WMO-No. 560, Operational Hydrology Report 15, World Meteorological Organization Geneva, Switzerland.
- Yang, W., Andréasson, J., Graham, L.P., Olsson, J., Rosberg, J. och Wetterhall, F. (2010). Distribution based scaling to improve usability of RCM projections for hydrological climate change impacts studies. *Hydrology Research*, 41.3-4, 211-229.
- Ågren, J. och Svensson, R. (2007) Postglacial Land Uplift Model and System Definition for the New Swedish Height System RH 2000. Reports in Geodesy and Geographical Information Systems. LMV-Rapport 2007:4, Gävle.

Bilaga A. Kartor över spridningen

Kartorna som visas i kapitel 3 baseras på ett medelvärde för samtliga nio scenarier. I denna bilaga finns även kartor som visar max- och minvärden för RCP4.5 och 8.5. Detta ger en bild av spridningen mellan de olika beräkningarna.

Det lägsta respektive högsta värdet för varje beräkningspunkt har valts ut och de behöver inte vara baserade på samma globala modell.

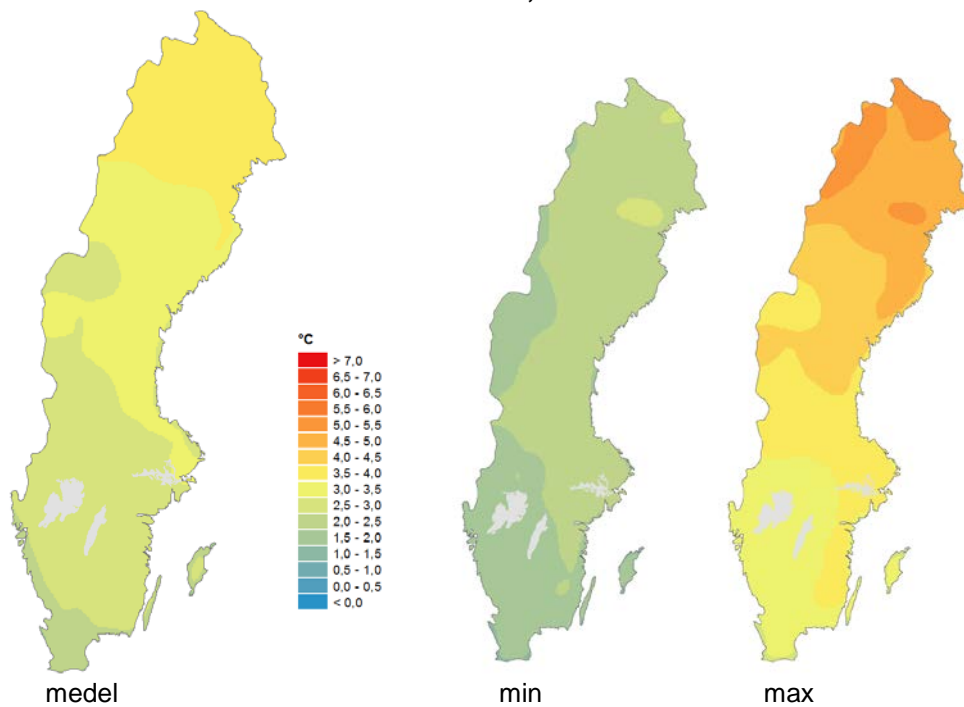
Årsmedeltemperatur



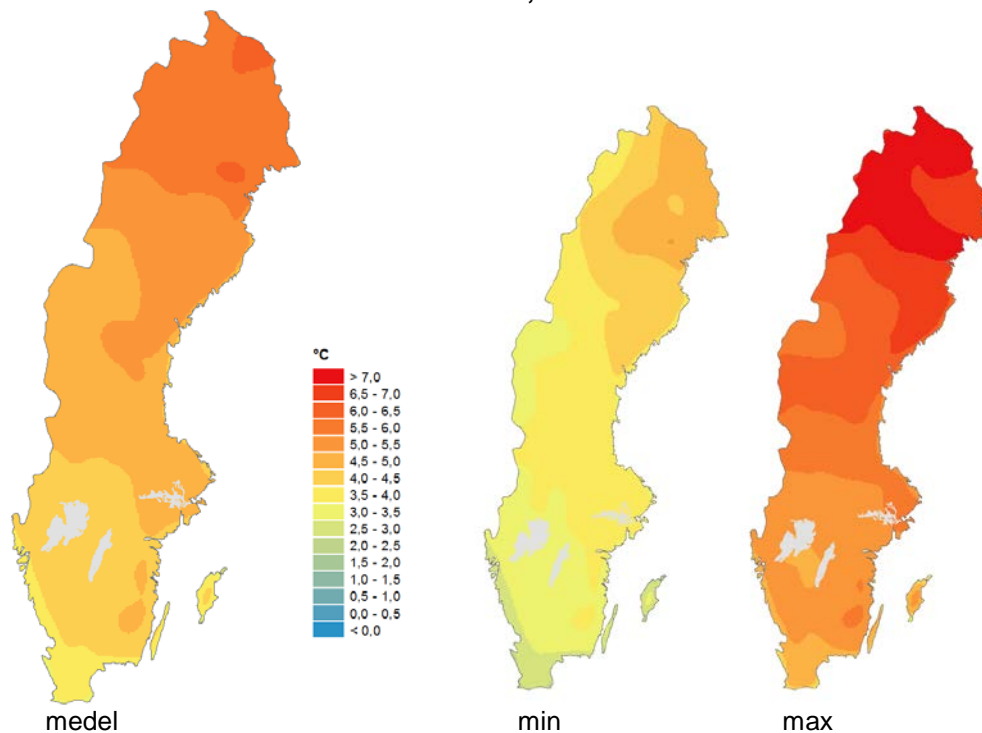
Figur A.1 Förändring (grader) av årets medeltemperatur mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för min och max visar resultat från den modell som ger minst respektive störst ändring för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Årsmedeltemperatur

2069-2098, RCP4.5



2069-2098, RCP8.5

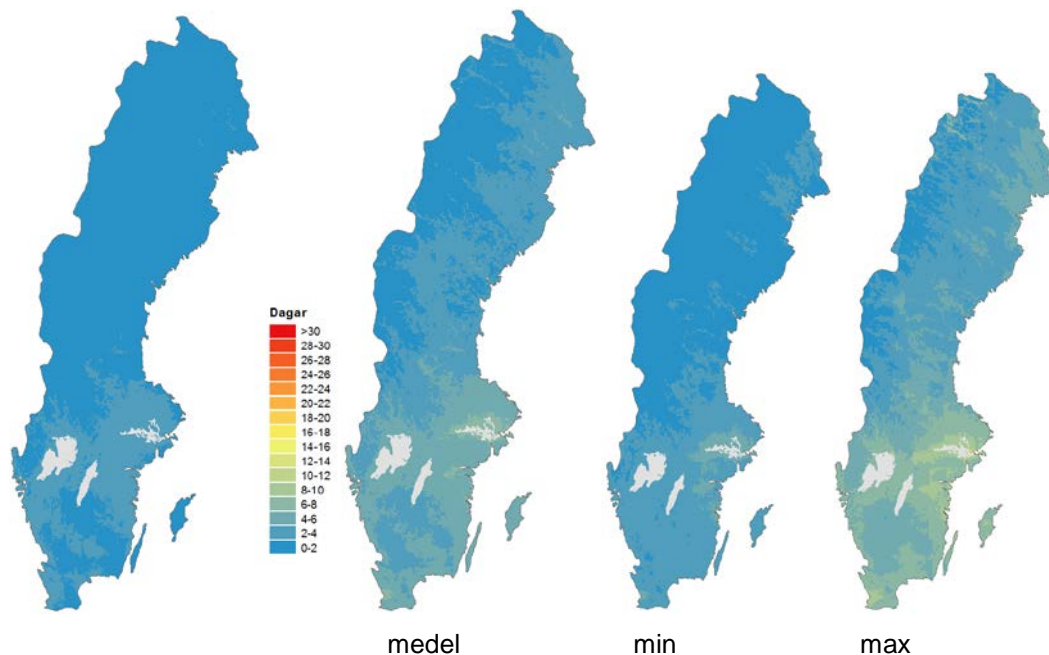


Figur A.2 Förändring (grader) av årets medeltemperatur mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för min och max visar resultat från den modell som ger minst respektive störst ändring för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Värmebölja

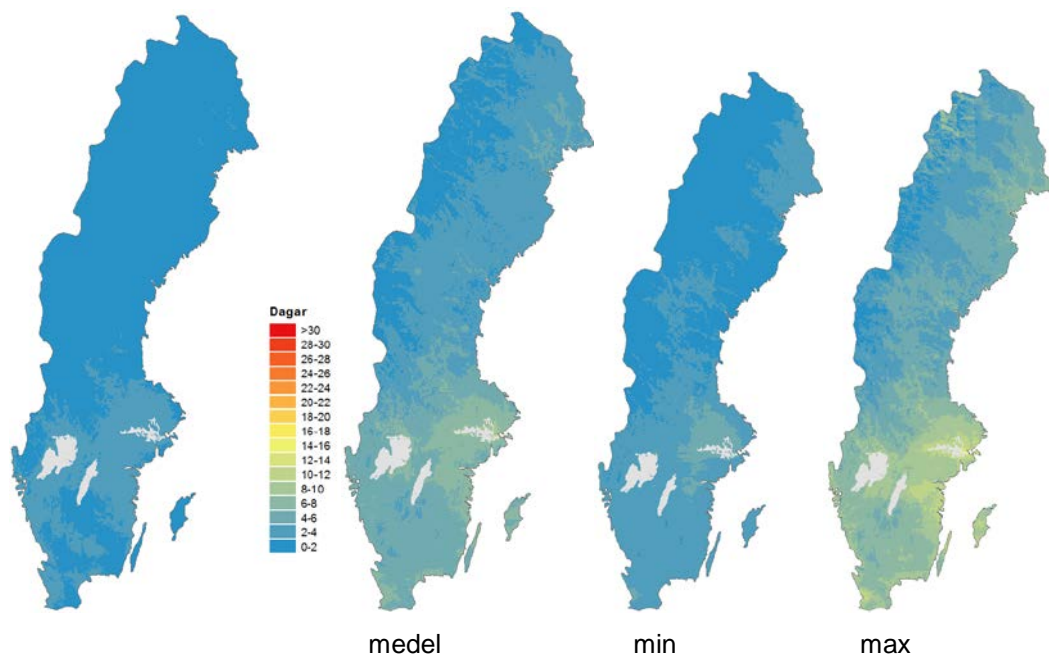
1961-1990

2021-2050, RCP4.5



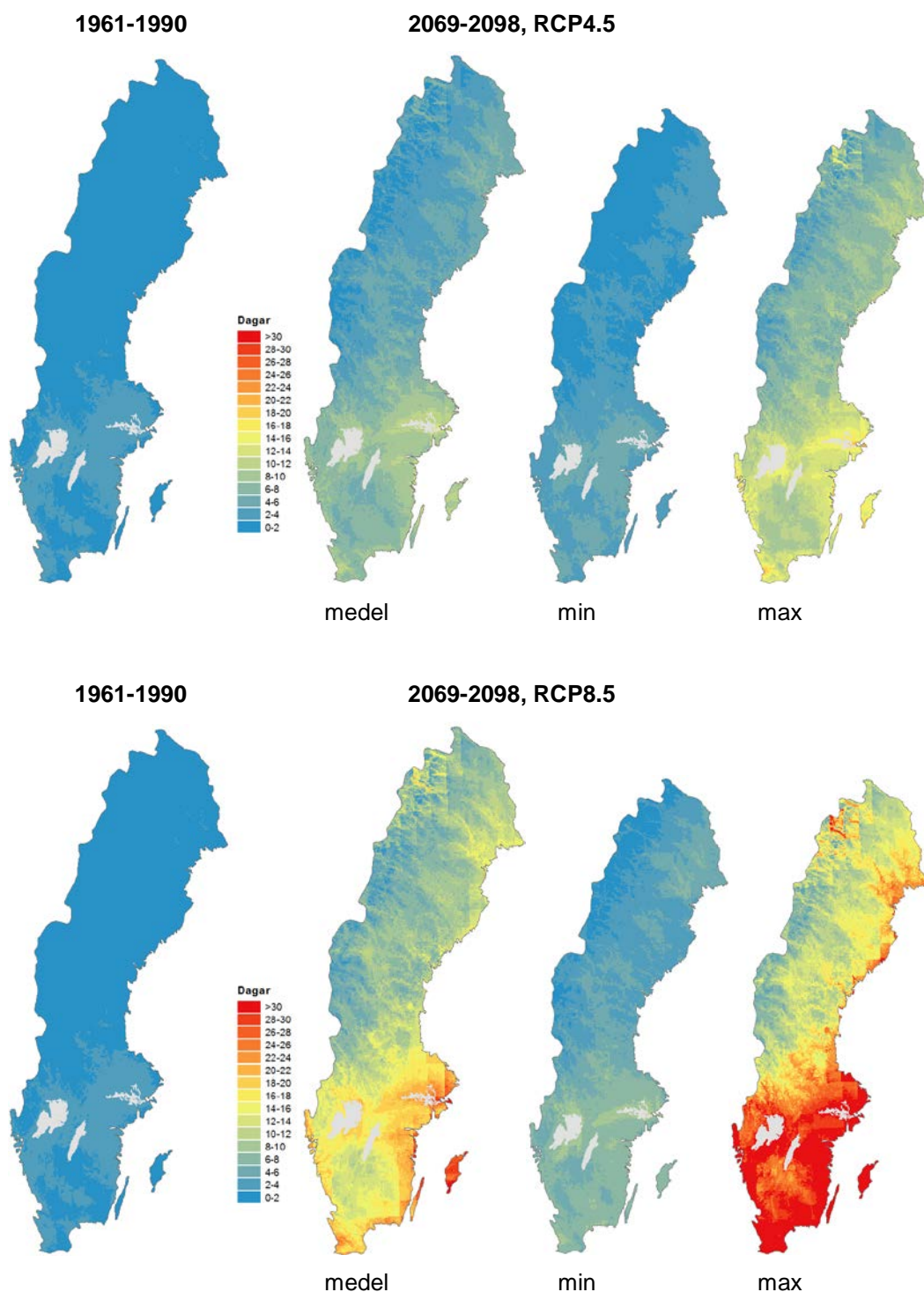
1961-1990

2021-2050, RCP8.5



Figur A.3 Maximalt antal sammanhängande dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C för referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för min och max visar resultat från den modell som ger minst respektive flest antal dagar för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

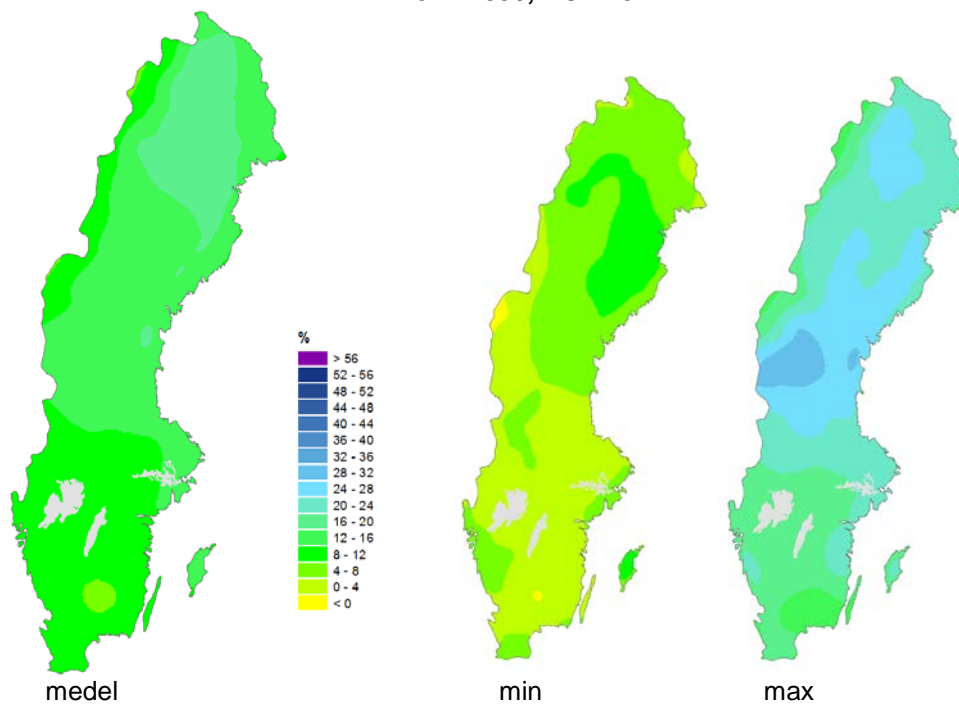
Värmebölja



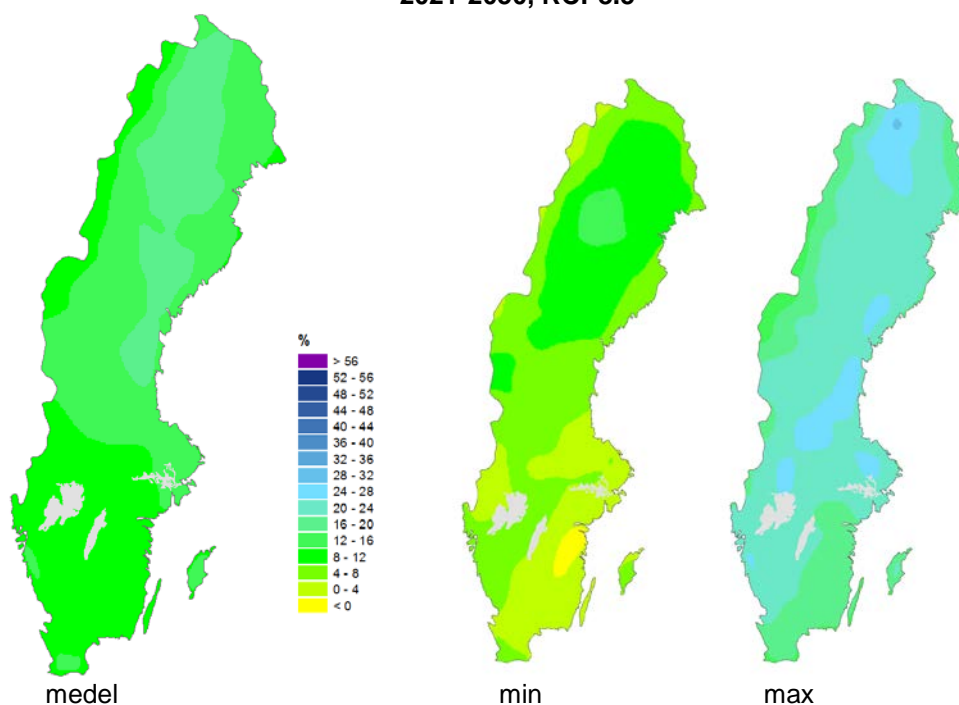
Figur A.4 Maximalt antal sammanhängande dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C för referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för min och max visar resultat från den modell som ger minst respektive flest antal dagar för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Medelnederbörd

2021-2050, RCP4.5



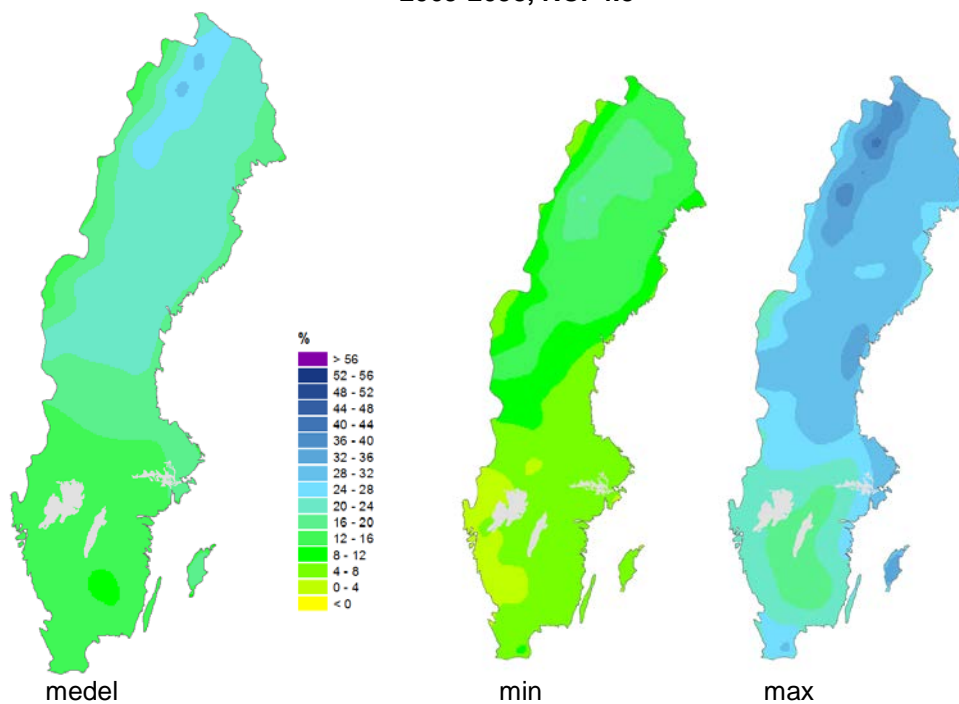
2021-2050, RCP8.5



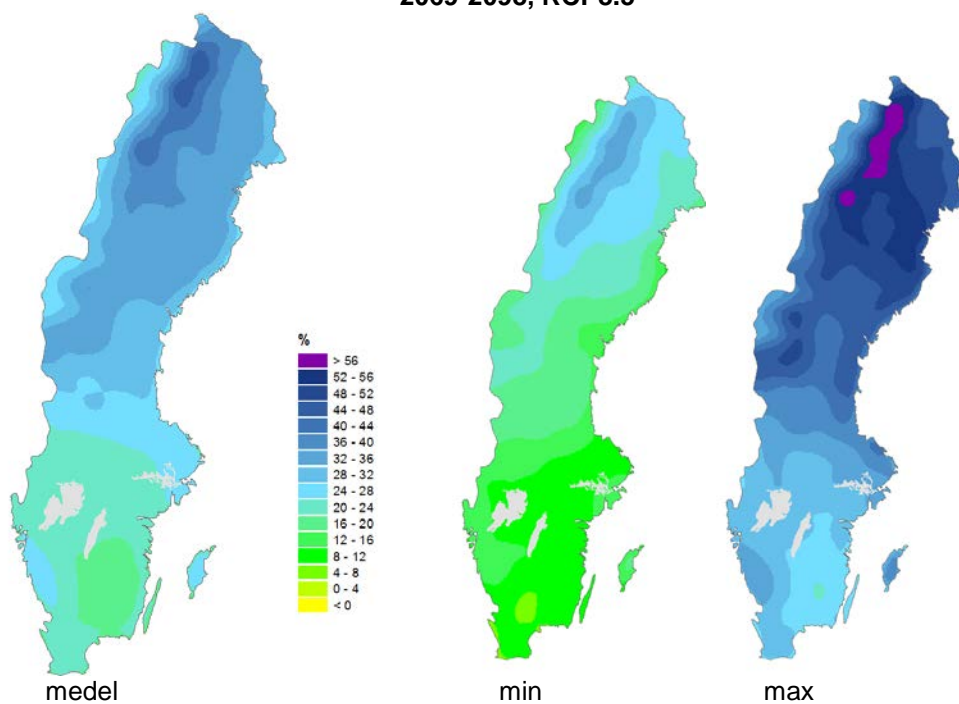
Figur A.5 Förändring (%) av årets medelnederbörd mellan referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för min och max visar resultat från den modell som ger den lägsta respektive högsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Medelnederbörd

2069-2098, RCP4.5



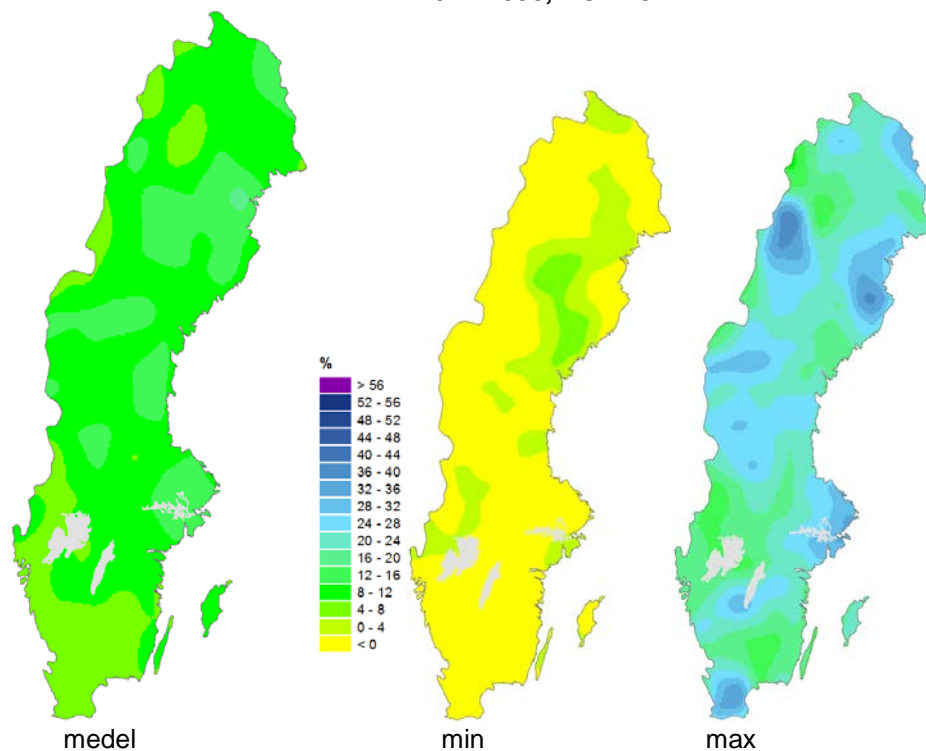
2069-2098, RCP8.5



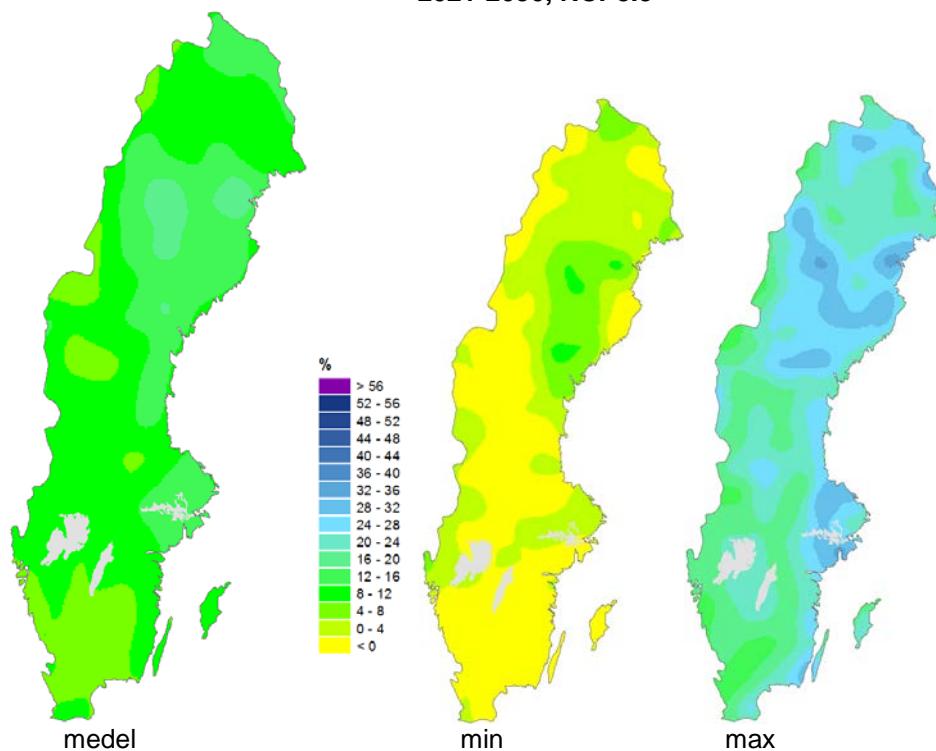
Figur A.6 Förändring (%) av årets medelnederbörd mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för min och max visar resultat från den modell som ger den lägsta respektive högsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Största dygnsnederbörd

2021-2050, RCP4.5



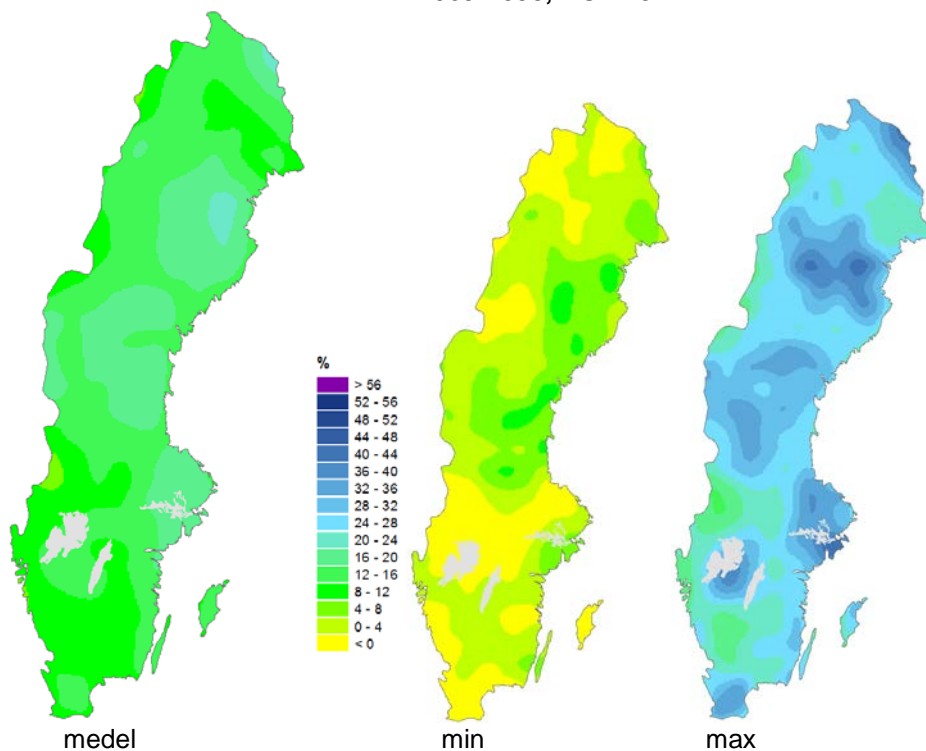
2021-2050, RCP8.5



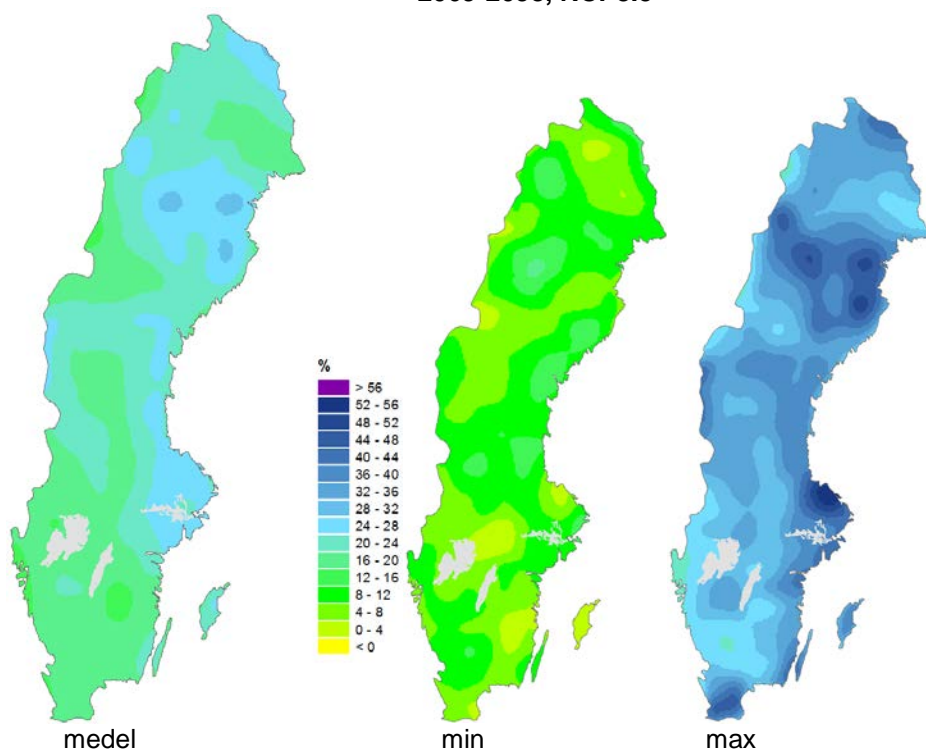
Figur A.7 Förändring (%) av den största dygnsnederbörden mellan referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för min och max visar resultat från den modell som ger den lägsta respektive högsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller

Största dygnsnederbörd

2069-2098, RCP4.5



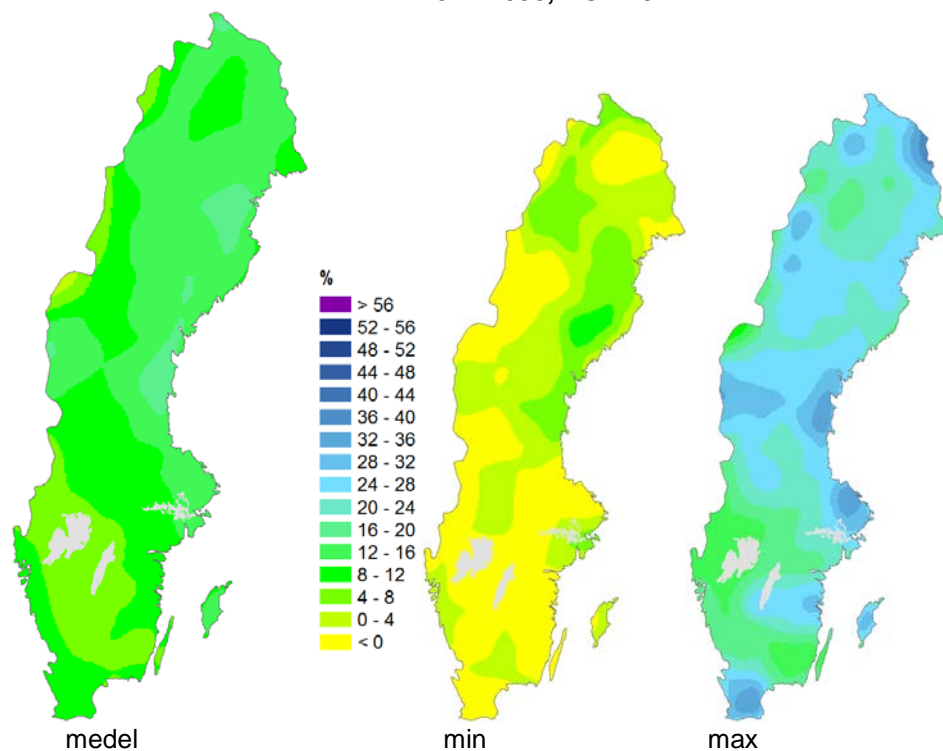
2069-2098, RCP8.5



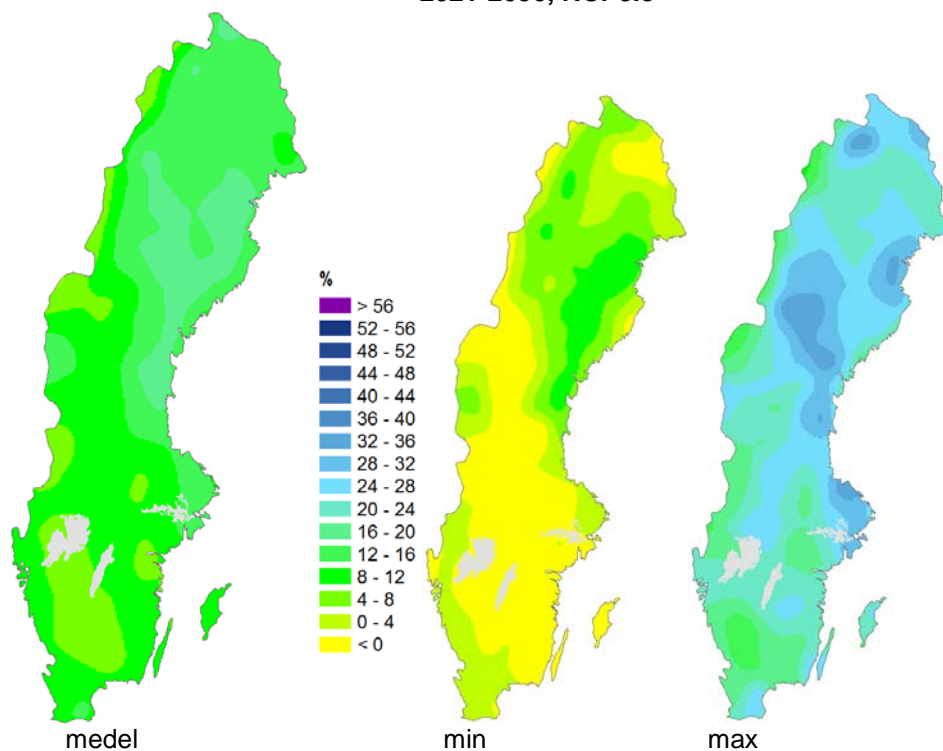
Figur A.8 Förändring (%) av den största dygnsnederbörden mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för min och max visar resultat från den modell som ger den lägsta respektive högsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Största 7-dygnsnederbörd

2021-2050, RCP4.5



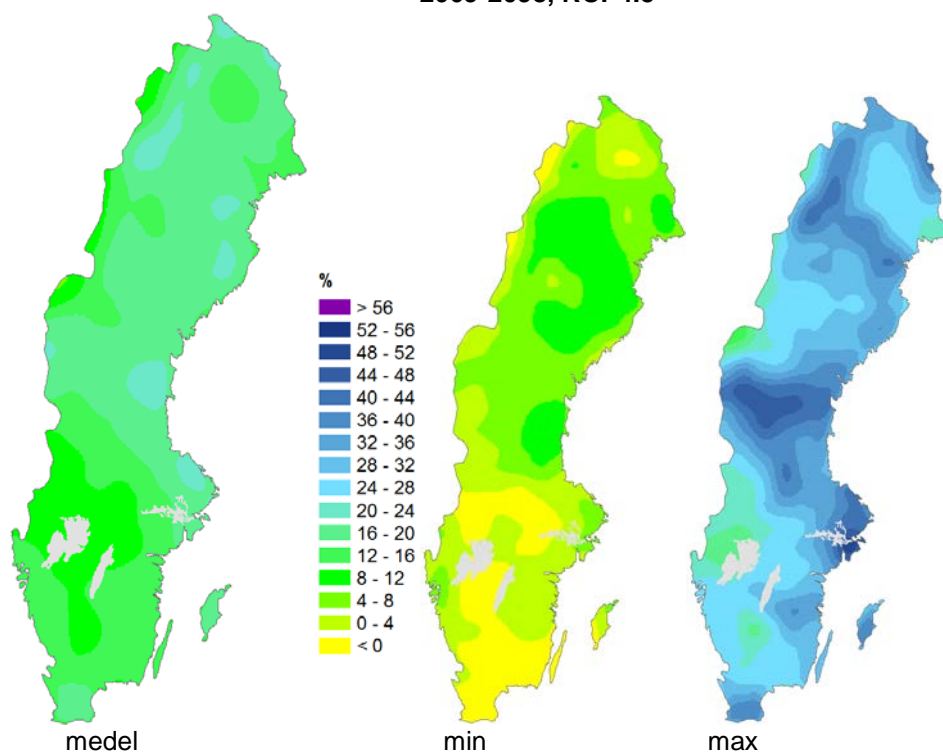
2021-2050, RCP8.5



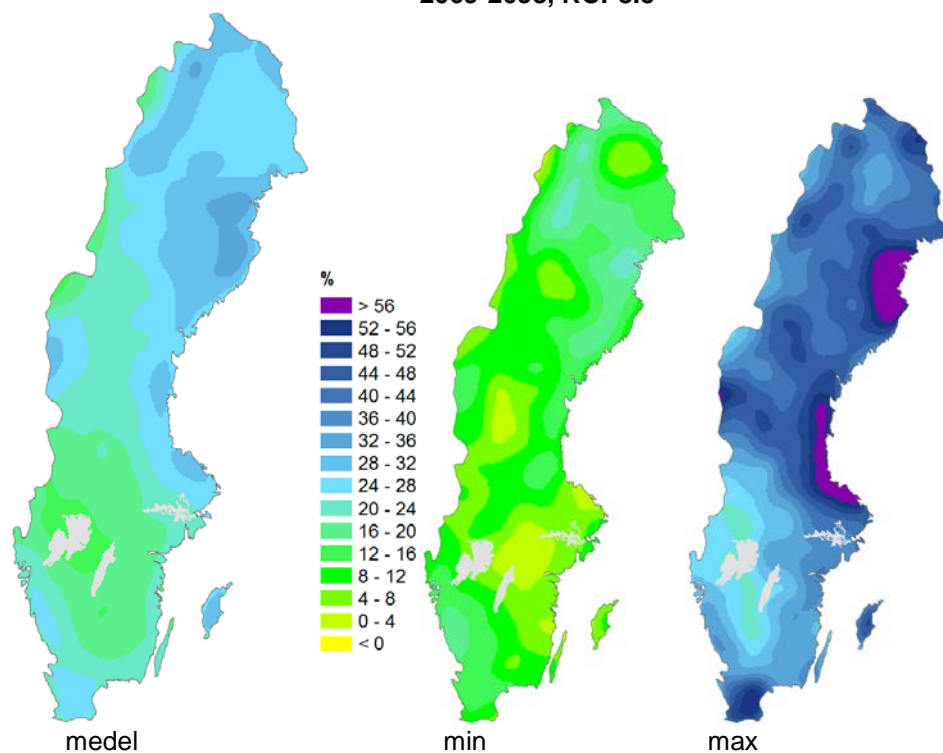
Figur A.9 Förändring (%) av den största 7-dygnsnederbörden mellan referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Den största 7-dygnsnederbörden är ett medelvärde för varje års högsta 7-dygnsnederbörd under 30-årsperioden. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Största 7-dygnsnederbörd

2069-2098, RCP4.5



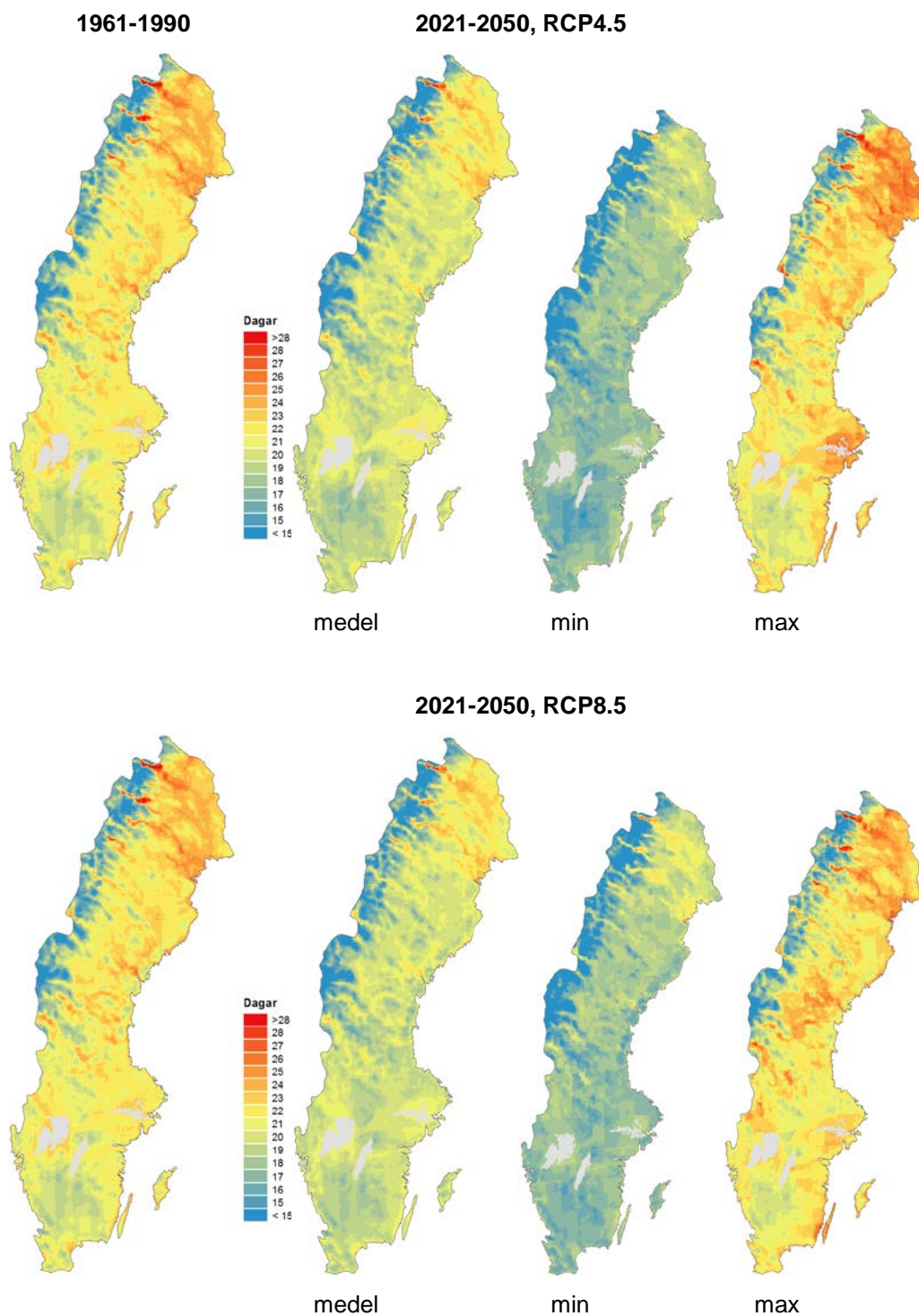
2069-2098, RCP8.5



Figur A.10 Förändring (%) av den största 7-dygnsnederbörden mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Den största 7-dygnsnederbörden är ett medelvärde för varje års högsta 7-dygnsnederbörd under 30-årsperioden. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

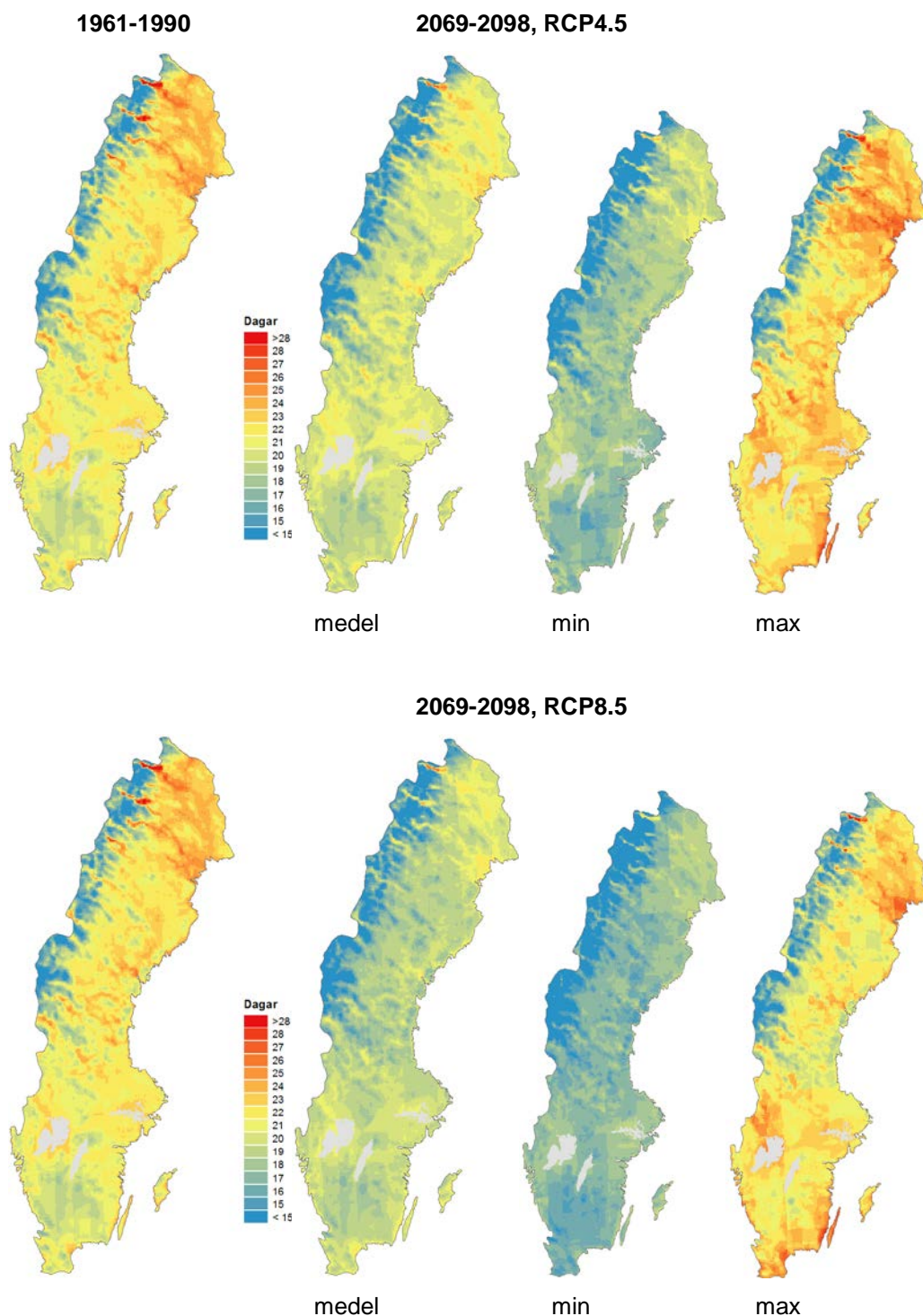
Längsta torrperiod

Längsta torrperiod definieras här som maximalt antal sammanhängande dagar per år med nederbörd mindre än 1 mm.



Figur A.11 Maximalt antal sammanhängande dagar per år med nederbörd mindre än 1 mm för referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

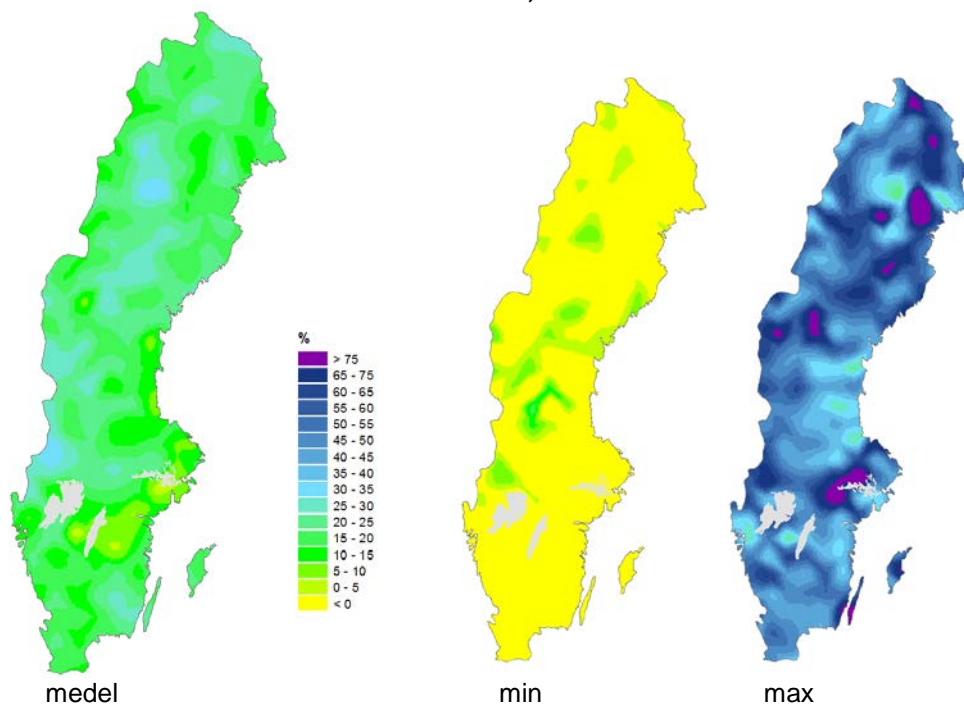
Längsta torrperiod



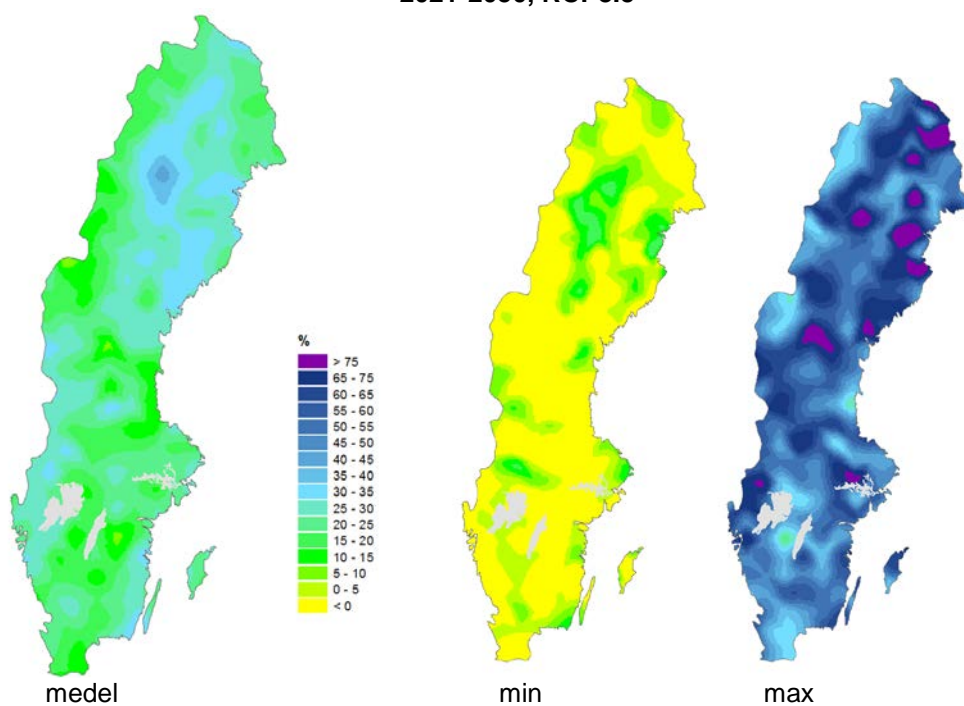
Figur A.12 Maximalt antal sammanhängande dagar per år med nederbörd mindre än 1 mm för referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Extremnederbörd 20 min

2021-2050, RCP4.5



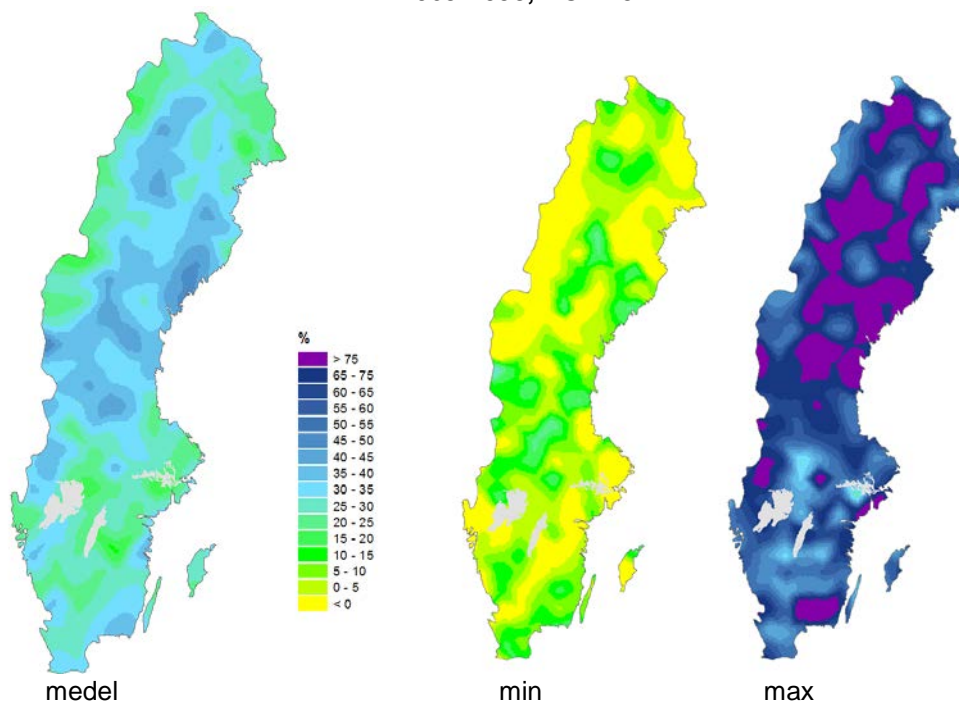
2021-2050, RCP8.5



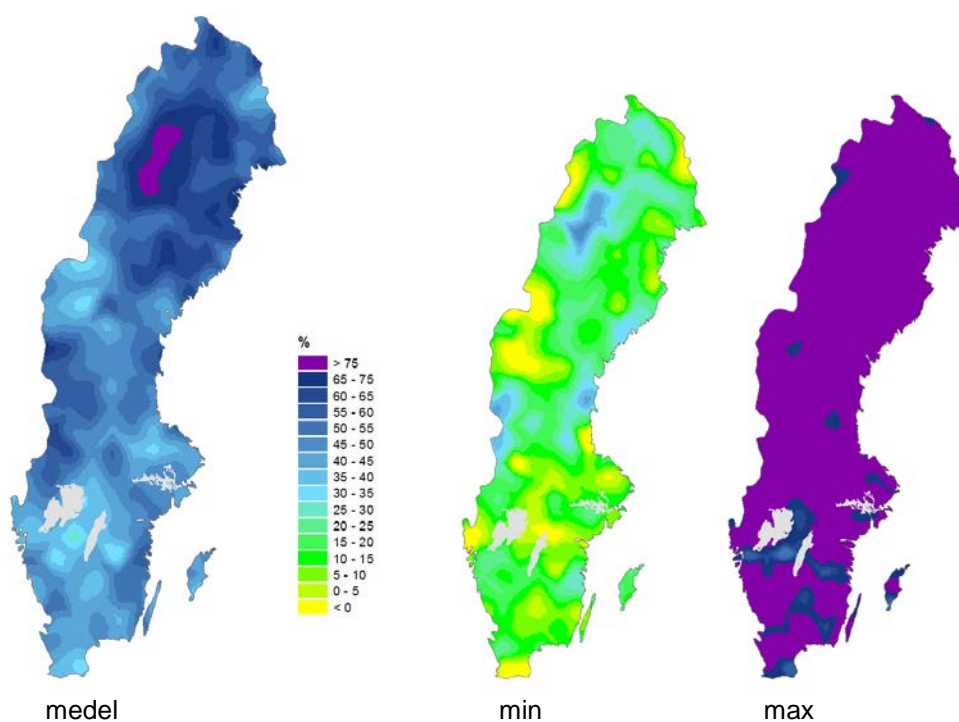
Figur A.13 Förändring (%) av 20-minutersnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Extremnederbörd 20 min

2069-2098, RCP4.5



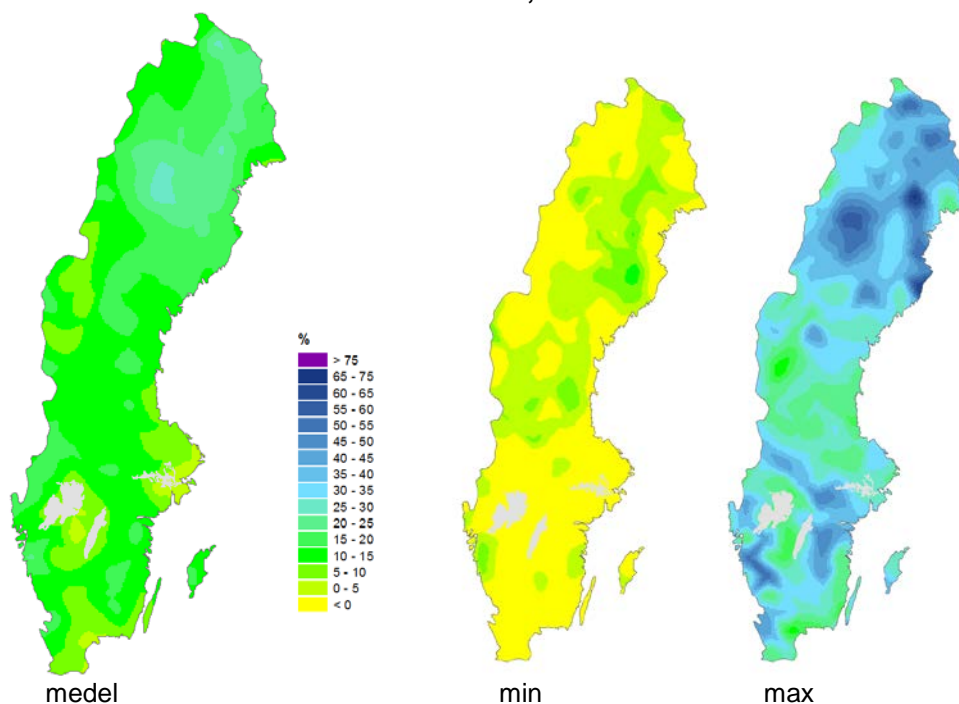
2069-2098, RCP8.5



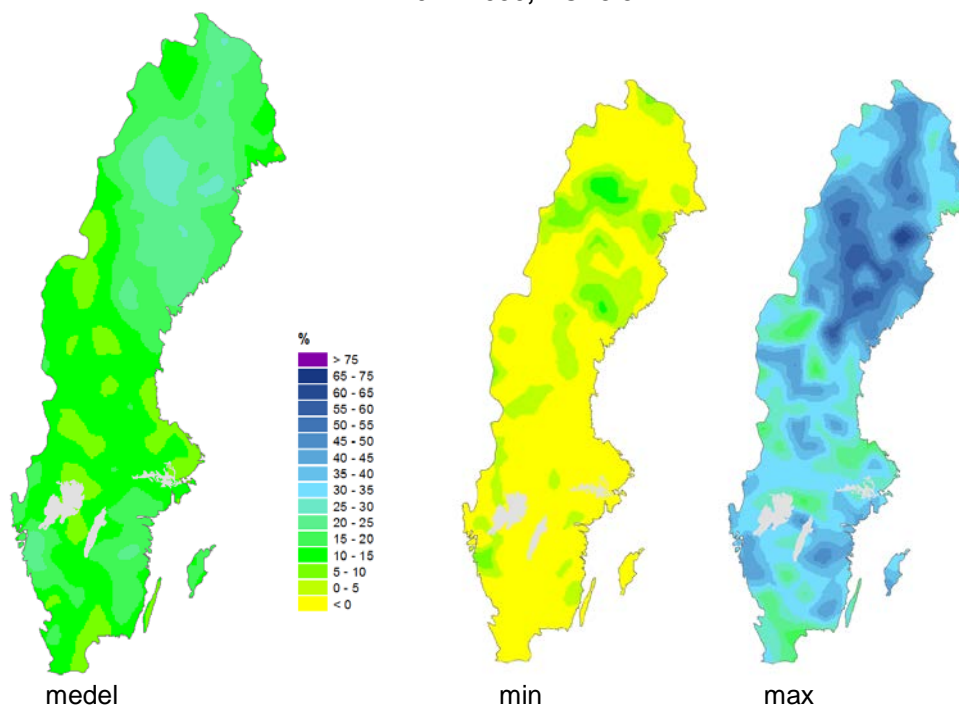
Figur A.14 Förändring (%) av 20-minutersnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Extrem nederbörd 1 timme

2021-2050, RCP4.5

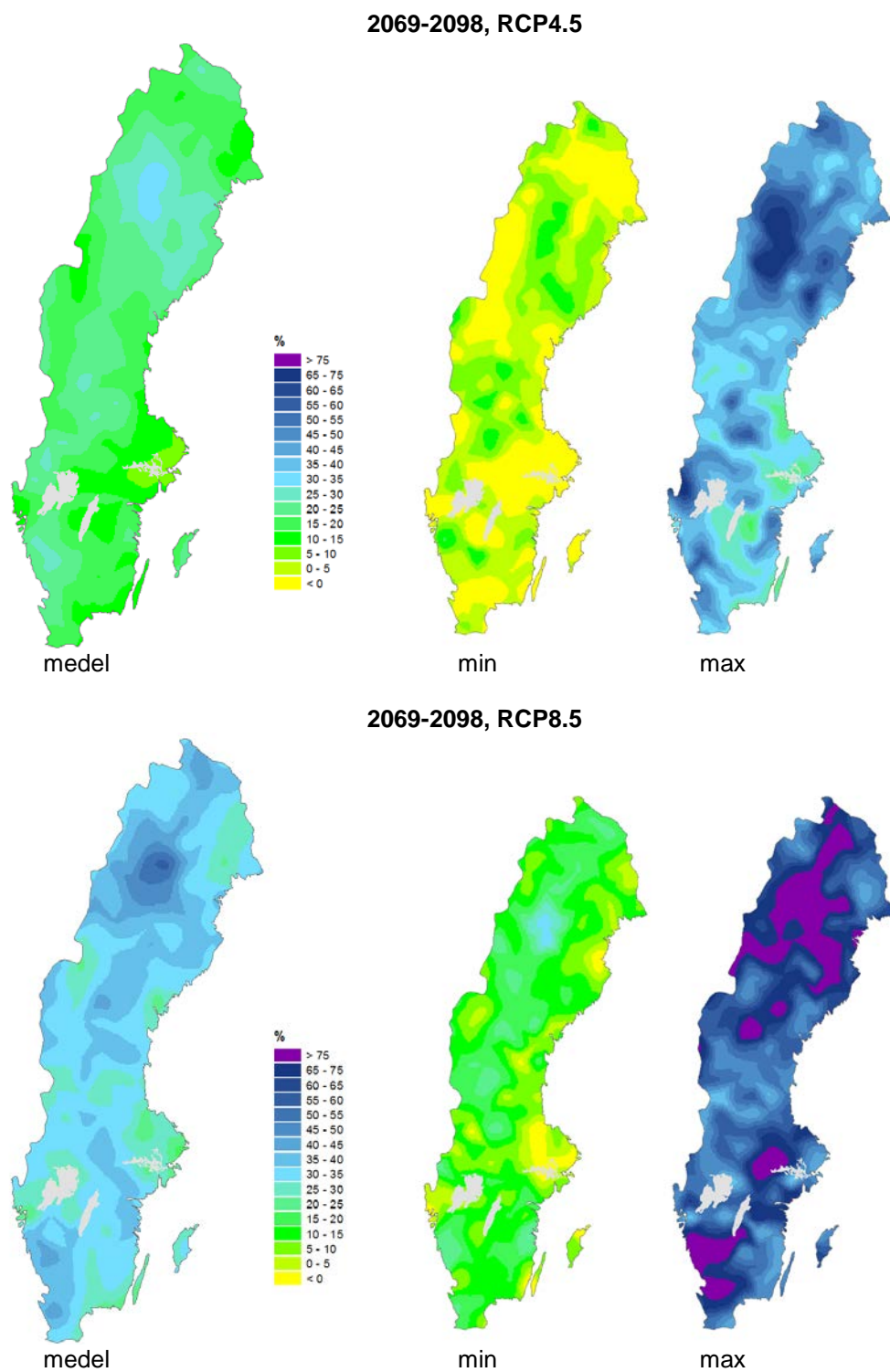


2021-2050, RCP8.5



Figur A.15 Förändring (%) av 1-timmesnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

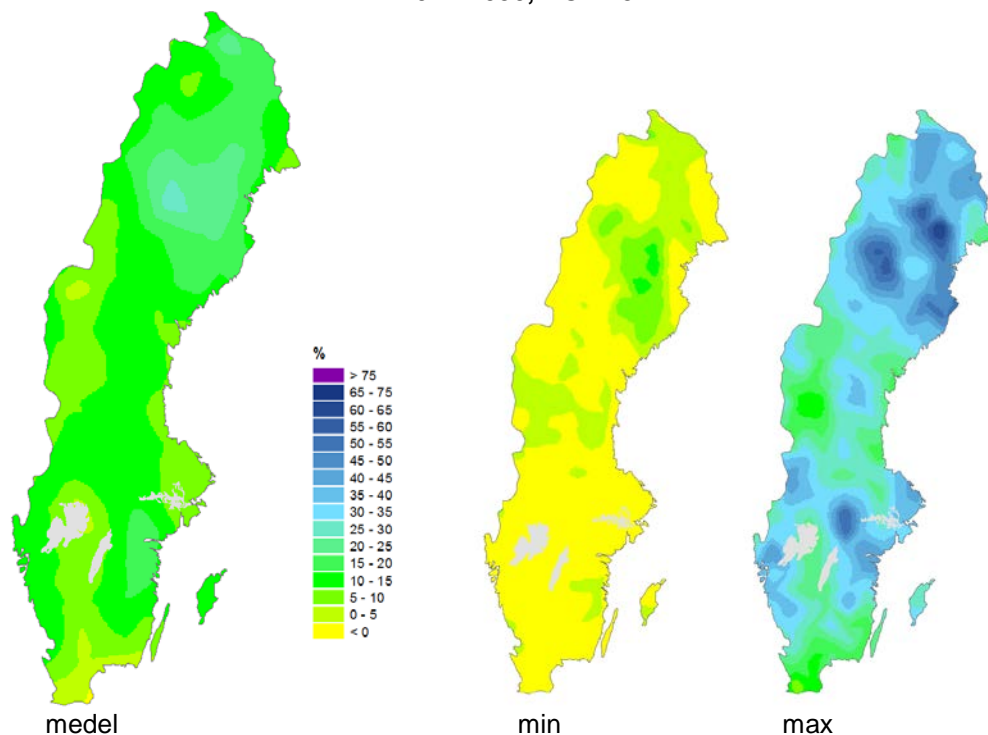
Extrem nederbörd 1 timme



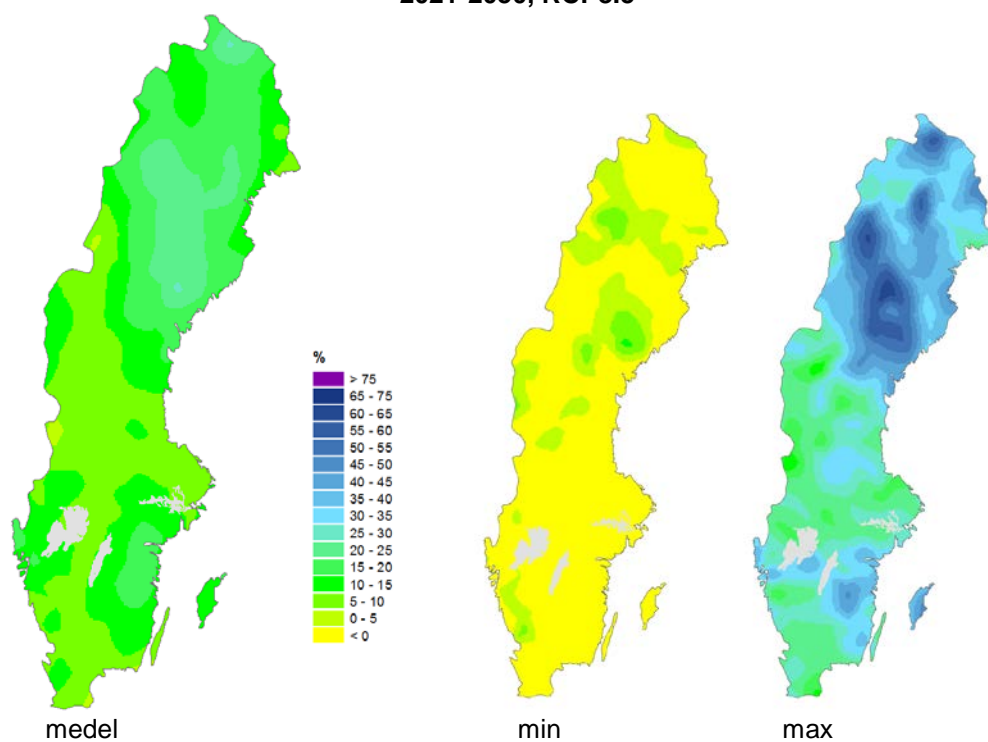
Figur A.16 Förändring (%) av 1-timmesnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Extrem nederbörd 3 timmar

2021-2050, RCP4.5



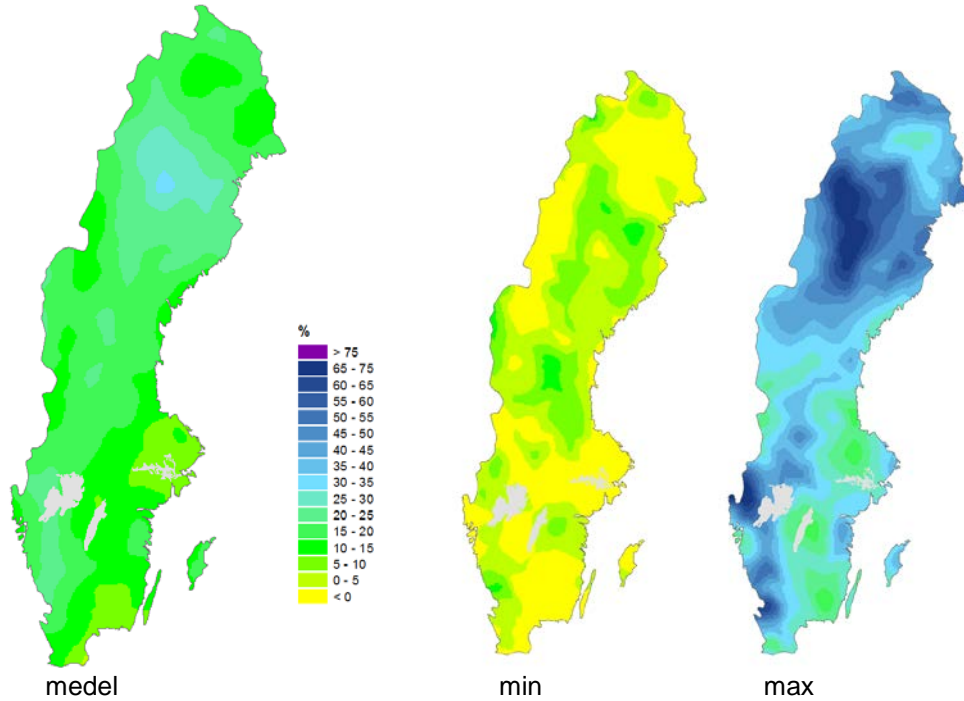
2021-2050, RCP8.5



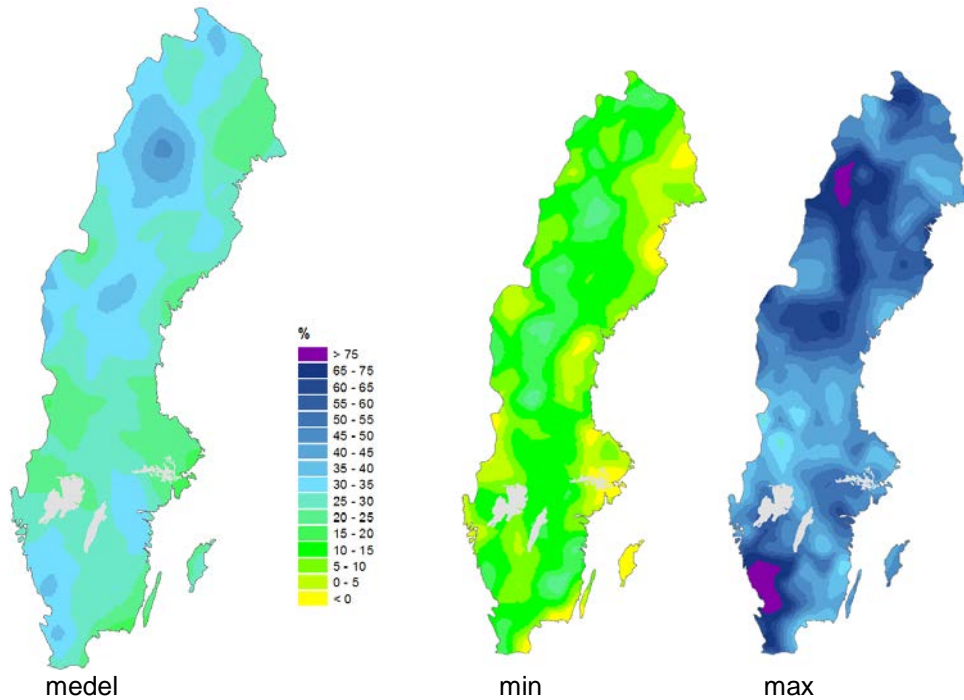
Figur A.17 Förändring (%) av 3-timmarsnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Extrem nederbörd 3 timmar

2069-2098, RCP4.5



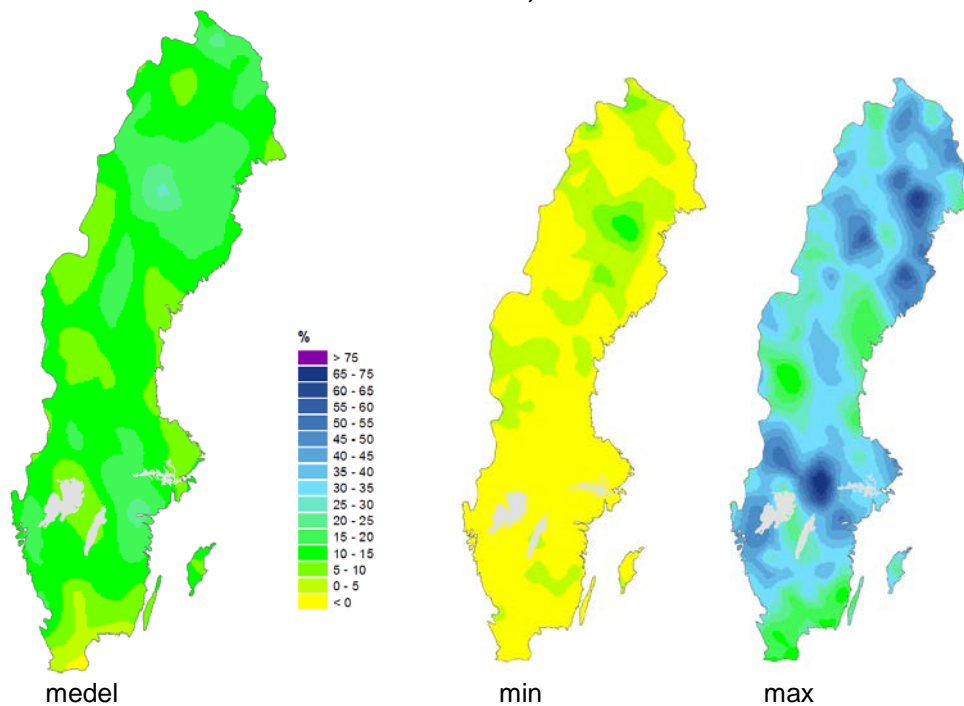
2069-2098, RCP8.5



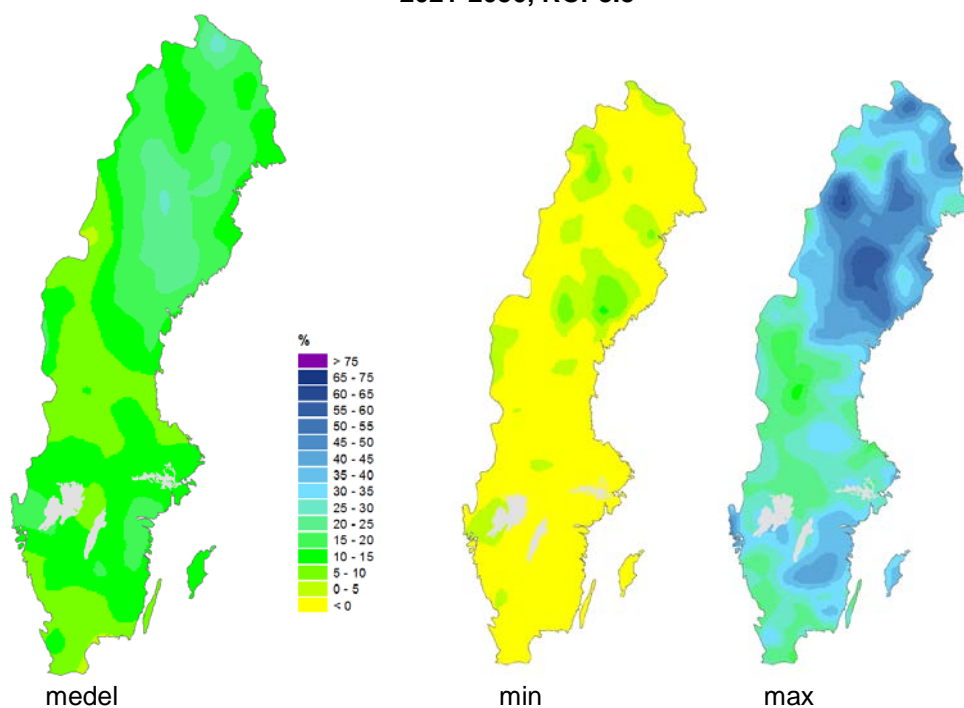
Figur A.18 Förändring (%) av 3-timmarsnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Extrem nederbörd 6 timmar

2021-2050, RCP4.5



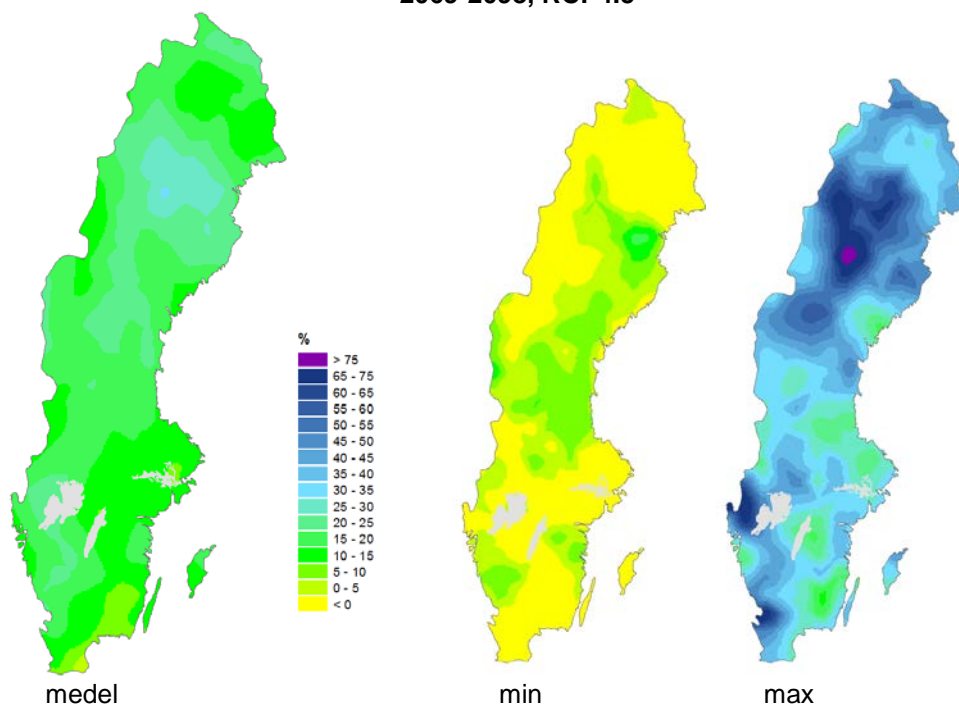
2021-2050, RCP8.5



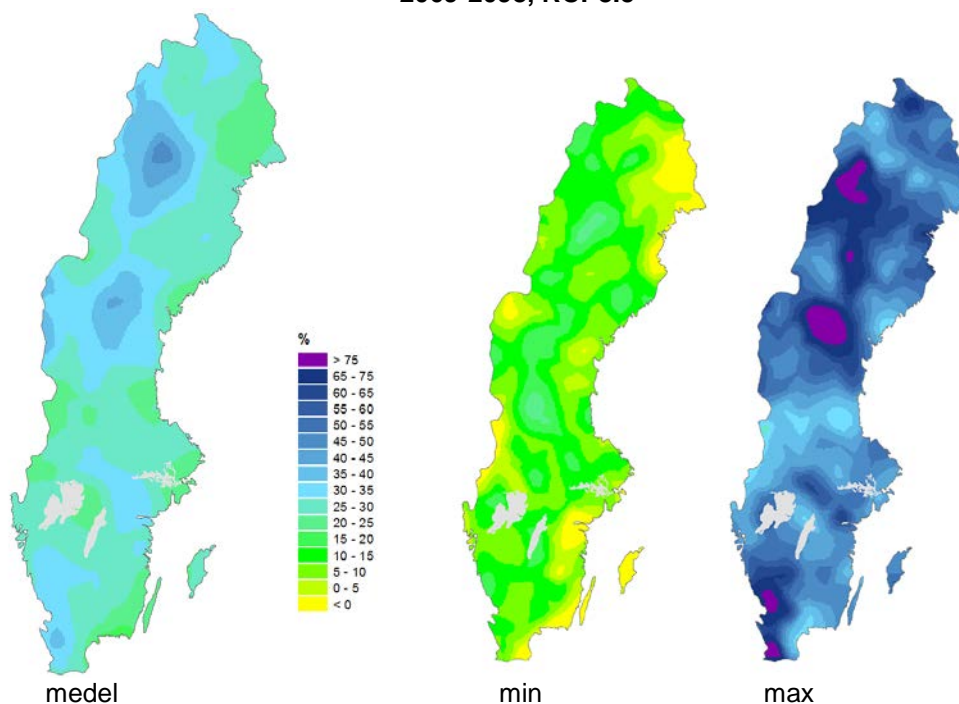
Figur A.19 Förändring (%) av 6-timmarsnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Extrem nederbörd 6 timmar

2069-2098, RCP4.5



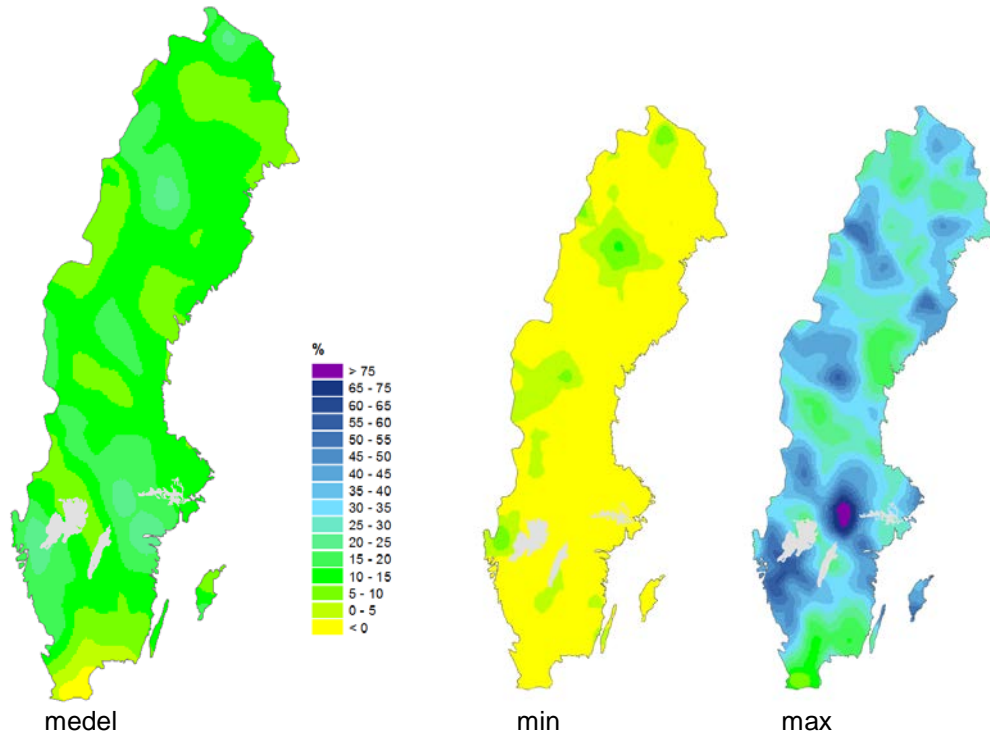
2069-2098, RCP8.5



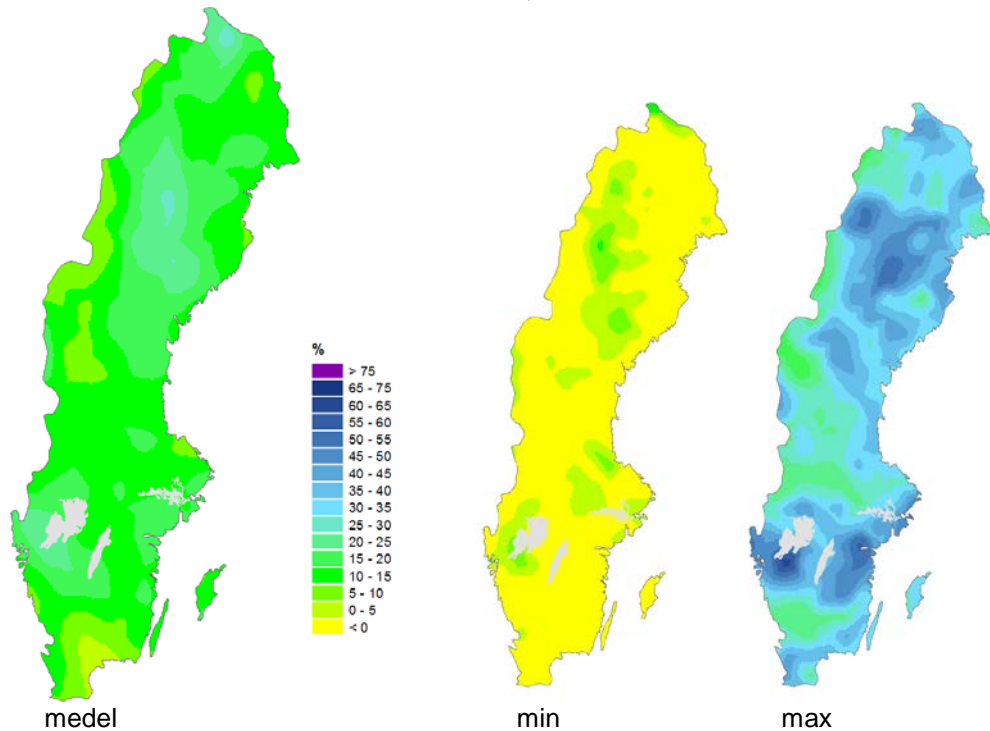
Figur A.20 Förändring (%) av 6-timmarsnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Extrem nederbörd 12 timmar

2021-2050, RCP4.5



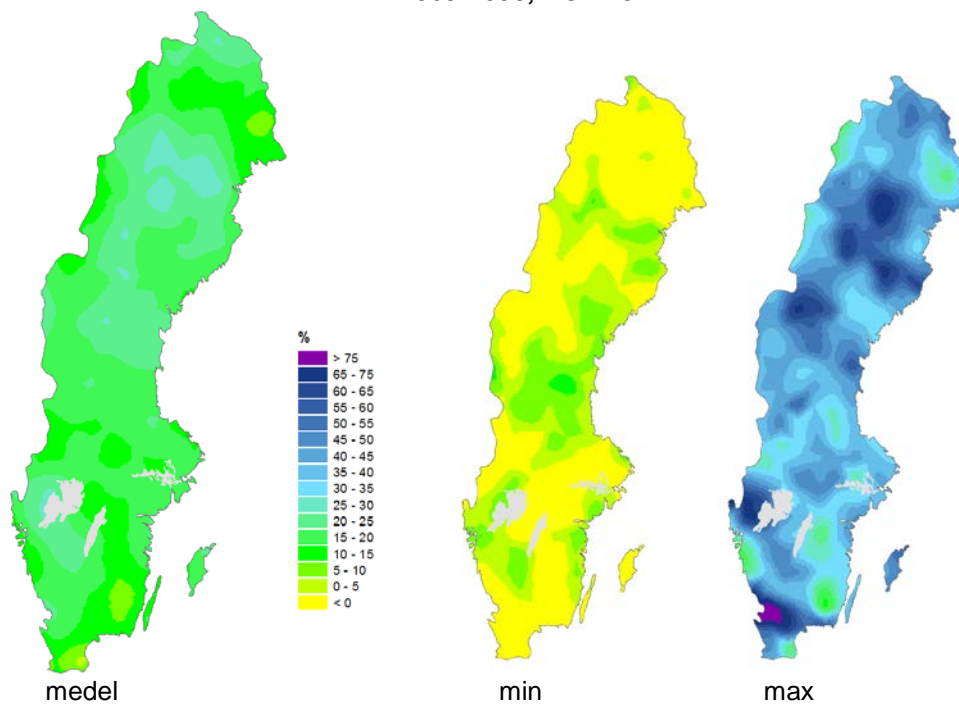
2021-2050, RCP8.5



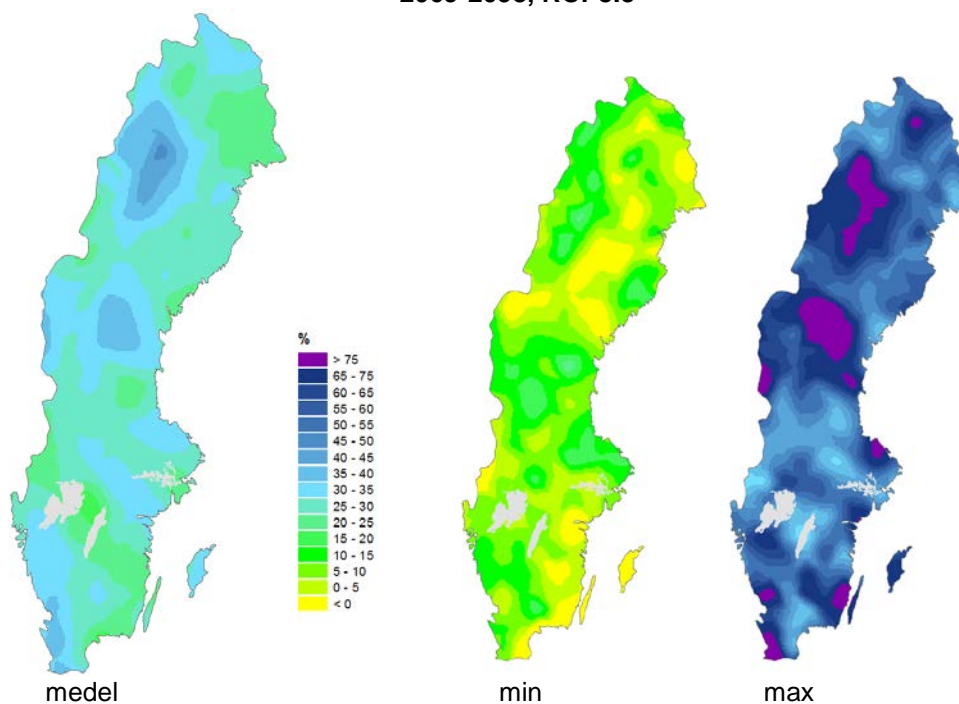
Figur A.21 Förändring (%) av 12-timmarsnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Extrem nederbörd 12 timmar

2069-2098, RCP4.5



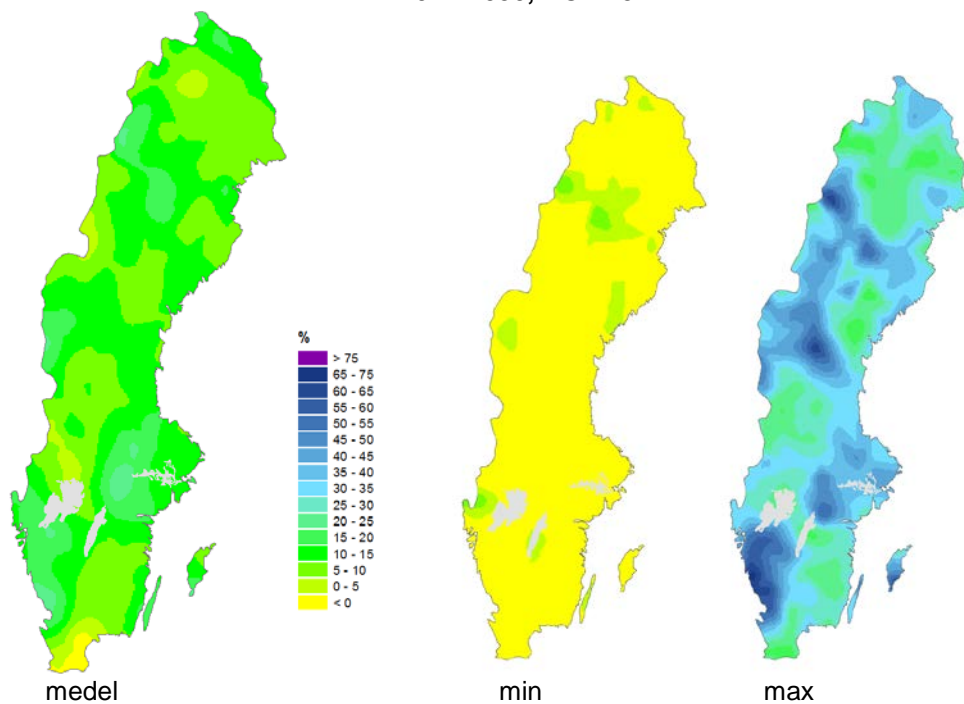
2069-2098, RCP8.5



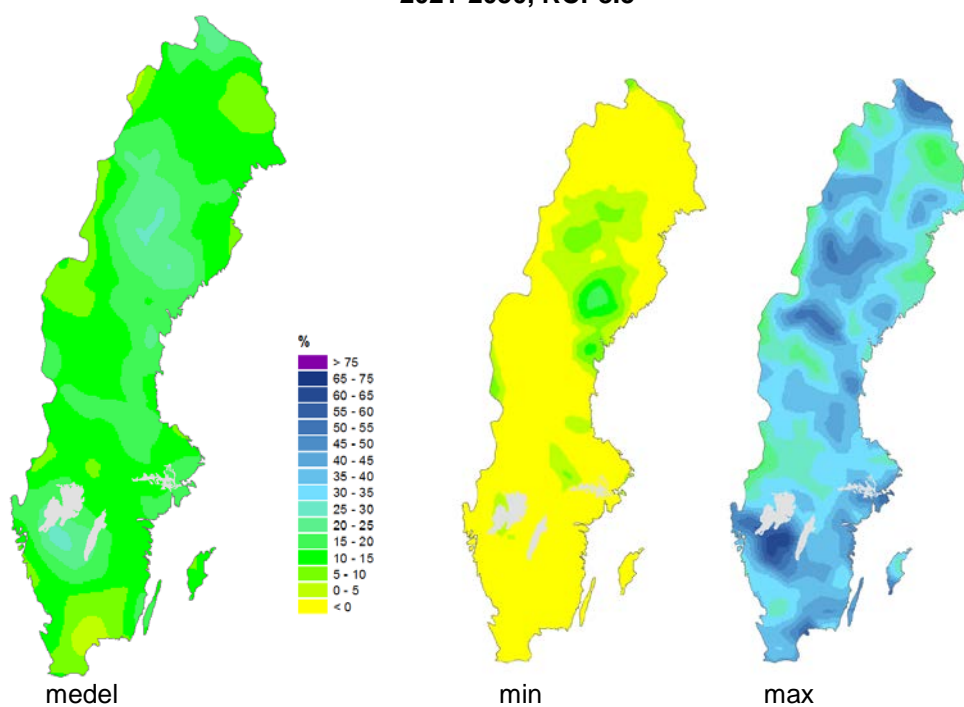
Figur A.22 Förändring (%) av 12-timmarsnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller

Extrem nederbörd 24 timmar

2021-2050, RCP4.5



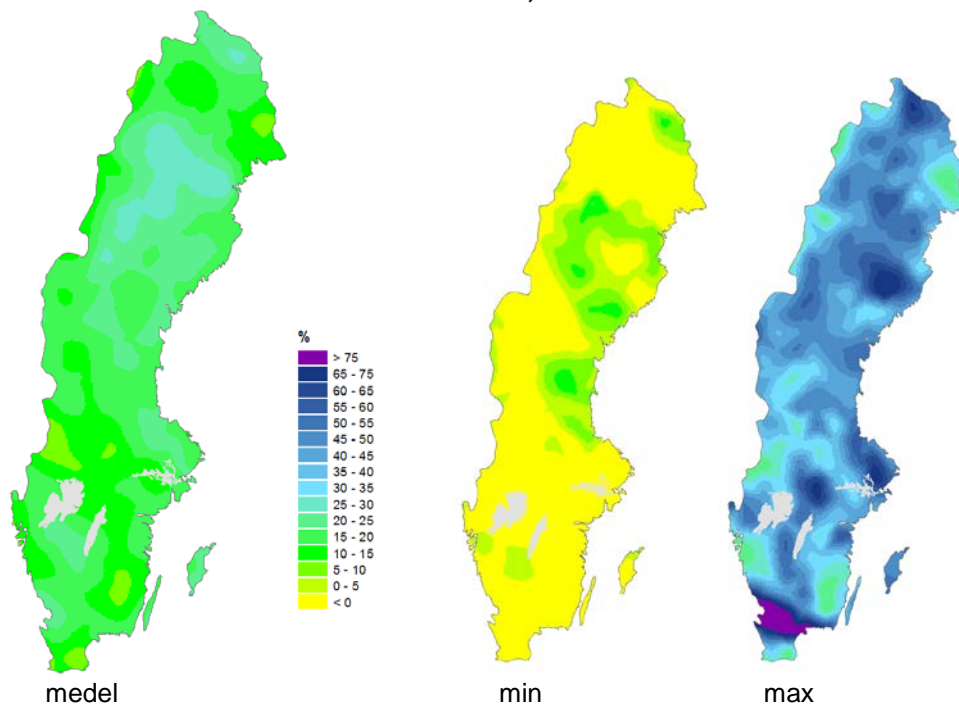
2021-2050, RCP8.5



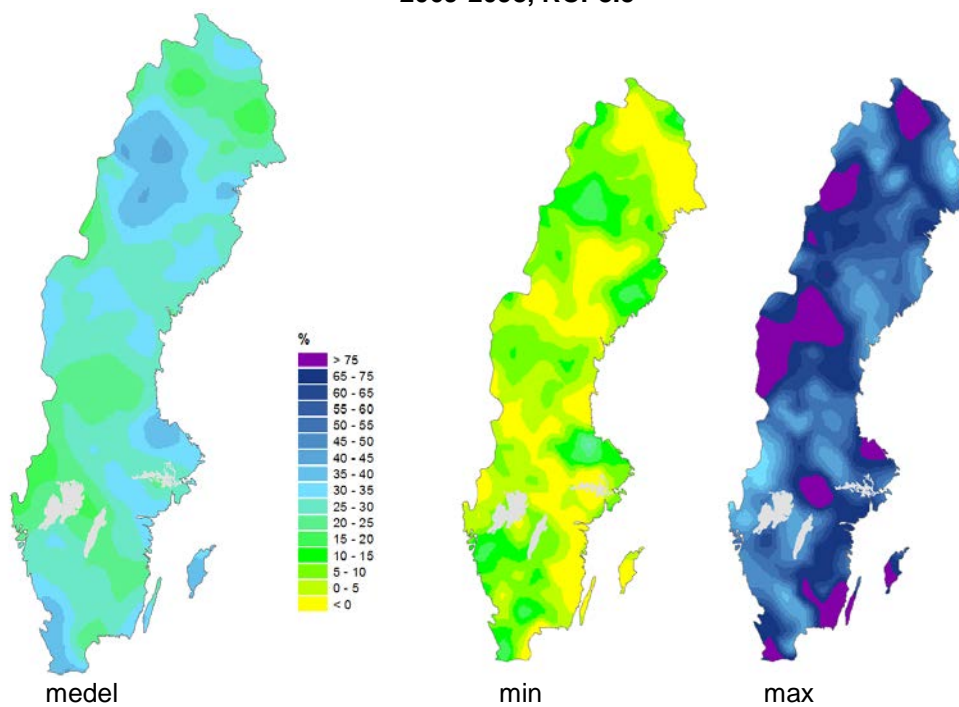
Figur A.23 Förändring (%) av 24-timmarsnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Extrem nederbörd 24 timmar

2069-2098, RCP4.5



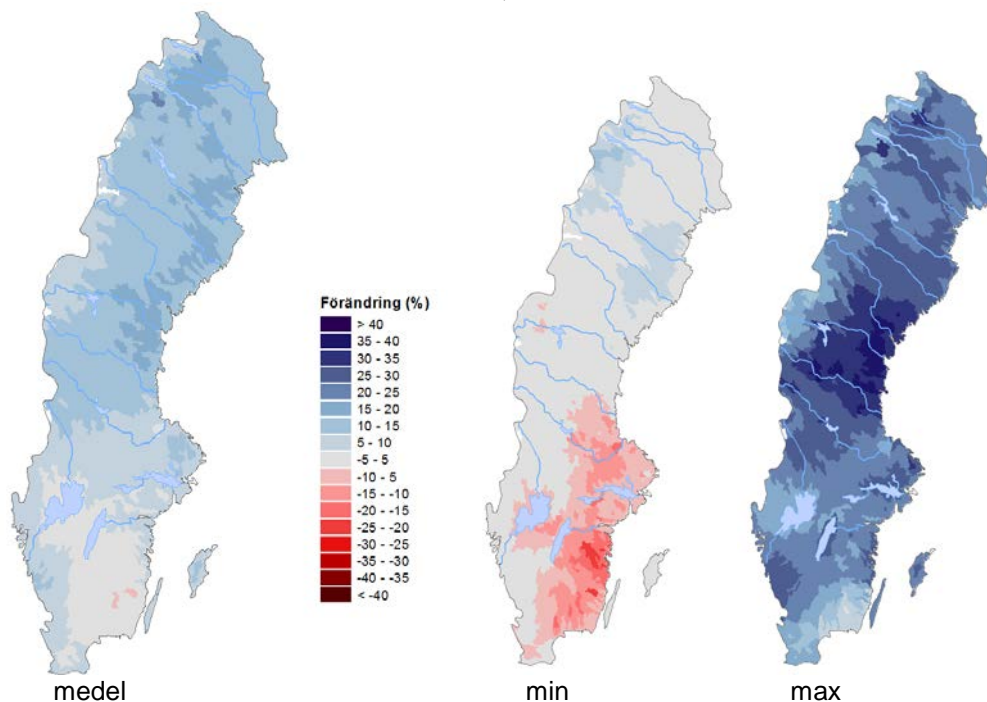
2069-2098, RCP8.5



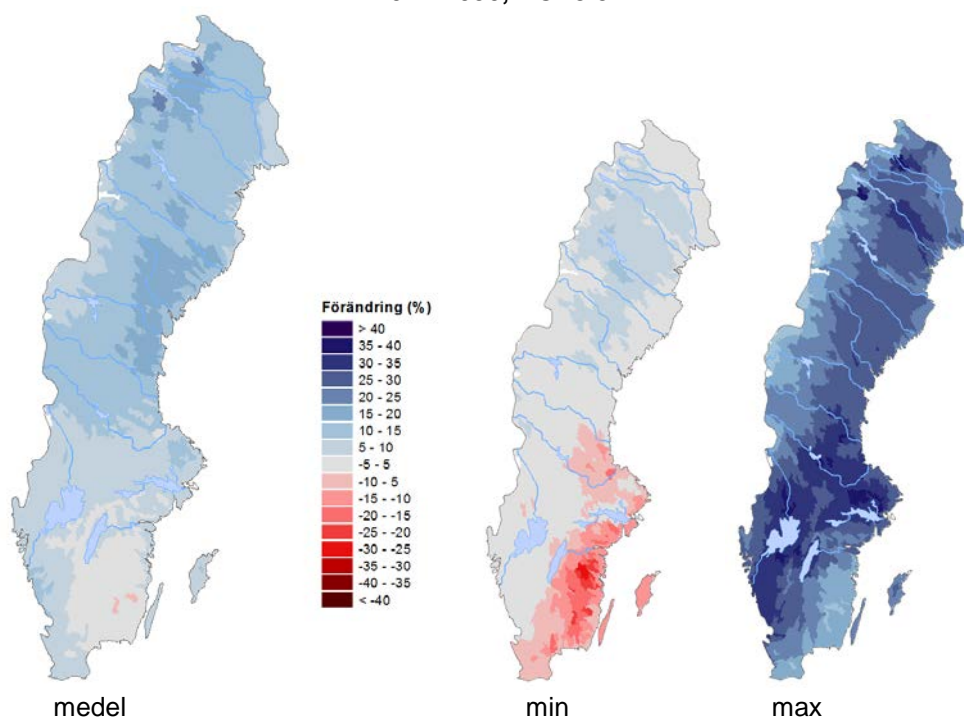
Figur A.24 Förändring (%) av 24-timmarsnederbörden med 10 års återkomsttid mellan referensperioden 1961-1990 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Vattentillgång för hela året

2021-2050, RCP4.5



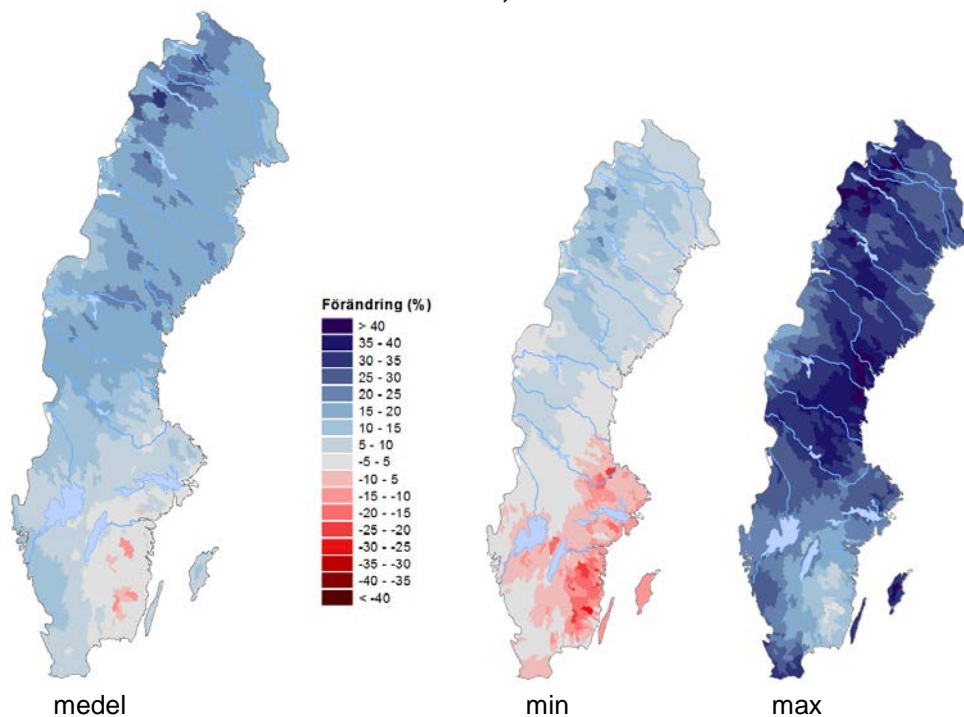
2021-2050, RCP8.5



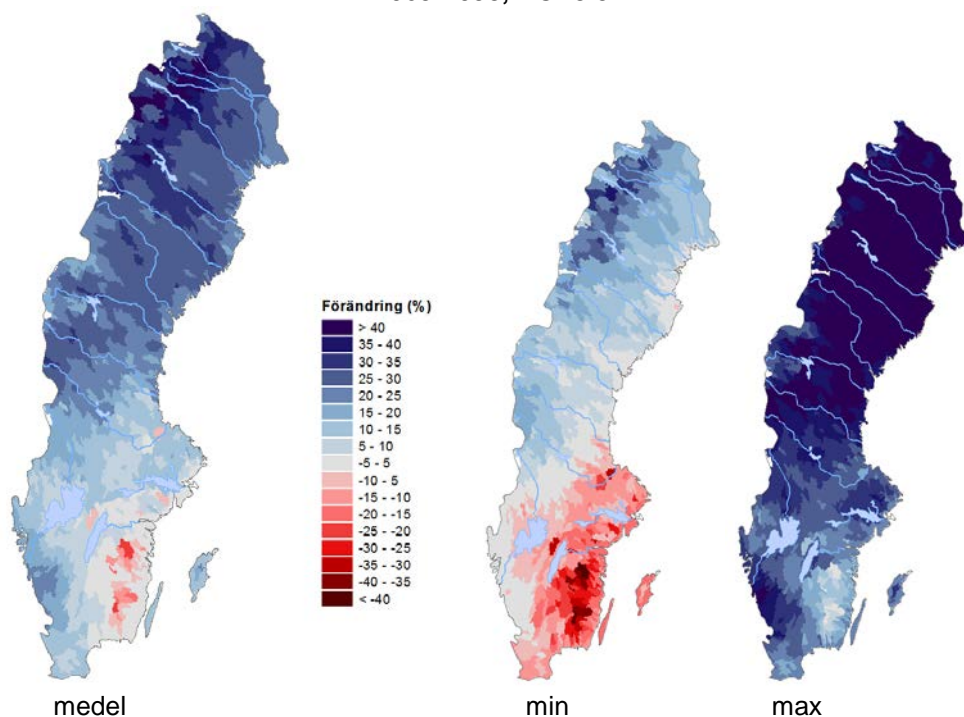
Figur A.25 Förändring (%) av Vattentillgång mellan referensperioden 1963-1992 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Vattentillgång för hela året

2069-2098, RCP4.5



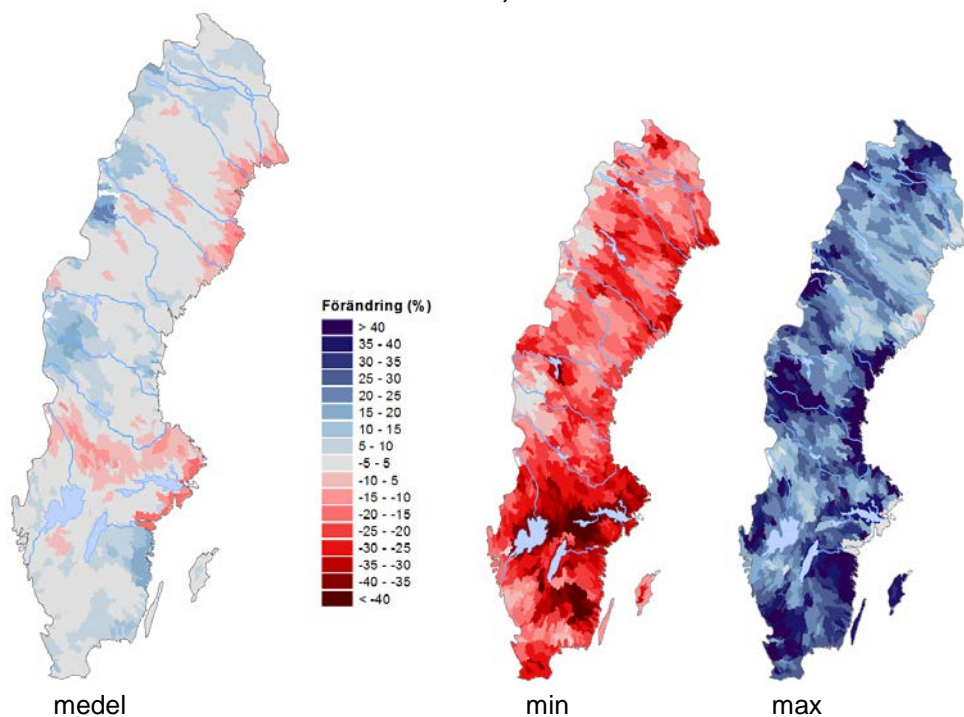
2069-2098, RCP8.5



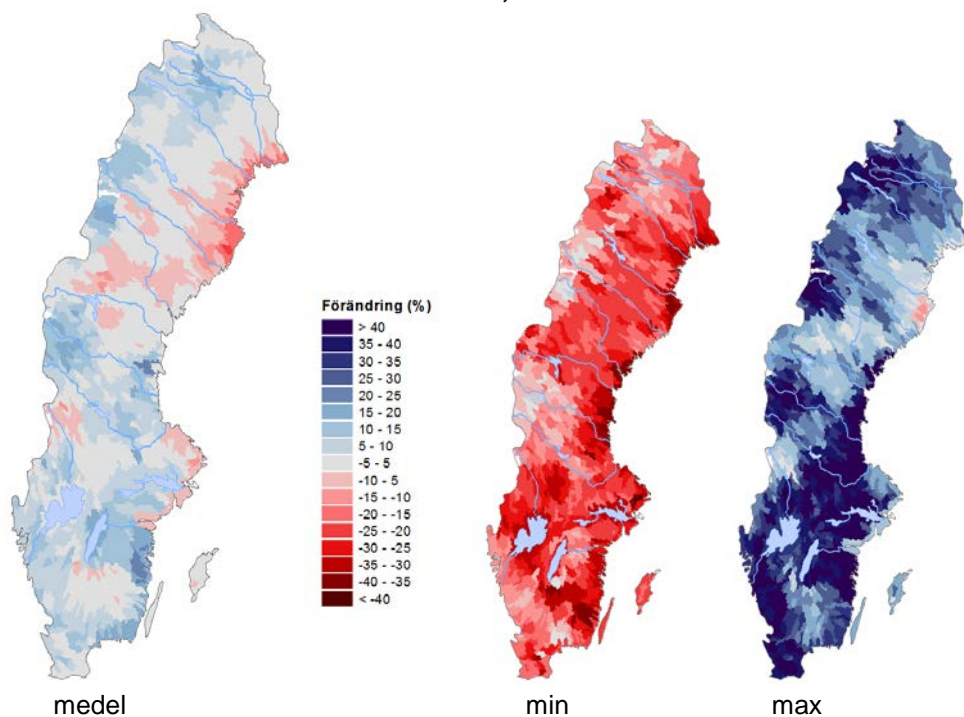
Figur A.26 Förändring (%) av vattentillgång mellan referensperioden 1963-1992 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

100-årsflöde

2021-2050, RCP4.5



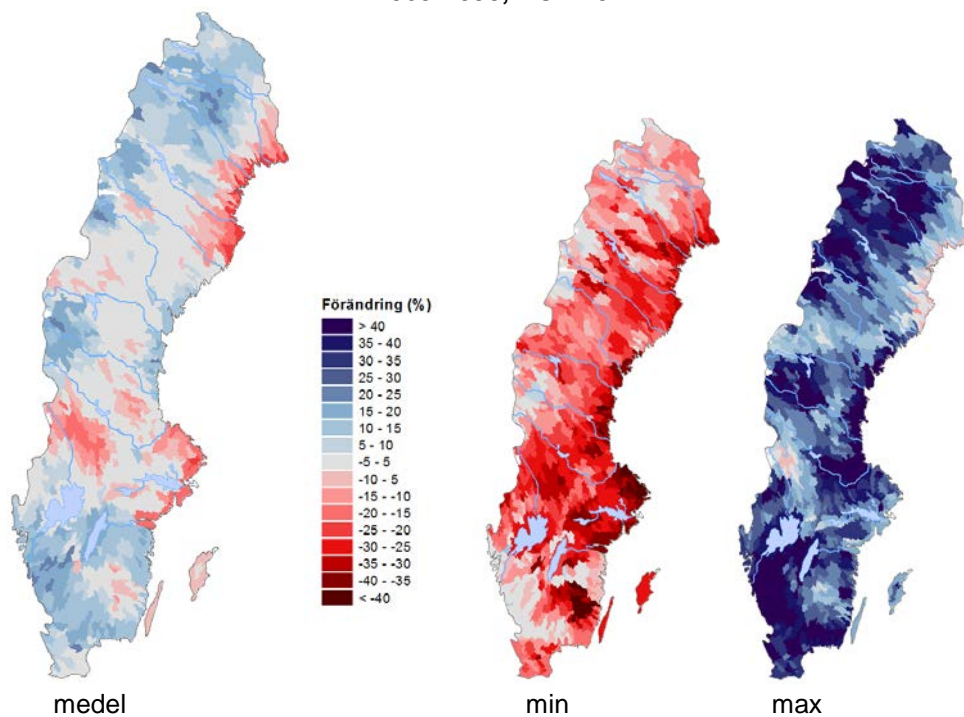
2021-2050, RCP8.5



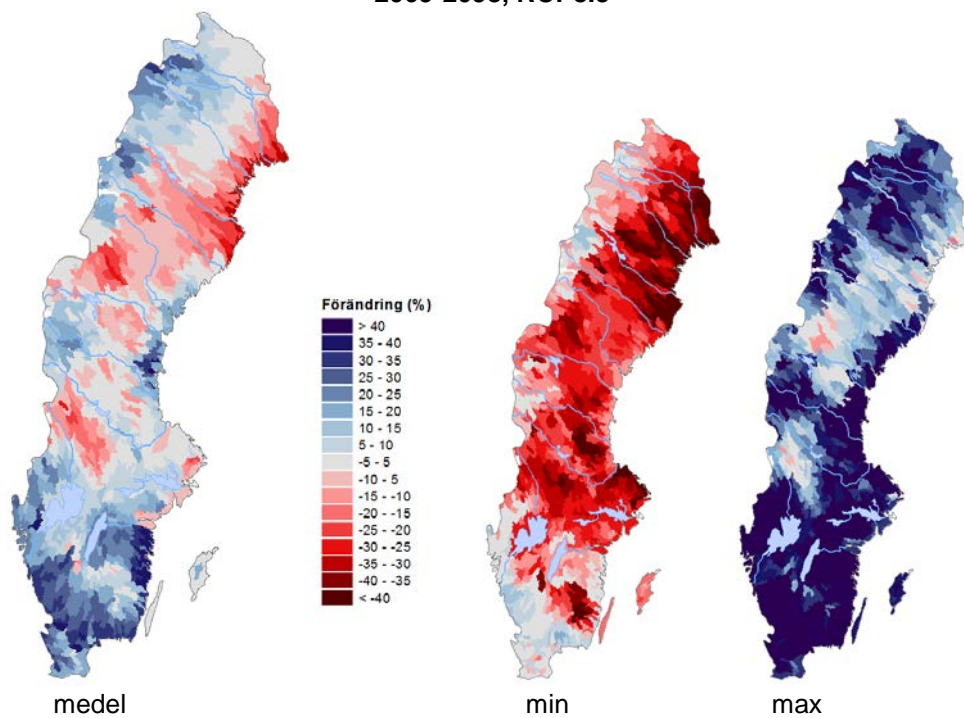
Figur A.27 Förändring (%) av 100-årsflödet mellan referensperioden 1963-1992 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

100-årsflöde

2069-2098, RCP4.5

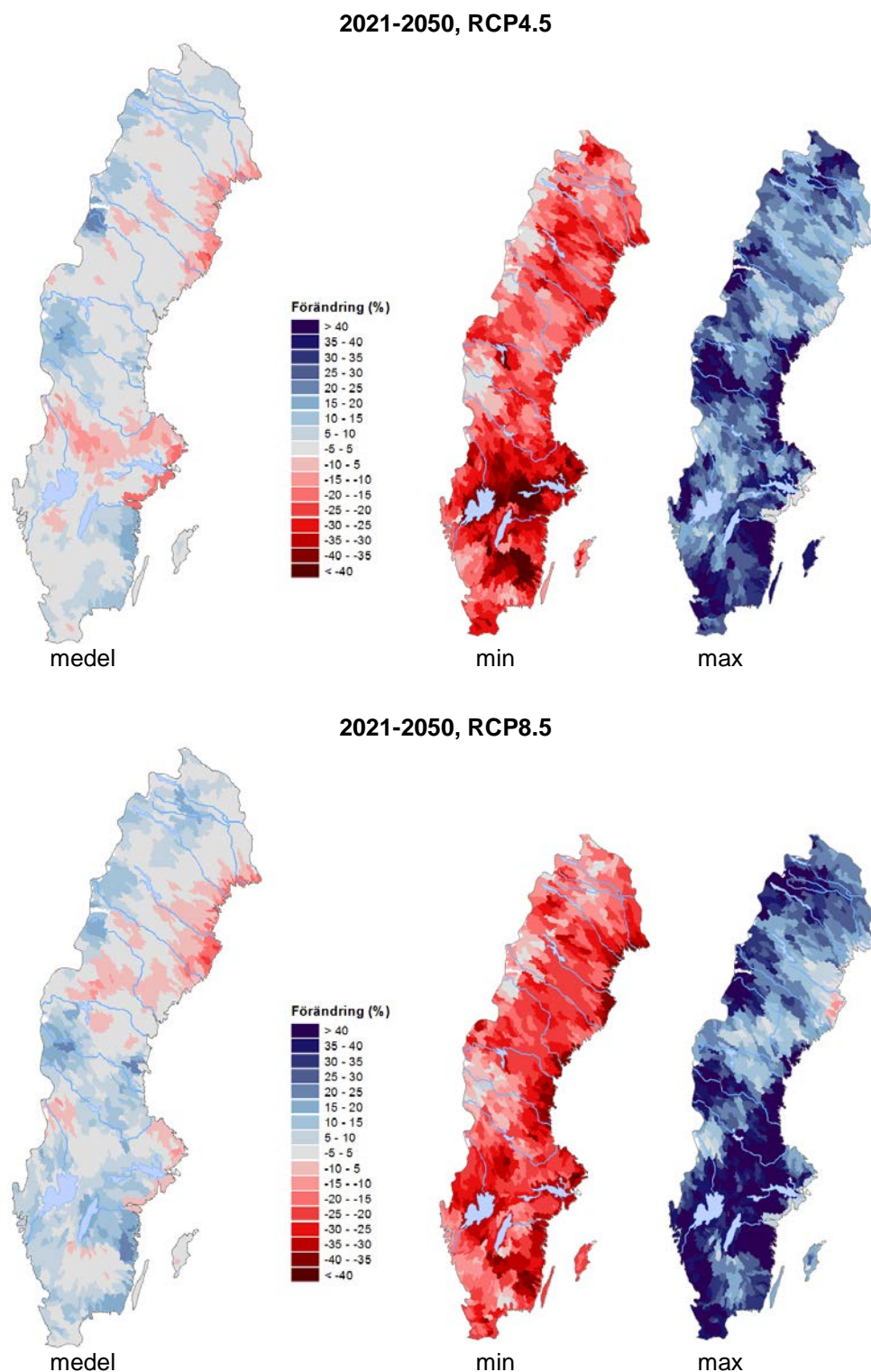


2069-2098, RCP8.5



Figur A.28 Förändring (%) av 100-årsflödet mellan referensperioden 1963-1992 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

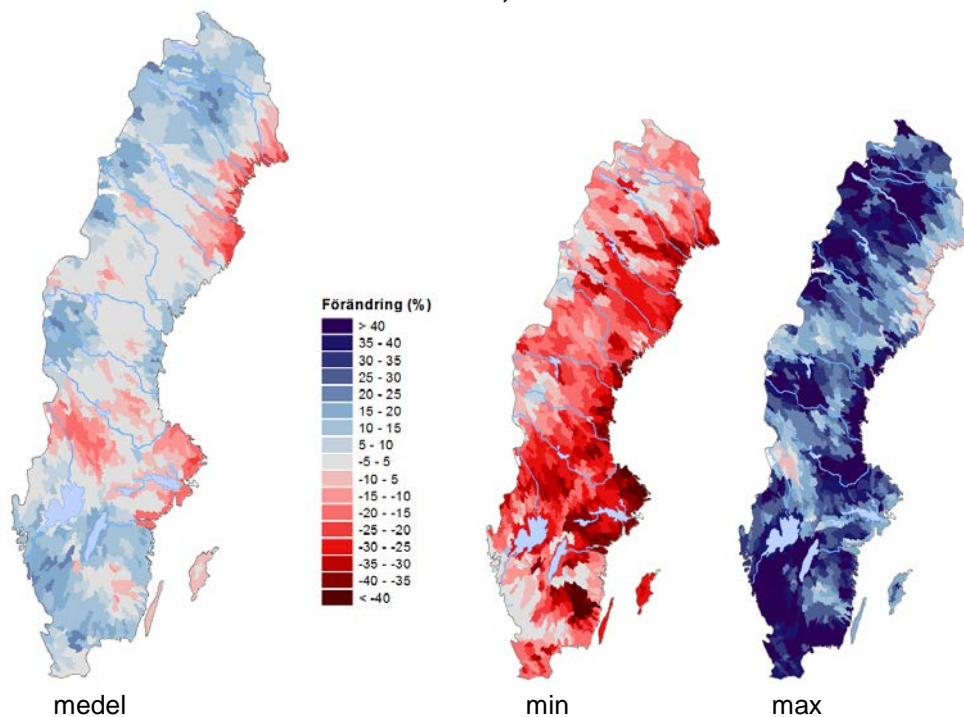
200-årsflöde



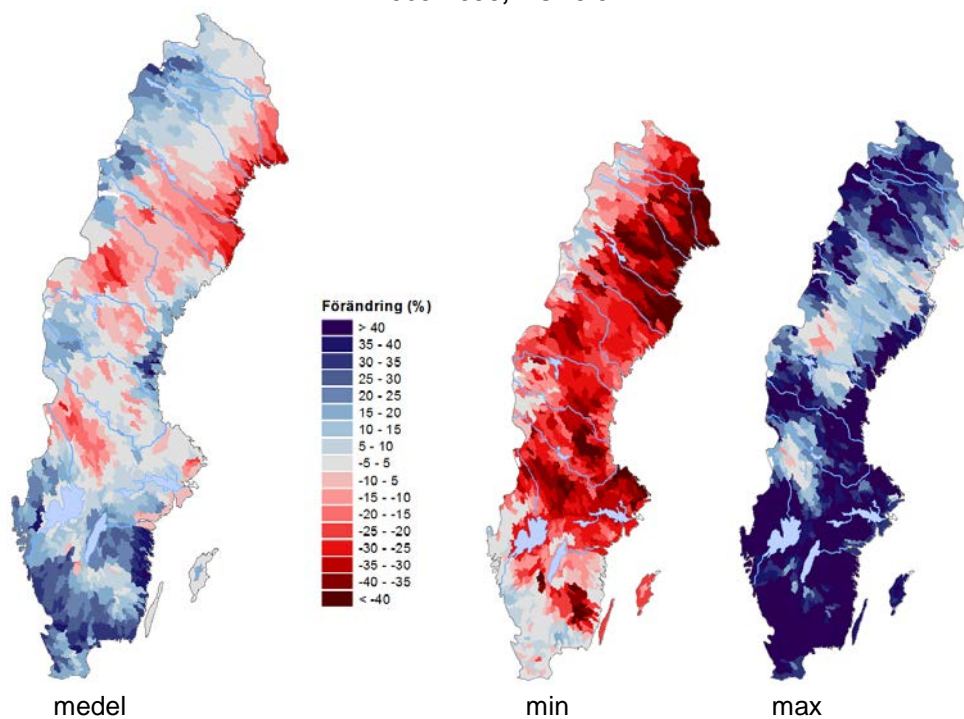
Figur A.29 Förändring (%) av 200-årsflödet mellan referensperioden 1963-1992 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

200-årsflöde

2069-2098, RCP4.5

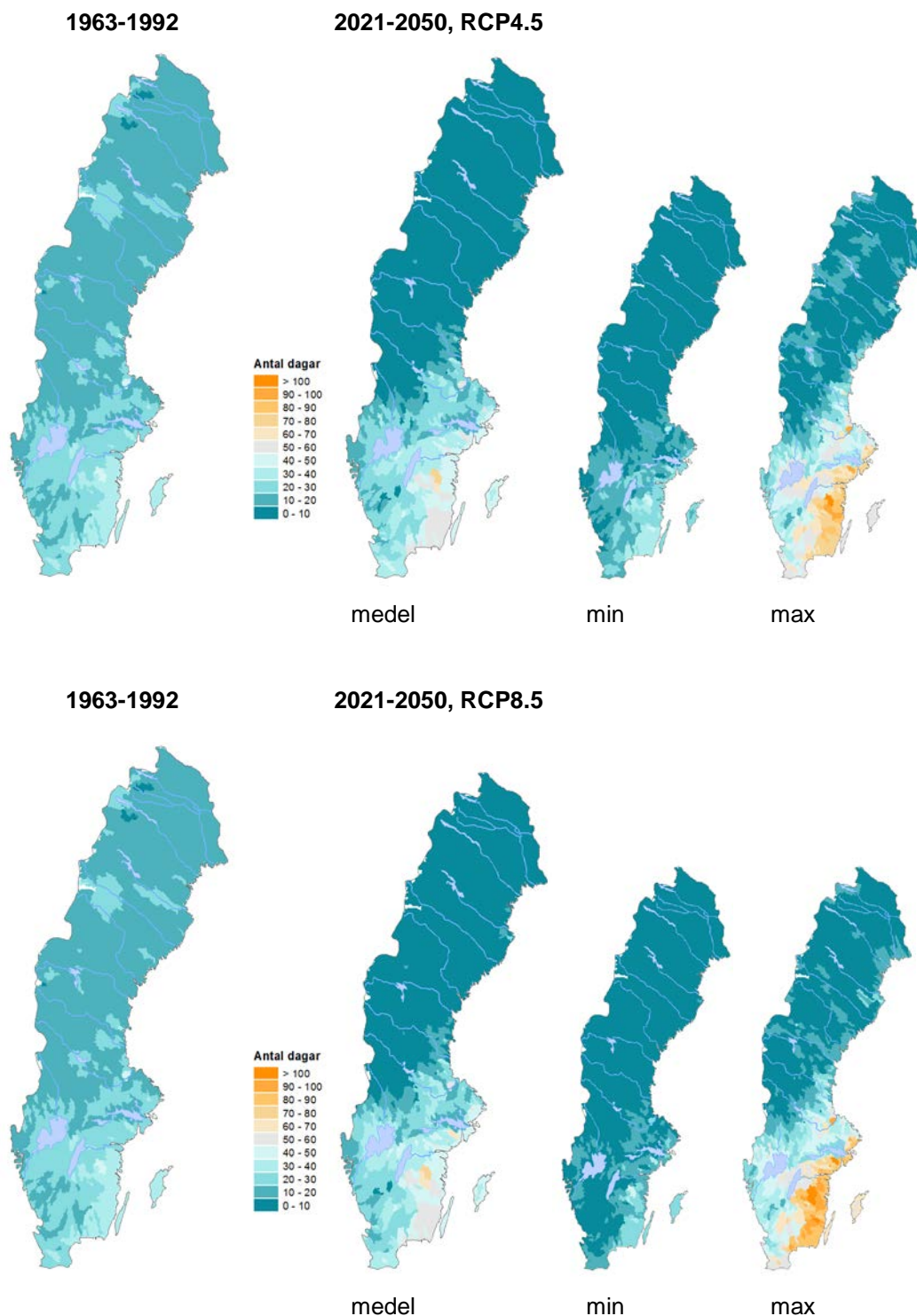


2069-2098, RCP8.5



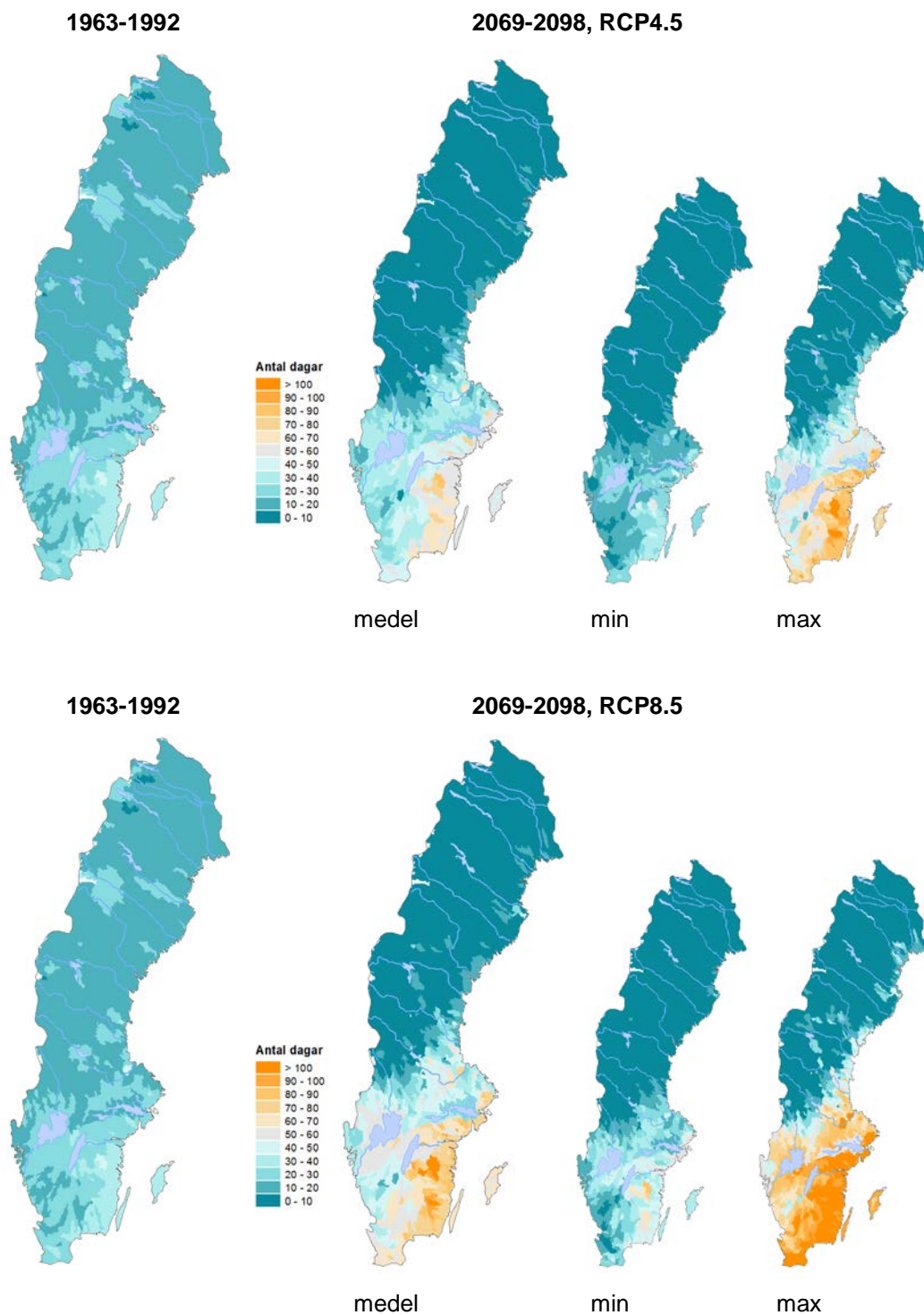
Figur A.30 Förändring (%) av 200-årsflödet mellan referensperioden 1963-1992 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Lågflöden



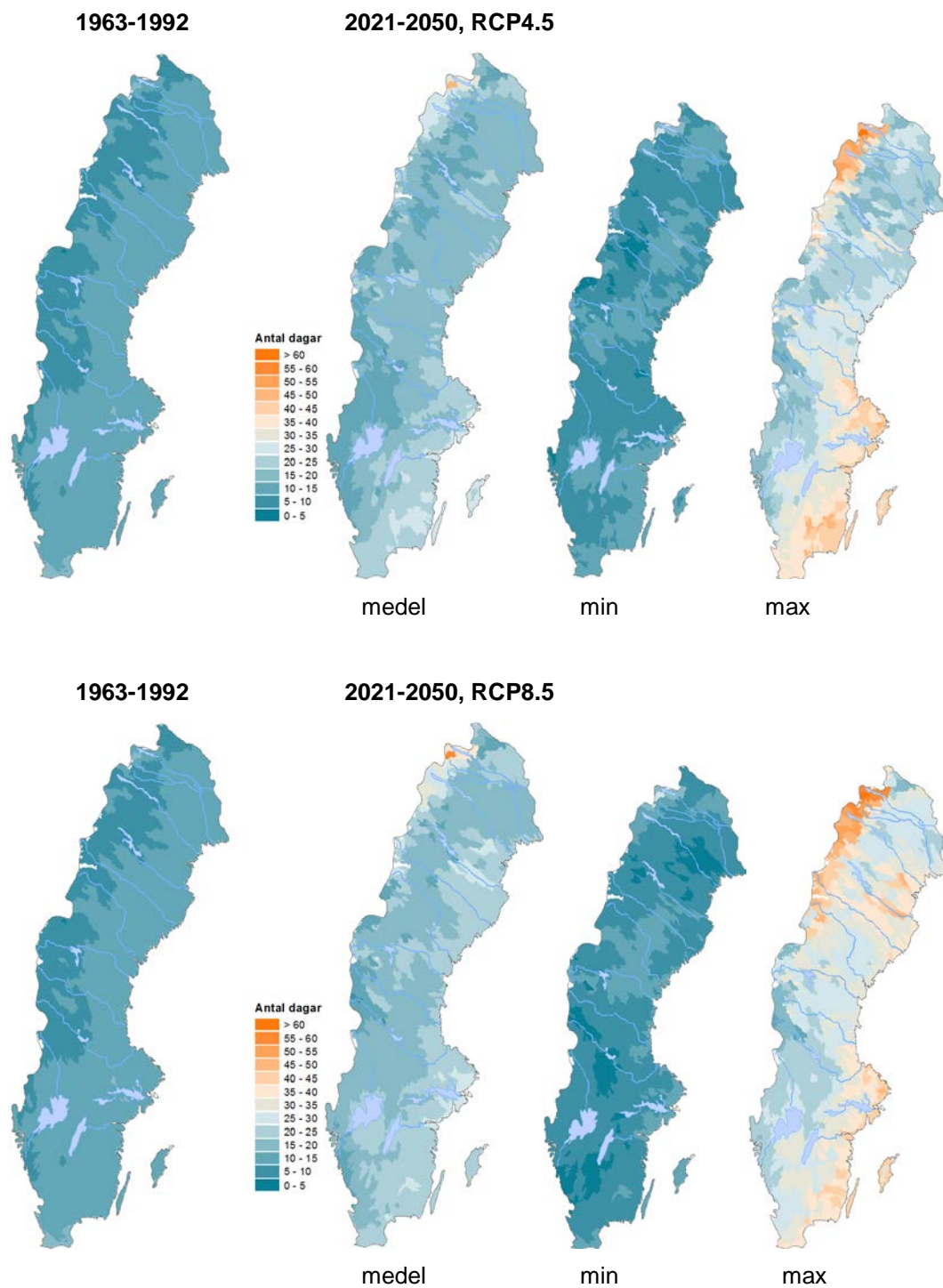
Figur A.31 Antal dagar per år med låga vattenflöden för referensperioden 1963-1992 samt för perioden 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Lågt vattenflöde definieras som flöden under medelvärdet av alla års lägsta vattenflöde för referensperioden 1961-1990. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Lågflöden



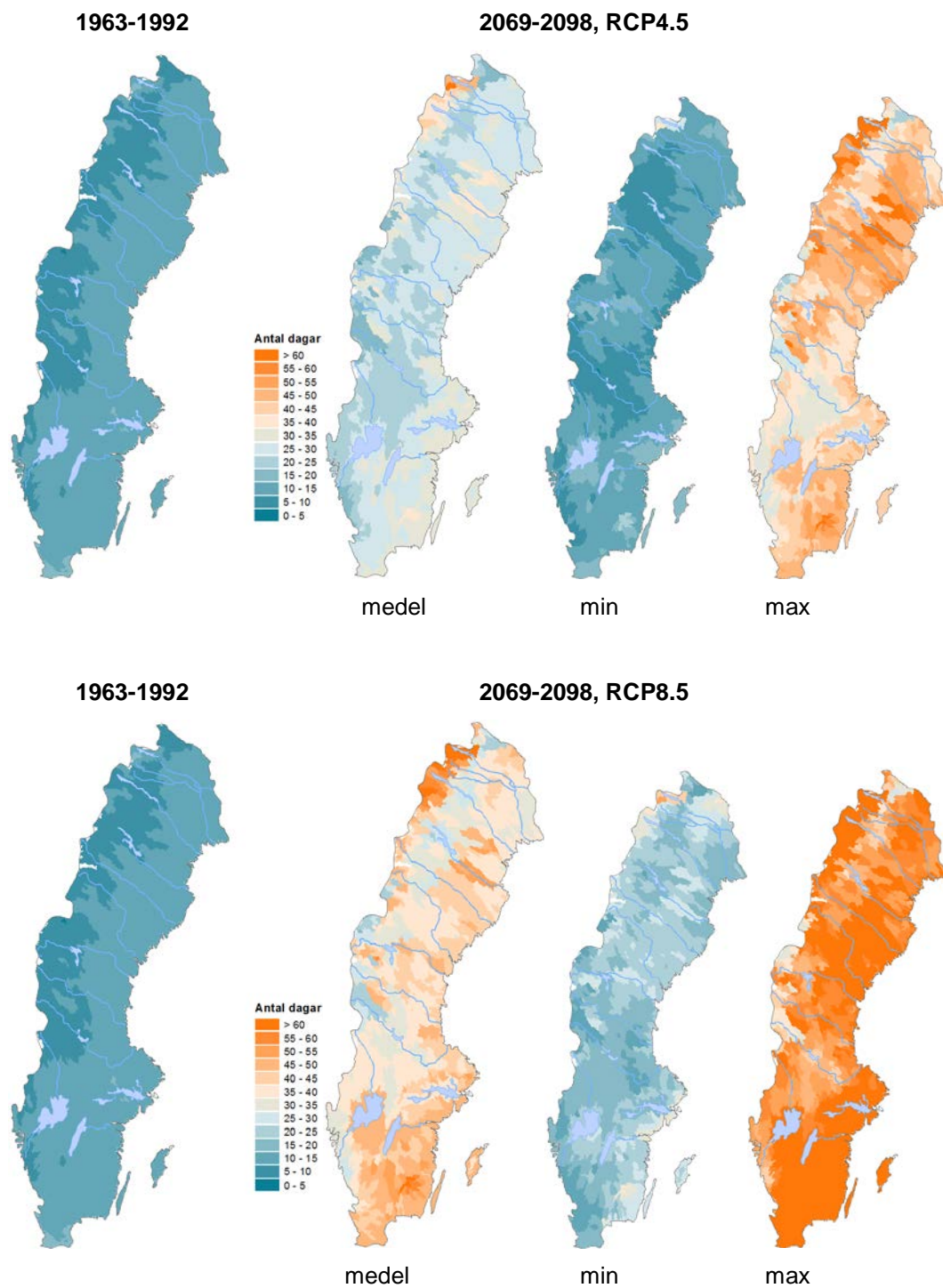
Figur A.32 Antal dagar per år med låga vattenflöden för referensperioden 1963-1992 samt för perioden 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Lågt vattenflöde definieras som flöden under medelvärdet av alla års lägsta vattenflöde för referensperioden 1961-1990. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningsspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Markvattenhalt



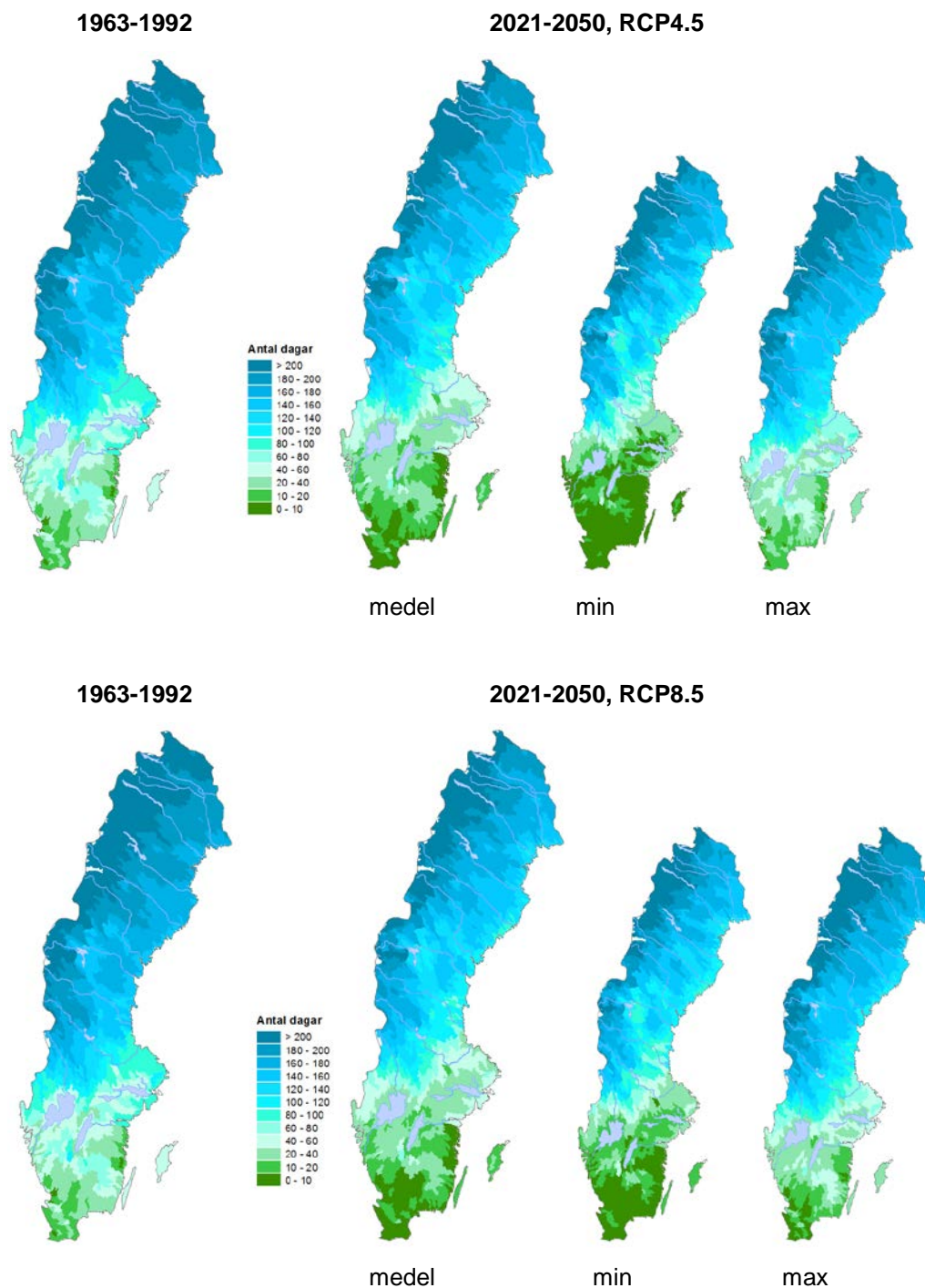
Figur A.31 Antal dagar per år med låg markvattenhalt för referensperioden 1963-1992 samt för perioden 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Låg markvattenhalt definieras som markvattenhalt under medelvärdet av alla års lägsta vattenflöde för referensperioden 1961-1990. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Markvattenhalt



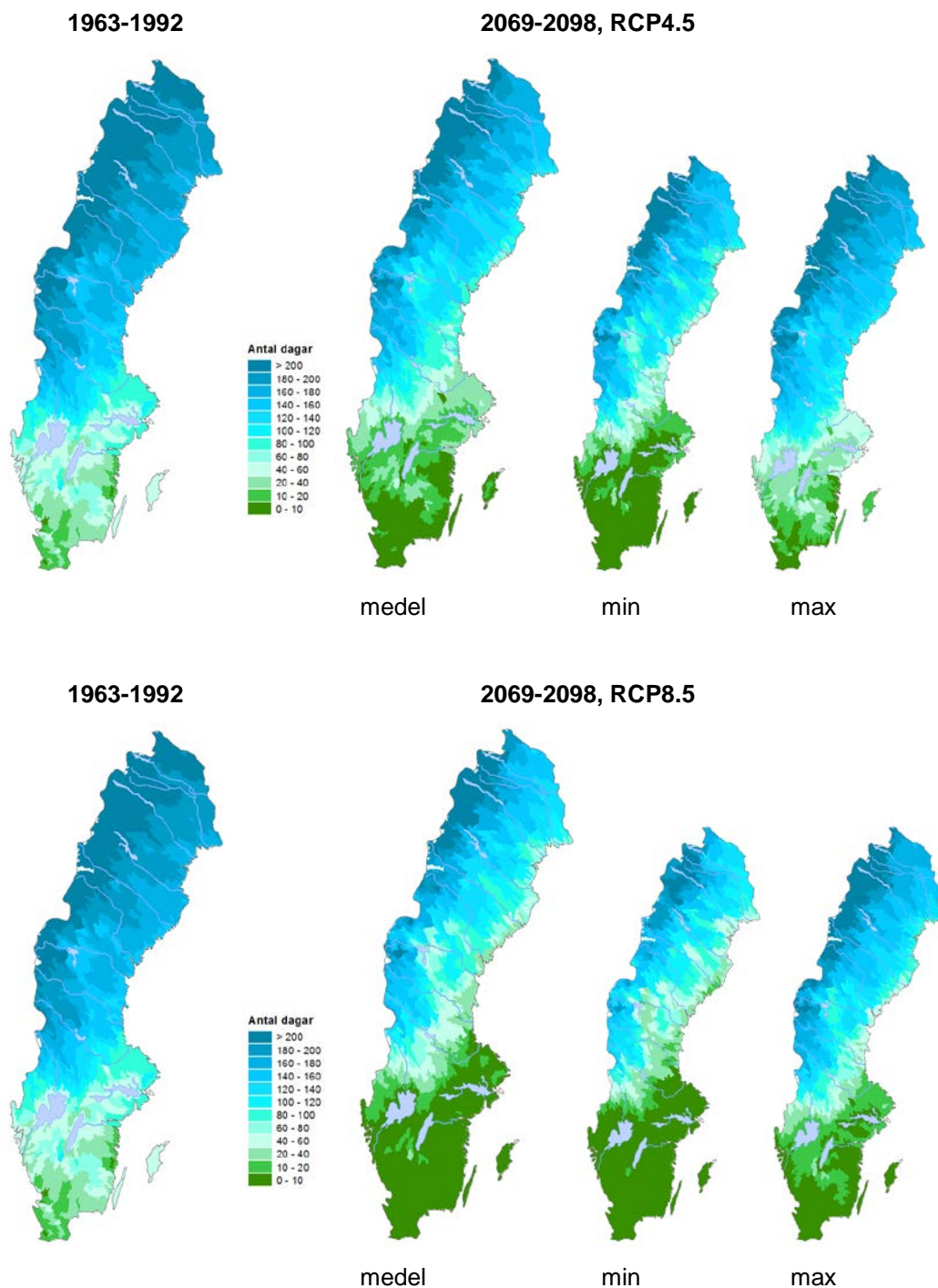
Figur A.32 Antal dagar per år med låg markvattenhalt för referensperioden 1963-1992 samt för perioden 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Låg markvattenhalt definieras som markvattenhalt under medelvärdet av alla års lägsta vattenflöde för referensperioden 1961-1990. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Antal dagar med snötäcke



Figur A.33 Antal dagar per år med snötäcke för referensperioden 1963-1992 och 2021-2050. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

Antal dagar med snötäcke



Figur A.34 Antal dagar per år med snötäcke för referensperioden 1963-1992 och 2069-2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Kartorna för max och min visar resultat från den modell som ger den högsta respektive lägsta ökningen för varje beräkningspunkt. De vänstra kartorna är ett medelvärde för samtliga modeller.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien KLIMATOLOGI har tidigare utgivits:

- 1 Lotta Andersson, Julie Wilk, Phil Graham, Michele Warburton, (University KwaZulu Natal) (2009)
Local Assessment of Vulnerability to Climate Change Impacts on Water Resources in the Upper Thukela River Basin, South Africa – Recommendations for Adaptation
- 2 Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete
- 3 Jonas Olsson, Joel Dahné, Jonas German, Bo Westergren, Mathias von Scherling, Lena Kjellson, Fredrik Ohls, Alf Olsson (2010)
En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem
- 4 Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Döscher, Henrik Smith (2011)
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av natur-vetenskapliga aspekter
- 5 Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012.
- 6 Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige.
- 7 Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utföringen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (2014)
FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Effekter, anpassning och sårbarhet.
- 8 Att begränsa klimatförändringar. (2014)
(Ej publicerad)
9. Eric Kjellström SMHI. Reino Abrahamsson, Pelle Boberg. Eva Jernbäcker Naturvårdsverket. Marie Karlberg, Julien Morel
Energimyndigheten och Åsa Sjöström SMHI. (2014)
Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget
- 10- Risker och konsekvenser för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt (2014)
11. Gunn Persson (2015)
Vägledning för användande av klimatscenarier.
- 12 Lotta Andersson, Anna Bohman, Lisa van Well, Anna Jonsson, Gunn Persson och Johanna Farelus (2015)
Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat.

SMHI

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 1654-2258