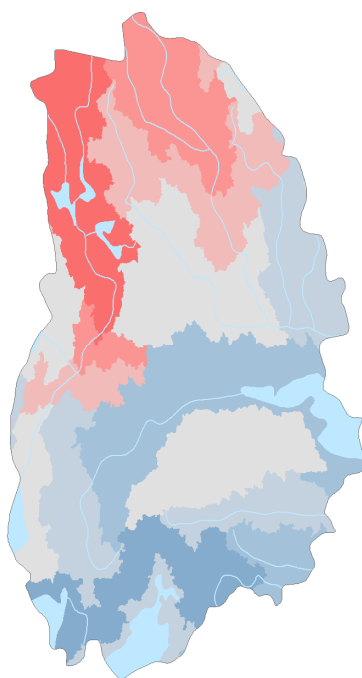


Framtidsklimat i Örebro län

– enligt RCP-scenarier

Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson och Elin Sjökvist



Pärmbilden visar den beräknade totala 100-årstillrinningens förändring vid slutet av seklet enligt RCP8.5 jämfört med referensperioden.

KLIMATOLOGI Nr 18, 2015

Framtidsklimat i Örebro län

– enligt RCP-scenarier

Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson och Elin Sjökvist

Sammanfattning

Hur klimatet i Örebro län utvecklas beror på hur användningen av fossila bränslen blir i framtiden, dvs. hur mycket mängden växthusgaser ökar i atmosfären. Rapporten beskriver dagens och framtidens klimat i Örebro län baserat på observationer och beräkningar utifrån två olika utvecklingsvägar, begränsade utsläpp (RCP4.5) respektive höga utsläpp (RCP8.5).

Geografiskt detaljerade klimatdata har framtagits och använts för hydrologisk modellering. Resultaten beskrivs i form av olika klimatindex, dvs. medelvärden, säsongsvariationer och mer extrema förhållanden, baserade på statistiska bearbetningar av modelldata.

Årsmedeltemperaturen för Örebro län beräknas öka med knappt 3 grader till slutet av seklet enligt RCP4.5 och ca 5 grader enligt RCP8.5. Störst uppvärmning sker vintertid med uppemot 6 grader enligt RCP8.5. Vegetationsperioden ökar med 40-75 dagar och antalet varma dagar blir fler. RCP8.5 visar ett årsmedelvärde på 18 dagar i följd med dygnsmedeltemperaturer på över 20°C i slutet av seklet. Behovet av uppvärmning minskar från 4400 graddagar till 2900-3500 graddagar.

Årsmedelnederbörden ökar med 15-20 % i jämförelse med referensperioden 1961-1990. Nederbörden ökar mest vintertid. Den kraftiga nederbörden ökar också, maximal dygnsnederbörd kan öka med uppemot 20 % beroende på RCP-scenario.

Tillrinningen i länet förändras och särskilt sker en ökning av tillrinningen under vintern. Även under hösten ökar tillrinningen men den minskar under vår och sommar. Tillrinning med återkomsttid 10 år respektive 100 år beräknas öka i de södra delarna och minska i de norra delarna av länet. En längre säsong med lägre flöden kan förväntas och antalet dagar då tillrinningen är låg ökar från ca 20 uppemot 50 beroende på RCP-scenario.

Antalet dagar med låg markfuktighet ökar i framtiden, från dagens drygt 10 dagar till 25-40 dagar mot slutet av seklet.

Summary

The report describes today's and future climate in Örebro County based on observations and climate modelling. Regional modelled RCP4.5 and RCP8.5 scenarios have been further downscaled to 4×4 km² resolution. The results are presented as meteorological and hydrological indices based on statistically processed model data.

Ordlista

Avrinningsområde	Det landområde från vilket nederbörden förr eller senare kommer ut som vatten i vattendraget vid en angiven plats.
DBS-metoden	"Distribution Based Scaling" är ett verktyg för att korrigera klimatmodellernas utdata så att de kan användas som indata till hydrologisk modellering. Med DBS-skalering fås en högre rumslig upplösning av data.
Flöde	Här avses vattenflöde dvs. hur mycket vatten som rinner i vattendragen.
Global klimatmodell (GCM)	På engelska "Global Circulation Model" eller "Global Climate Model". En global klimatmodell beskriver hela jordklotet och de processer som sker i atmosfären, havet, havsisen och marken.
Gridbox	I en klimatmodell delas atmosfären upp i tredimensionella lådor, så kallade gridboxar. I varje gridbox räknas alla klimatologiska variabler ut som beskriver klimatet i den boxen.
HBV	En hydrologisk modell som beräknar markfuktighet, snöackumulation, snösmältning, avdunstning och avrinning/tillrinning samt beskriver vattnets väg i avrinningsområdet.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change. Även benämnd FN:s klimatpanel.
Klimatindex	Bearbetade utdata från klimatmodeller. De kan beskriva medelvärden, säsongsvariationer men också mer extrema förhållanden.
Klimatscenario	En beskrivning av en tänkbar klimatutveckling i framtiden med hjälp av antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser, en global och en regional klimatmodell.
Osäkerhet	Det finns olika källor till osäkerheter i frågan om framtidens klimat. Den största osäkerheten ligger i hur mycket växthusgaser människan kommer släppa ut i framtiden. Det finns även osäkerheter i klimatmodellerna, t.ex. beroende på begränsad upplösning i både tid och rum.
RCA	Rosby Centre Regional Climate model (RCA) är en regional klimatmodell som utvecklas och används av SMHI:s klimatforskningsgrupp.
RCP	RCP:er är möjliga utvecklingsvägar för strålningsbalansen med det gemensamma namnet "representativa koncentrationsutvecklingsbanor" från engelskans "Representative Concentration Pathways (RCP)". RCP:erna är namngivna efter den nivå av strålningsdrivning i W/m^2 som uppnås år 2100. RCP-scenarier låg till grund för IPCC:s rapport 2013.
Referensperiod	SMHI använder referensperioden 1961-1990 för att definiera dagens klimat. Nya observationer jämförs med medelvärdet för 1961-1990 för att säga hur de avviker från det normala. Meteorologiska världsorganisationen, WMO, definierar referensperioderna och nästa period blir 1991-2020.
Regional klimatmodell (RCM)	Beskriver klimatet för en del av jordklotet, en region. En regional klimatmodell använder alltid indata från en global klimatmodell.
SRES	Scenarier som beskriver framtida utsläpp av växthusgaser, baserade på antaganden om den framtida utvecklingen av världen. SRES-scenarier användes i de beräkningar av

	framtidens klimat som låg till grund för arbetet med IPCC:s rapporter från år 2000 och 2007. SRES= Special Report on Emission Scenarios.
Strålningsdrivning	Strålningsdrivningen är skillnaden mellan hur mycket energi solstrålningen som träffar jorden innehåller och hur mycket energi som jorden strålar ut i rymden igen. Denna energi mäts i enheten watt per kvadratmeter, W/m ² . Strålningsdrivningen ökar då mängden växthusgaser ökar i atmosfären, vilket resulterar i en global ökning av temperaturen på jorden. För att studera framtida klimat finns ett antal strålningsdrivningsscenarier att utgå ifrån, se "RCP".
Trend	Här används begreppet som "en förändring över tid".
Upplösning	Upplösningen är storleken på gridboxarna i klimatmodellen. Låg upplösning (stora gridboxar) ger mindre detaljerad information, men kostar mindre datorkraft. Hög upplösning (små gridboxar) ger mer detaljerad information, men kostar mer datorkraft.
Variabilitet	Variabilitet är en viktig faktor inom klimatologin. Klimatet är inte bara genomsnittliga värden utan klimat kännetecknas av variationer i tid och rum som kan hänga ihop med till exempel växelverkan mellan atmosfären och havet.
Växthusgaser	Atmosfären som omger jorden har förmågan att bevara energin från solen så att jordytan blir varmare än vad den skulle varit om atmosfären inte fanns. Den s.k. naturliga växthuseffekten bygger på naturlig förekomst av en viss mängd vattenånga och koldioxid i atmosfären. Vattenånga och koldioxid är de viktigaste växthusgaserna. Atmosfärens sammansättning har sedan den förindustriella tiden successivt förändrats på grund av mänsklig aktivitet. De vanligaste växthusgaserna som vi människor släpper ut är koldioxid, metan, dikväveoxid (lustgas) och ozon, men även en rad industrigaser spelar roll.
Återkomsttid	Ett mått på hur ofta förekomsten av extrema naturliga händelser kan förväntas. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Ett värde som har en återkomsttid på 100 år uppnås eller överträffas i genomsnitt en gång på 100 år. Det innebär att sannolikheten är en (1) procent varje enskilt år. Eftersom man exponerar sig för risken under flera år blir den ackumulerade risken avsevärt större. För en konstruktion vars livslängd beräknas till 100 år blir den ackumulerade risken hela 63 % att 100-årsvärdet överskrids någon gång under 100 år. Om säkerhetsnivån väljs till 100-årsvärdet är risken att det värdet överskrids större än att det underskrids. Det är alltså troligare att konstruktionen, under sin livslängd, kommer att utsättas för förhållanden utöver den nivå som valts än att den nivån aldrig inträffar. För 10-årsvärdet är sannolikheten 65 % att det överskrids någon gång under 10 år.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
2	BAKGRUND	1
3	METOD OCH PRESENTATION	1
3.1	Antaganden, modeller och databearbetning.....	1
3.2	Osäkerheter	2
3.3	Generella resultat för Sverige	3
3.4	Jämförelse SRES-RCP.....	3
3.5	Läsanvisningar.....	5
3.5.1	Kartor	5
3.5.2	Diagram	5
4	TEMPERATUR	7
4.1	Årsmedeltemperatur	7
4.2	Medeltemperatur vinter.....	9
4.3	Medeltemperatur vår	11
4.4	Medeltemperatur sommar	13
4.5	Medeltemperatur höst.....	15
4.6	Vegetationsperiodens längd	17
4.7	Vegetationsperiodens starttidpunkt	19
4.8	Värmebölja.....	21
4.9	Graddagar för uppvärmning.....	23
4.10	Graddagar för kylning.....	25
5	NEDERBÖRD	27
5.1	Årsmedelnederbörd	27
5.2	Medelnederbörd vinter.....	29
5.3	Medelnederbörd vår	31
5.4	Medelnederbörd sommar	33
5.5	Medelnederbörd höst.....	35
5.6	Antal dagar med mer än 10 mm nederbörd.....	37
5.7	Maximal dygnsnederbörd.....	39
5.8	Maximal 7-dygnsnederbörd.....	41
5.9	Förändring av korttidsnederbörd.....	43
6	TOTAL MEDELTILLRINNING	44
6.1	Förändrad total medeltillrinning för år och säsonger.....	44
6.2	Förändrad total 10-årstillrinning	50
6.3	Förändrad total 100-årstillrinning	52

7	LOKAL MEDELTILLRINNING.....	54
7.1	Förändrad lokal årsmedeltillrinning.....	54
7.2	Förändrad lokal medeltillrinning vinter	56
7.3	Förändrad lokal medeltillrinning vår.....	57
7.4	Förändrad lokal medeltillrinning sommar	58
7.5	Förändrad lokal medeltillrinning höst	59
7.6	Antal dagar med lågflöde	60
8	TILLRINNINGENS ÅRSDYNAMIK	62
9	MARKFUKTIGHET	64
10	SLUTSATSER	66
11	TACKORD	66
12	REFERENSER	67

1 Inledning

Rapporten beskriver dagens och framtidens klimat i Örebro län baserat på observationer och beräkningar utifrån två olika antaganden om atmosfärens innehåll av växthusgaser. Data från internationell klimatforskning har bearbetats för att möjliggöra analyser på lokal skala, inklusive hydrologisk modellering. Resultaten beskrivs i form av olika klimatindex, dvs. medelvärden, säsongsvariationer och mer extrema förhållanden, baserade på statistiska bearbetningar av data.

2 Bakgrund

FN:s klimatpanel presenterade 2013 en ny rapport om jordens framtida klimat (IPCC, 2013). Resultaten baserades på nya möjliga utvecklingsvägar, så kallade RCP-scenarier (Representative Concentration Pathways). SMHI fick 2014 i uppdrag av regeringen att göra en enhetlig studie för Sverige baserad på dessa scenarier. Studien finansierades via det klimatanpassningsanslag som tilldelades Nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning vid SMHI.

Arbetet resulterade i databasen SCID med statistik i form av klimatindex för Sveriges nutida och framtida klimat. Databasen, tillsammans med en rapport och beskrivande dokument, finns tillgänglig som en nedladdningstjänst på smhi.se. Rapporten "Klimatscenarier för Sverige" beskriver metoder, resultat och osäkerheter, vilket är viktigt att ha kunskaper om vid studier av framtida klimat på läns- och kommunnivå (Sjörkvist m.fl., 2015).

I regleringsbrevet för 2015 avseende klimatanpassningsanslaget gavs SMHI i uppdrag att ta fram länsvisa enhetliga klimatanalyser baserade på de nya klimatscenierna. Den ovan nämnda databasen är utgångspunkten för analyserna i föreliggande rapport som avser Örebro län.

SMHI har tidigare levererat en klimatanalys på uppdrag av Länsstyrelsen i Örebro (Hallberg m.fl., 2011). Den baseras på äldre klimatscenarier och behandlar framtida temperatur, nederbörd och vattenföring. Rapporten innehåller också en beskrivning av Örebro läns nutidsklimat.

3 Metod och presentation

I detta kapitel beskrivs metodiken mycket kortfattat. Mer information finns i rapporten "Klimatscenarier för Sverige" som nämns ovan. På smhi.se finns också en "Vägledning klimatscenarier" som stöd för användande av klimatscenarier (Persson m.fl., 2015). I Ordlistan finns flertalet begrepp definierade.

3.1 Antaganden, modeller och databearbetning

Klimatets utveckling i framtiden beror på hur atmosfärens innehåll av växthusgaser förändras. För att kunna studera framtidens klimat behövs antaganden om hur utsläppen av växthusgaser kommer att bli. Det finns flera möjliga utvecklingar och vilken av dem som slår in beror på människans förmåga att begränsa utsläppen. RCP-scenarierna beskriver resultatet av utsläppen, den så kallade strålningsbalansen i atmosfären, fram till år 2100. I följande analyser används två RCP-scenarier, RCP4.5 som bygger på begränsade utsläpp, och RCP8.5 med höga utsläpp. Tabell 1 beskriver vilka antaganden som ligger till grund för scenarierna.

Forskarvärlden har fokuserat på dessa två scenarier, därför finns det mest fullständiga underlaget för dessa i form av regionala klimatberäkningar. Det är skälet till att dessa två scenarier använts i föreliggande rapport. De två scenarierna täcker in en stor variationsbredd vad avser framtidens koncentrationer av växthusgaser i atmosfären.

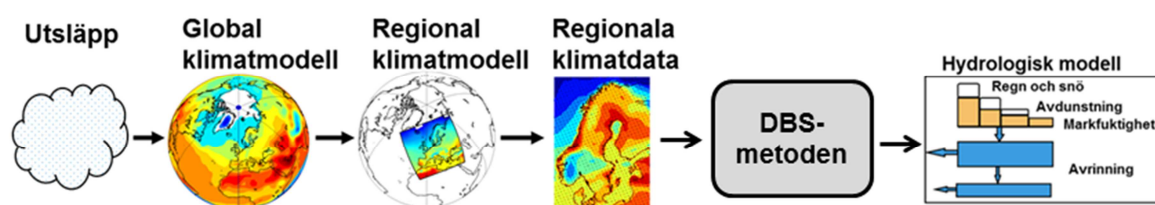
Tabell 1. Antaganden som ligger till grund för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.

RCP4.5	RCP8.5
• 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	• 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

För att göra beräkningar av det framtida klimatet krävs klimatmodeller, de är matematiskt formulerade beskrivningar av de fysikaliska processerna i klimatsystemet. De globala klimatmodellerna beskriver hela jorden och de regionala beskriver mer förfinat ett delområde. Indelningen sker i så kallade gridboxar, ett 3-dimensionellt rutnät av atmosfären. Det är mycket omfattande beräkningar som sker på superdatorer.

Den globala klimatmodelleringen görs med en relativt grov upplösning, vilket betyder att storleken på rutorna vid jordytan kan vara ca $200 \times 200 \text{ km}^2$. Den regionala klimatmodelleringen utförs med högre upplösning, ca $50 \times 50 \text{ km}^2$, och ger därför mer detaljerade beräkningar. I analysen ingår nio olika globala klimatmodeller från olika institut runt om i världen. Rossby Centre vid SMHI har utfört regional modellering med den regionala klimatmodellen RCA4.

För att utföra analyser på lokal skala, exempelvis för hydrologiska beräkningar, krävs data med ännu högre geografisk upplösning. SMHI har därför utvecklat en metod, DBS (Distribution Based Scaling), för att öka upplösningen till $4 \times 4 \text{ km}^2$. Därefter har hydrologisk modellering utförts med HBV-modellen. Flödesberäkningar baseras på oregrerade förhållanden.



Statistik har beräknats i form av klimatindex, vilka är definierade i respektive avsnitt. Varje enskilt modellresultat har bearbetats separat men resultaten presenteras sammanlagda för RCP4.5 och RCP8.5. De index som berör temperatur och nederbörd, presenteras med $4 \times 4 \text{ km}^2$ upplösning. De hydrologiska indexen, som berör tillrinning och markfuktighet, presenteras för avrinningsområden. Beräkningar av korttidsnederbörd (avsnitt 5.9) är utförd direkt på regional klimatdata.

3.2 Osäkerheter

Ett klimatscenario kräver en lång kedja av beräkningar och antaganden. Det finns alltså flera källor till osäkerheter; klimatets naturliga variationer, val av klimatmodell och framtida utsläpp av växthusgaser.

Den naturliga variationen innebär att klimatet varierar naturligt från år till år. Denna osäkerhet påverkar mest klimatscenarioer för en nära framtid, eftersom klimatet inte hunnit förändras så mycket. Klimatförändringen är då svår att urskilja från den naturliga variationen i klimatet.

Alla klimatmodeller baseras på samma grundläggande kunskap om klimatsystemet och fungerar på ungefär samma sätt. Resultaten skiljer sig ändå åt beroende på att processerna i klimatsystemet kan beskrivas på olika sätt, och att fler eller färre processer inkluderas i modellerna. Ingen modell är perfekt, därför är det bra att sammanväga resultaten från olika modeller. Det ger ett mått på hur stor betydelse olika modellbeskrivningar har för det beräknade klimatet.

Framtidens klimat beror på framtida utsläpp av växthusgaser. Ett viktigt resultat, som kan utläsas i klimatscenarierna, är att valet av RCP-scenario har mycket liten betydelse för de närmsta årtiondena. Mot mitten på seklet börjar valet av RCP-scenario växa i betydelse för klimatets utveckling.

3.3 Generella resultat för Sverige

I figur 1 och 2 visas översiktliga beräkningar av framtidens förändringar av temperatur och nederbörd i Sverige. Där redovisas även tidigare resultat baserade på s.k. SRES-scenarier. Skillnaderna kommenteras mer utförligt i kapitel 3.4.

Årsmedeltemperaturen beräknas öka för hela Sverige i framtiden. RCP8.5 visar generellt på störst uppvärmning (4-6 grader). RCP4.5 visar på samma mönster men en lägre uppvärmning (2-4 grader).

Nederbörden beräknas öka i framtiden. RCP8.5 visar störst förändring, särskilt i norra Sverige, där ökningen beräknats till 30-50 %. RCP4.5 visar samma förändringsmönster, men som mest 30 % ökning (i Lapplandsfjällen).

Medeltillrinningen väntas öka i hela landet utom i sydöstra Sverige, där det sker en minskning. Störst ökning sker i landets norra delar. RCP8.5 ger det mest extrema resultatet både där tillrinningen ökar och där den minskar.

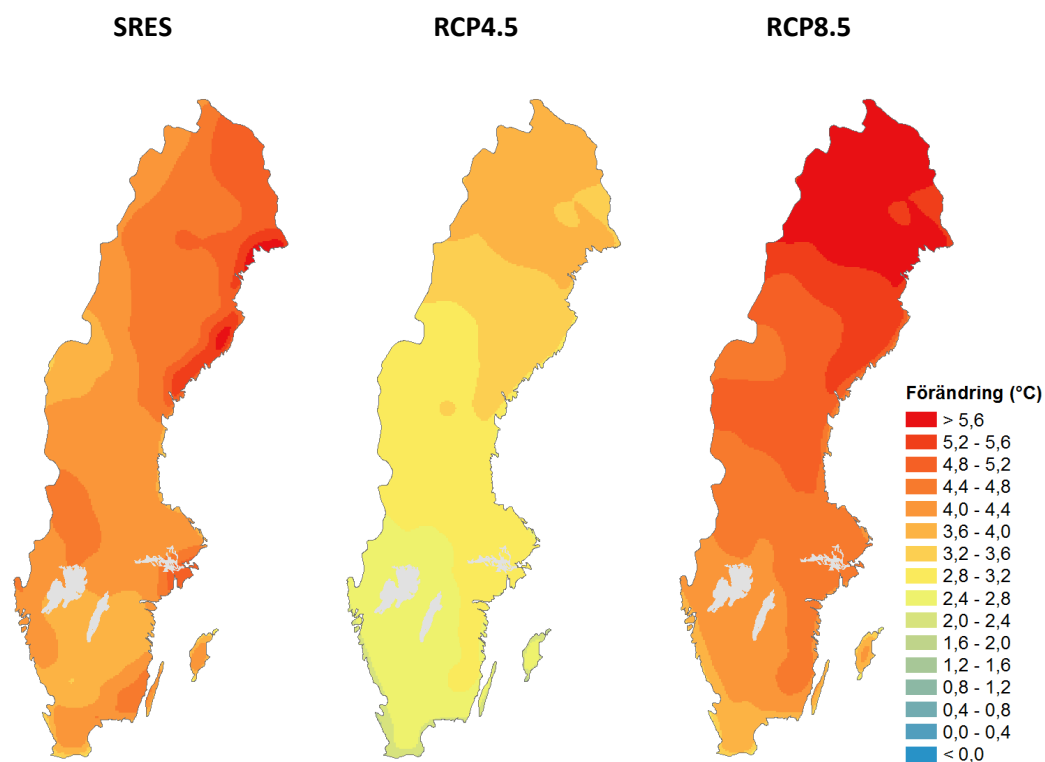
Extrema vattenflöden, redovisade som 100-årsflöden¹, beräknas öka i vattendragen i södra Sverige mot slutet av seklet. I de nordliga älvarna är förändringen mindre tydlig och kan till och med medföra en minskning av de extrema flödena.

3.4 Jämförelse SRES-RCP

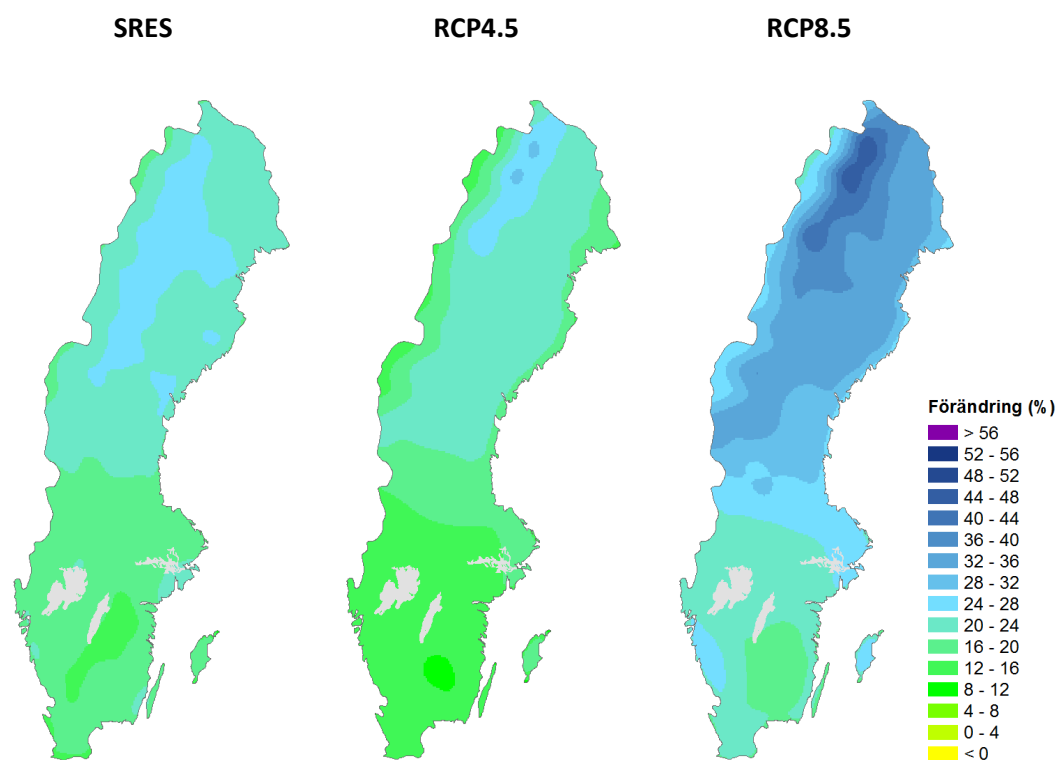
Klimatforskningen utvecklas hela tiden, nya resultat publiceras, liksom nya sätt att beskriva antaganden om framtida utsläpp. I FN:s klimatpanels tredje och fjärde stora sammanställning (IPCC, 2001 och IPCC, 2007) användes scenarierna SRES (Special Report on Emission Scenarios) (Nakićenović and Swart (eds.) 2000). I femte sammanställningen AR5 (IPCC, 2013) antogs de nya scenarierna RCP (Representative Concentration Pathways) (ICONICS, 2013).

I de tidigare länsanalyser som utförts av SMHI baseras resultaten på 16 SRES-scenarier med tyngdpunkt på utsläppsscenario A1B. För att få en uppfattning om hur dessa skiljer sig från de nya RCP-scenarierna visas här kartor på förändringen i temperatur för perioden 2069-2098 jämfört med 1961-1990 (figur 1).

Alla scenarier visar på en tydlig uppvärmning i hela landet och störst uppvärmning i norra Sverige. SRES-scenarierna har inte lika tydlig gradient mellan norra och södra Sverige som RCP-scenarierna. Uppvärmningen är generellt något lägre än i RCP8.5, men utmärkande för SRES-scenarierna är hög uppvärmning längs kusterna, framförallt norra Norrlandskusten. Det beror med stor sannolikhet på dataunderlaget till SRES-analysen, då temperaturdata längs kusten påverkades mycket av havsklimatet, vilket kan ge missvisande resultat. De höga värdena längs kusterna i SRES-kartan bör alltså tolkas med försiktighet.



Figur 1. Beräknad förändring av årsmedeltemperatur för perioden 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990, enligt de tidigare beräkningarna med SRES och de nyare med RCP4.5 respektive RCP8.5. Värdena i kartorna är utjämnade för att förenkla tolkningen.



Figur 2. Beräknad procentuell förändring av årsnederbörden för perioden 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990, enligt de tidigare beräkningarna med SRES och de nyare med RCP4.5 respektive RCP8.5. Värdena i kartorna är utjämnade för att förenkla tolkningen.

Kartorna i figur 2 visar förändringen i årsmedelnederbörd vid slutet på seklet jämfört med perioden 1961-1990. SRES-scenarierna är mycket lika RCP4.5, med en ökning på 10-30 %.

Skillnaderna är alltså olika beroende på vilken variabel som studeras och beror till stora delar på de klimatmodeller som använts i beräkningarna. För SRES-analyserna användes 16 olika uppsättningar av globala och regionala modeller, medan RCP-analyserna är baserade på nio olika globala modeller och en regional (RCA4). Det ger en bättre representation avseende globala beräkningar men i analysen har endast data från en regional modell varit tillgänglig, vilket kan ge ett snävt resultat. RCA4 har visat sig vara något blötare i jämförelse med andra regionala modeller, vilket betyder att samma RCP-scenarier kan uppvisa något torrare klimatförändring med andra kombinationer av globala och regionala modeller.

3.5 Läsanvisningar

På följande sidor presenteras index baserade på temperatur, nederbörd, tillrinning och markfuktighet. Indexen beskrivs och resultaten presenteras i korta texter i respektive kapitel. Indexen presenteras lite olika vad gäller kartor och diagram, vilket beskrivs nedan.

3.5.1 Kartor

För temperatur- och nederbördsindex visas observerade och beräknade värden. För medeltemperatur och medelnederbörd samt antal dagar med mer än 10 mm nederbörd visas även kartor över förändringar mellan tidsperioder.

För index baserade på tillrinning presenteras endast förändringar mellan tidsperioder. Förändringar anges som procentuell avvikelse från referensperioden.

Alla kartor visar medelvärden över en given tidsperiod. I de kartor som visar förändringar mellan tidsperioder är värdena geografiskt utjämnade för att underlätta tolkningen.

Sverigekartorna representerar respektive index för referensperioden 1961-1990 och visar hur förhållandena i länet relaterar till övriga Sverige.

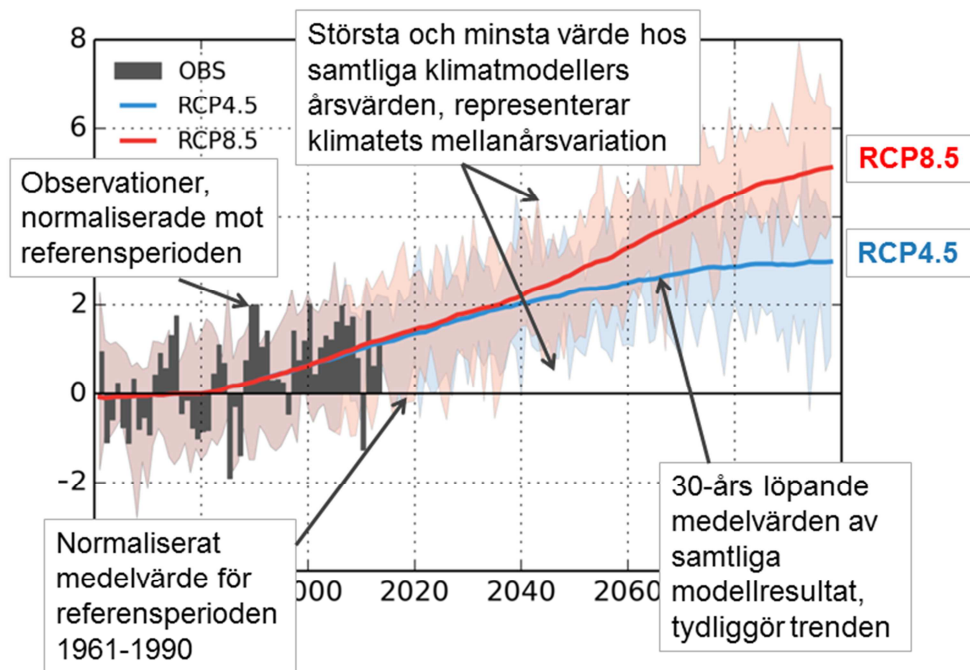
3.5.2 Diagram

Diagrammen för temperatur och nederbörd visar utvecklingen över tid för länet som helhet jämfört med referensperioden 1961-1990. Tillrinning och markfuktighet är beräknade utifrån hydrologisk modellering och diagrammen för de indexen visar utvecklingen över tid för ett definierat avrinningsområde, jämfört med referensperioden 1963-1992.

Diagram för temperatur och nederbörd innehåller staplar med observationer som är geografiska medelvärden för hela länet, se förklaring av diagrammets uppbyggnad i figur 3. För tillrinning och markfuktighet finns inte motsvarande observerade värden att tillgå, därför saknar de diagrammen observationsstaplar.

Tillrinningens årsdynamik presenteras som 30-årsmedelvärden för referensperioden 1963-1992 och framtidsperioden 2069-2098.

Diagrammen över förändring av korttidsnederbörd avser länet som helhet.

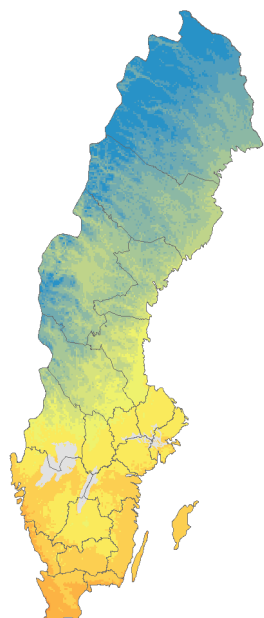


Figur 3. Beskrivning av diagrammens struktur i rapporten.

4 Temperatur

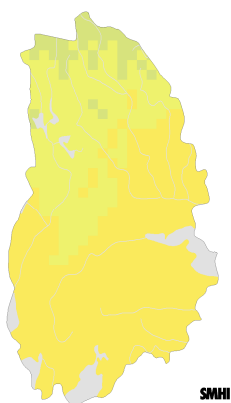
4.1 Årsmedeltemperatur

Observerat 1961-1990



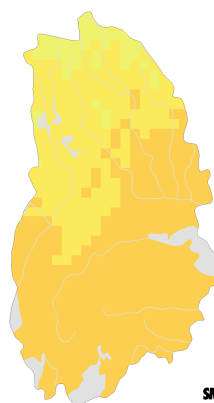
Årsmedeltemperatur är medelvärdet av varje års medeltemperatur beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur. Det är tillsammans med årsmedelnederbörd det mest använda indexet för att beskriva klimatet.

Observerat 1961-1990



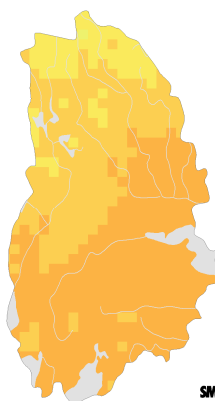
SMHI

Observerat 1991-2013



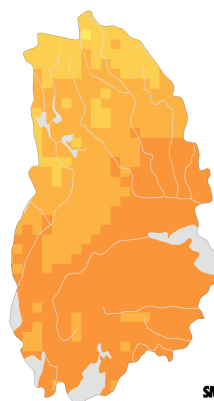
SMHI

Beräknat 2021-2050



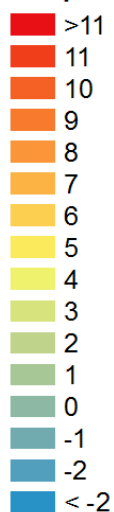
SMHI

Beräknat 2069-2098



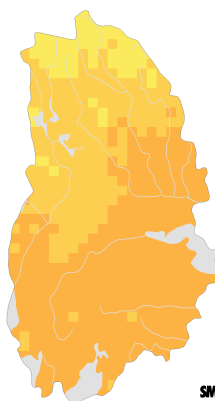
SMHI

Temperatur (°C)

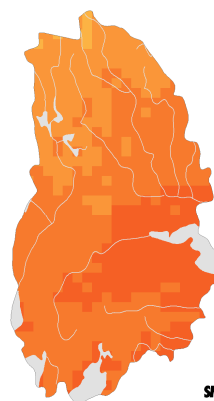


RCP4.5

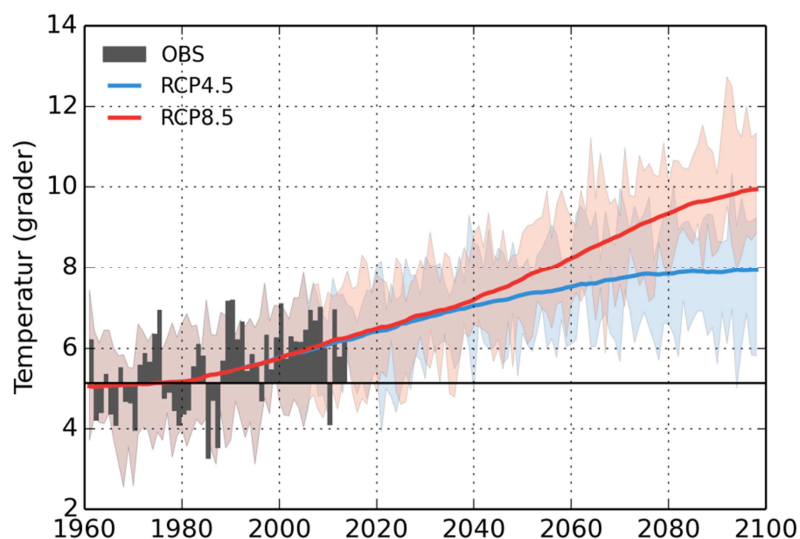
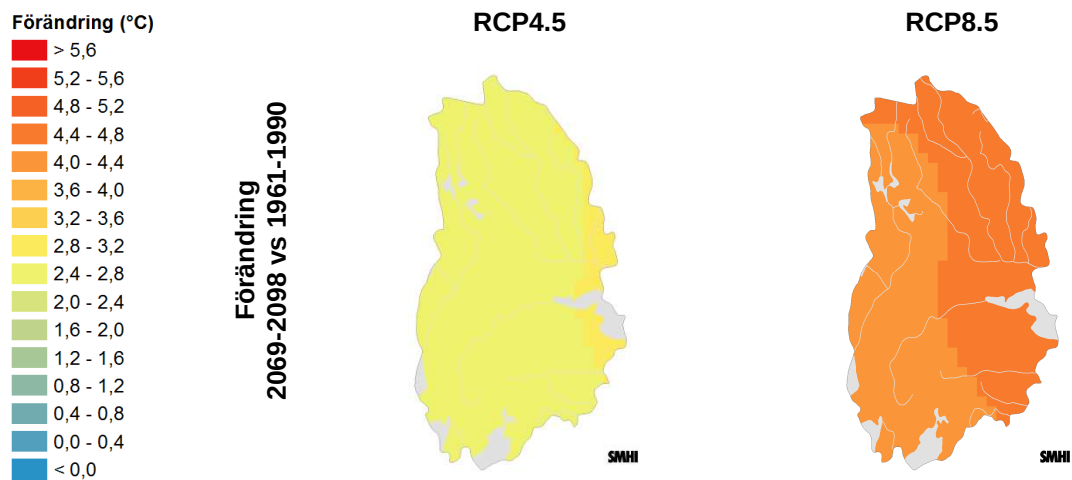
RCP8.5



SMHI



SMHI



Under perioden 1961-1990 var årsmedeltemperaturen för hela Örebro län 5,1°C. Det finns en temperaturgradient över länet med varmare förhållanden i söder och kallare norrut. Perioden 1991-2013 var varmare än referensperioden 1961-1990, vilket ses i kartorna och i diagrammet. Endast åren 1996 och 2010 hade lägre årsmedeltemperaturer än medelvärdet för 1961-1990, vilket framgår av staplarna i diagrammet. De visar också att årsmedeltemperaturen har varierat mellan strax över 3°C och drygt 7°C.

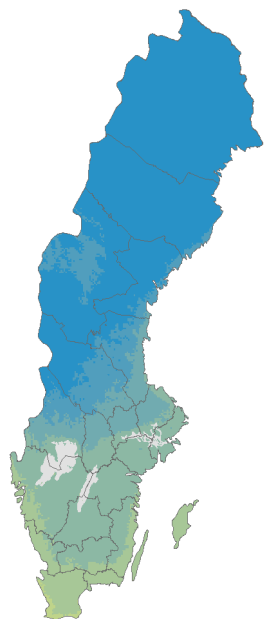
Klimatscenerierna pekar på fortsatt ökande årsmedeltemperaturer för länet. Fram till ca år 2040 följer de två scenarierna varandra och visar en ökning på ca 2 grader, jämfört med referensperioden. Vid slutet av seklet anger RCP4.5 en ökning med 3 grader till 8°. Motsvarande för RCP8.5 är 5 graders ökning till 10°C. De skuggade fälten kan ses som storleken på variationen mellan år

I diagrammet visas förändringen över länet som helhet för de två RCP-scenarierna, årsvärden av observerad medeltemperatur för Örebro län är markerade som staplar.

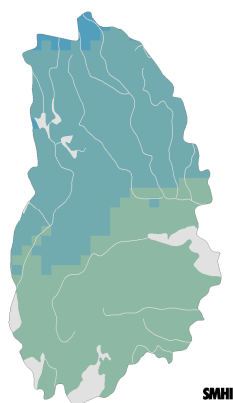
4.2 Medeltemperatur vinter

Observerat 1961-1990

Vinter definieras här som perioden december-februari. Kartorna visar medelvärdet för respektive period beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur.

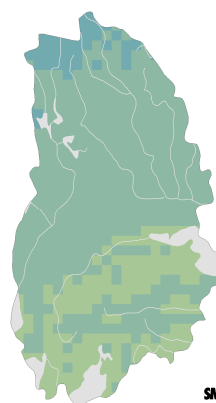


Observerat 1961-1990



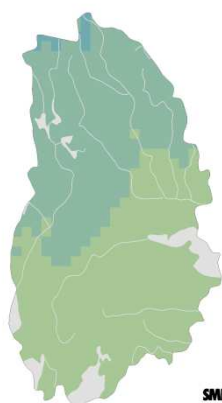
SMHI

Observerat 1991-2013



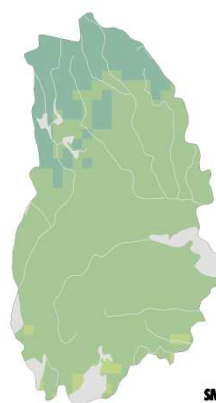
SMHI

Beräknat 2021-2050



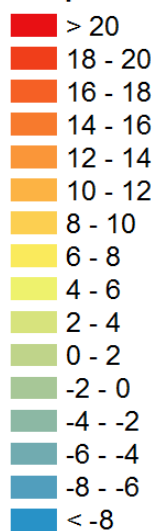
SMHI

Beräknat 2069-2098



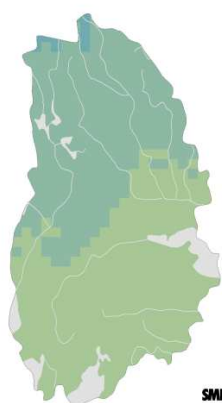
SMHI

Temperatur (°C)

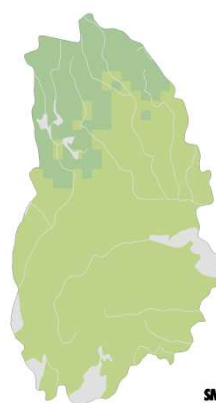


RCP4.5

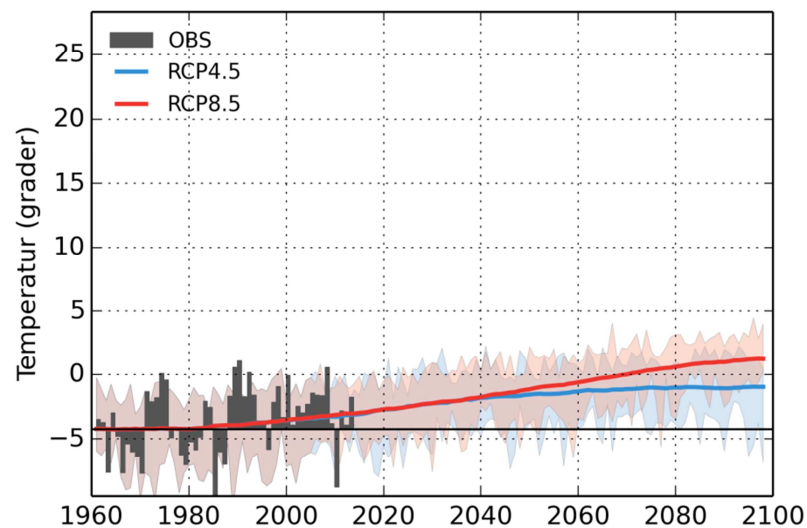
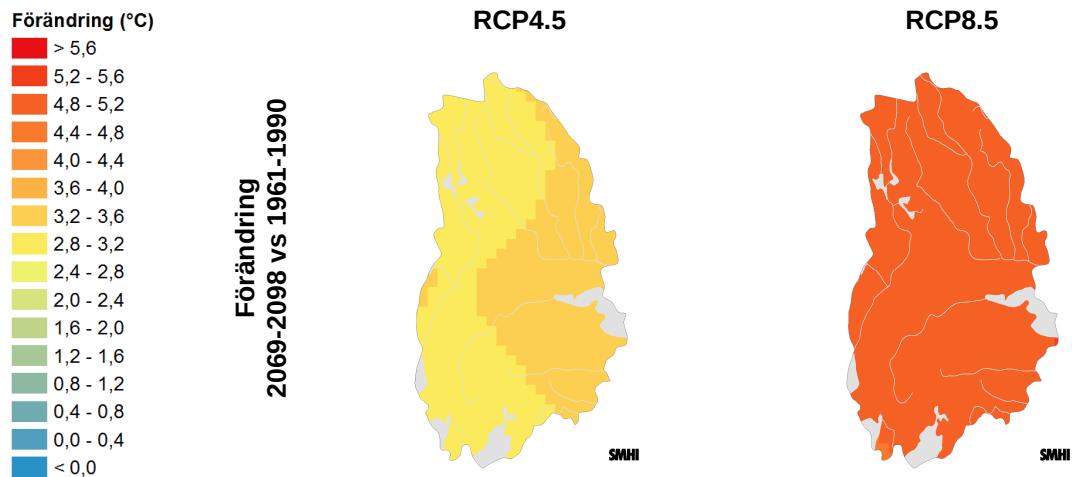
RCP8.5



SMHI



SMHI



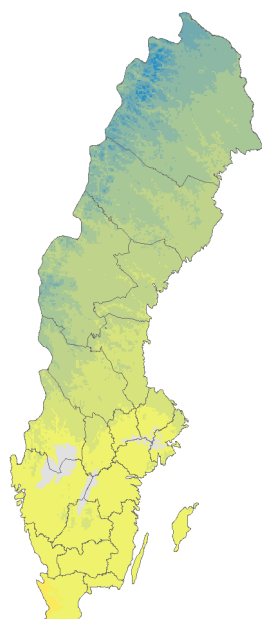
Vintermedeltemperaturen för Örebro län var under referensperioden 1961-1990 $-4,2^{\circ}\text{C}$. Vintrarna har generellt blivit mildare under de senaste årtiondena. Variationen mellan år är dock stor, från -10°C till över $+1^{\circ}\text{C}$.

De två olika scenarierna visar samstämmigt på att det blir ännu mildare vintrar framöver. Enligt RCP4.5 blir det ca 3 grader varmare till slutet av seklet, medan RCP8.5 visar på nästan 6 graders skillnad mot referensperioden 1961-1990.

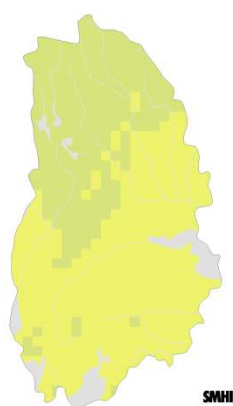
4.3 Medeltemperatur vår

Observerat 1961-1990

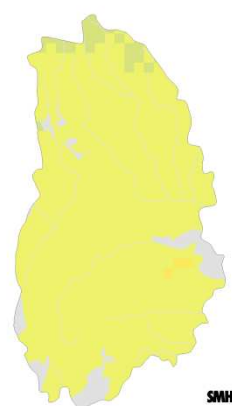
Vår definieras här som perioden mars-maj. Kartorna visar medelvärdet för respektive period beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur.



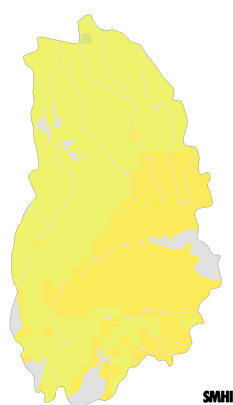
Observerat 1961-1990



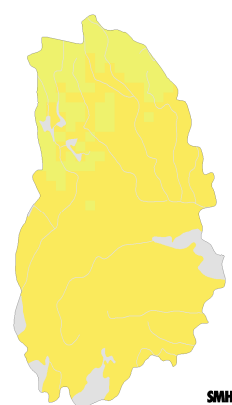
Observerat 1991-2013



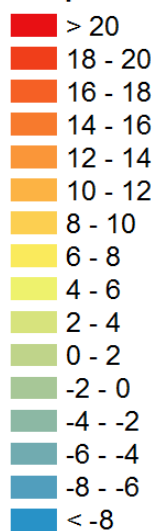
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

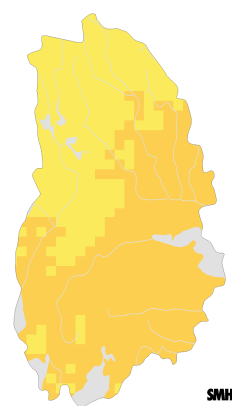
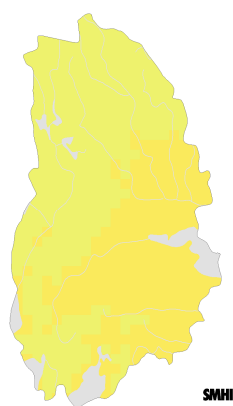


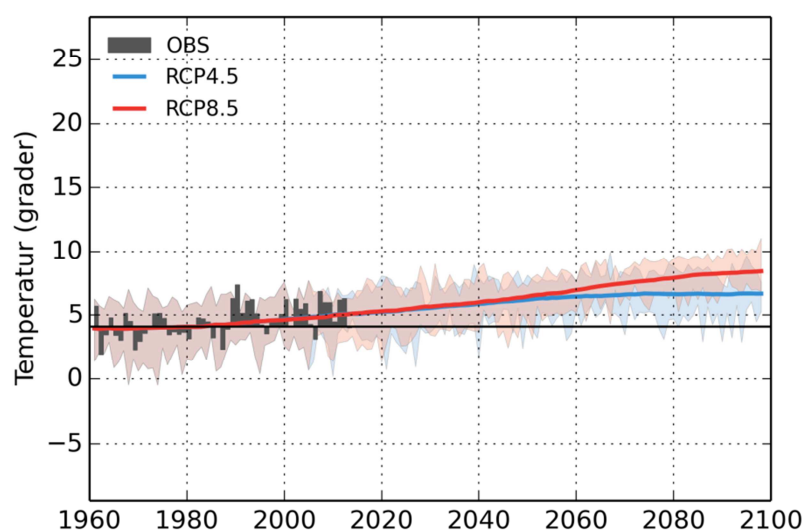
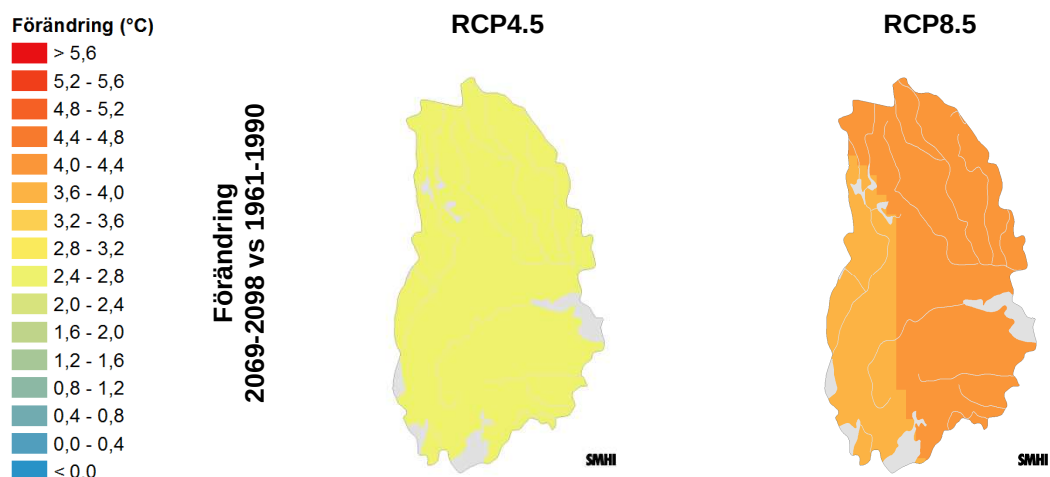
Temperatur (°C)



RCP4.5

RCP8.5



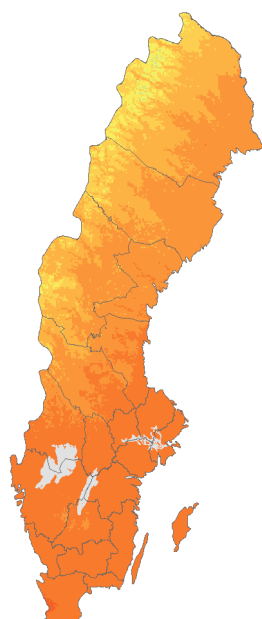


Medeltemperaturen för våren under perioden 1961-1990 var 4,1°C. Mellanårsvariationen är betydligt mindre jämfört med vintern, 2,5 – 7,5°C. Medeltemperaturen har de senaste drygt 20 åren ökat. Den utvecklingen håller i sig under resten av århundradet enligt beräkningarna. För länet som helhet visar RCP4.5 på ca 3 graders temperaturhöjning vid seklets slut och RCP8.5 anger ca 4 graders ökning jämfört med 1961-1990.

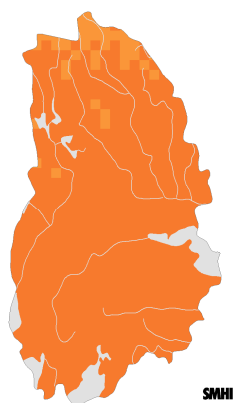
4.4 Medeltemperatur sommar

Observerat 1961-1990

Sommar definieras här som perioden juni-augusti. Kartorna visar medelvärdet för respektive period beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur.

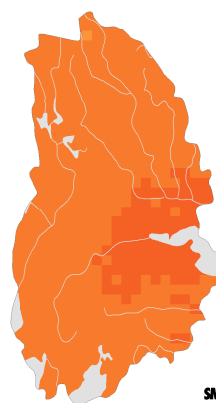


Observerat 1961-1990



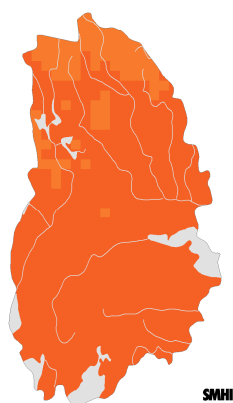
SMHI

Observerat 1991-2013



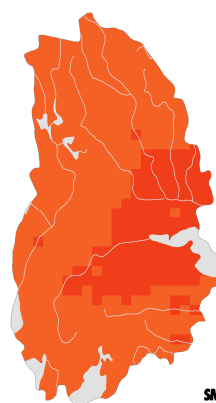
SMHI

Beräknat 2021-2050



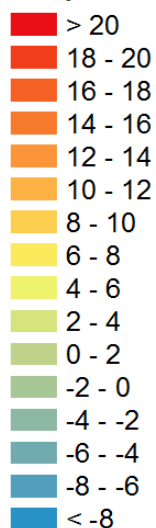
SMHI

Beräknat 2069-2098



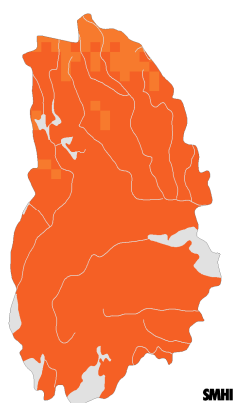
SMHI

Temperatur (°C)

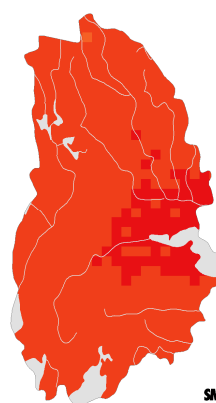


RCP4.5

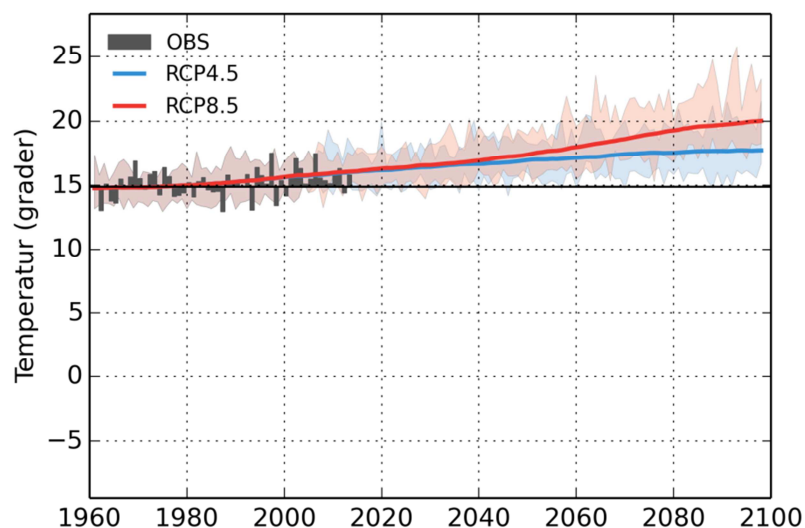
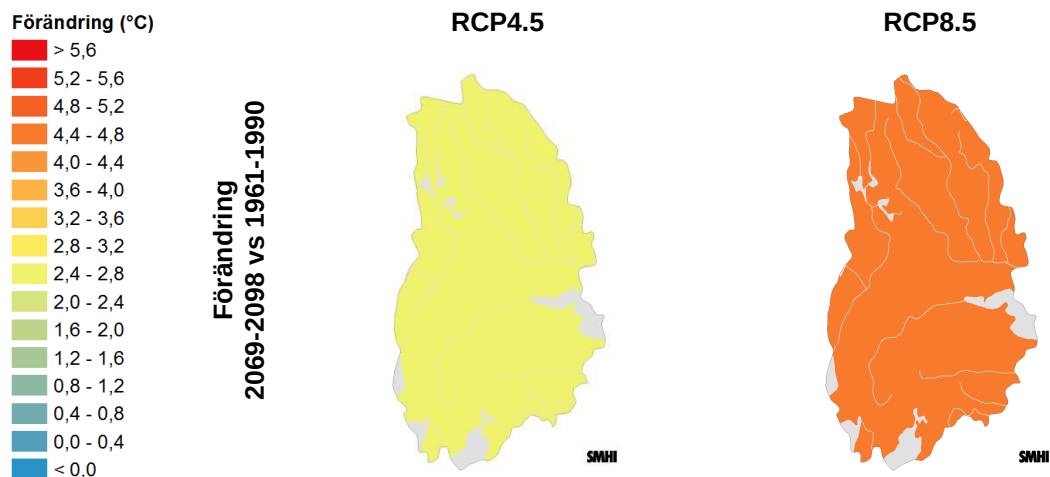
RCP8.5



SMHI



SMHI

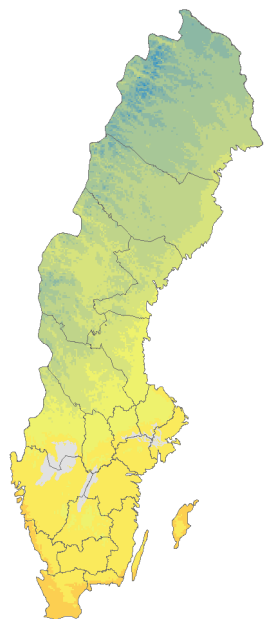


Sommarmedeltemperaturen för länet under 1961-1990 var 14,9°C. Somrarna har varit varmare i medeltal under de senaste årtiondena. Variationerna i medeltemperatur sommartid över länet är små och den framtida uppvärmningen ser ut att fördelas jämnt över länet. Fram till 2040 följer de två RCP-scenarierna varandra, därefter ökar uppvärmningen kraftigt enligt RCP8.5 och når vid seklets slut en sommarmedeltemperatur på ca 20°C. RCP4.5 visar på en mer stagnerande uppvärmning och landar på ca 17,5°C från ca 2080 och mot seklets slut. Variationsbredden för RCP4.5 vid seklets slut anger att sommarmedeltemperaturen kan variera mellan 16°C och 21 °C. För RCP8.5 är motsvarande variation mellan 18°C och 25 °C.

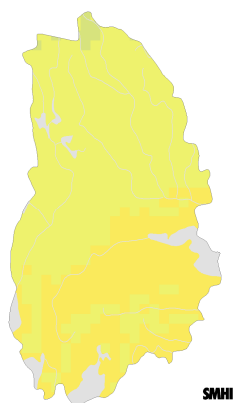
4.5 Medeltemperatur höst

Observerat 1961-1990

Höst definieras här som perioden september-november. Kartorna visar medelvärdet för respektive period beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur.

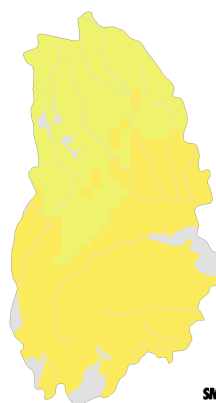


Observerat 1961-1990



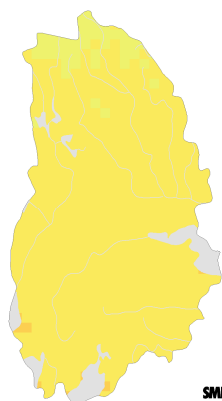
SMHI

Observerat 1991-2013



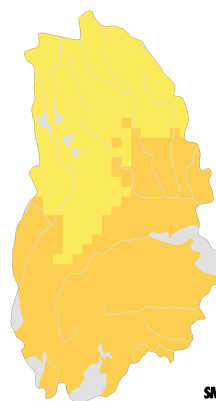
SMHI

Beräknat 2021-2050



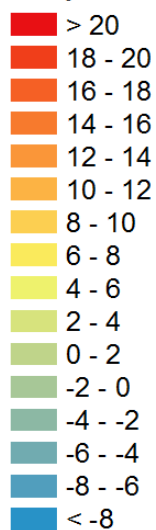
SMHI

Beräknat 2069-2098



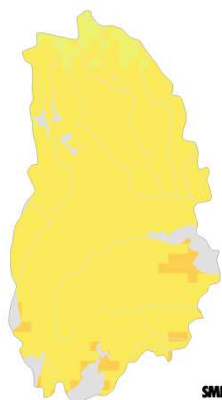
SMHI

Temperatur (°C)

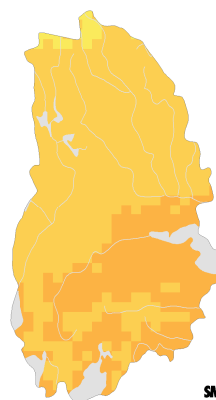


RCP4.5

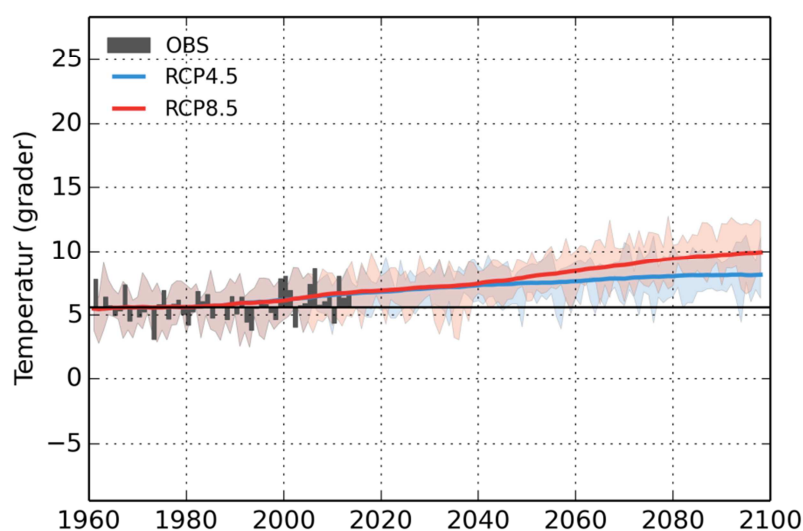
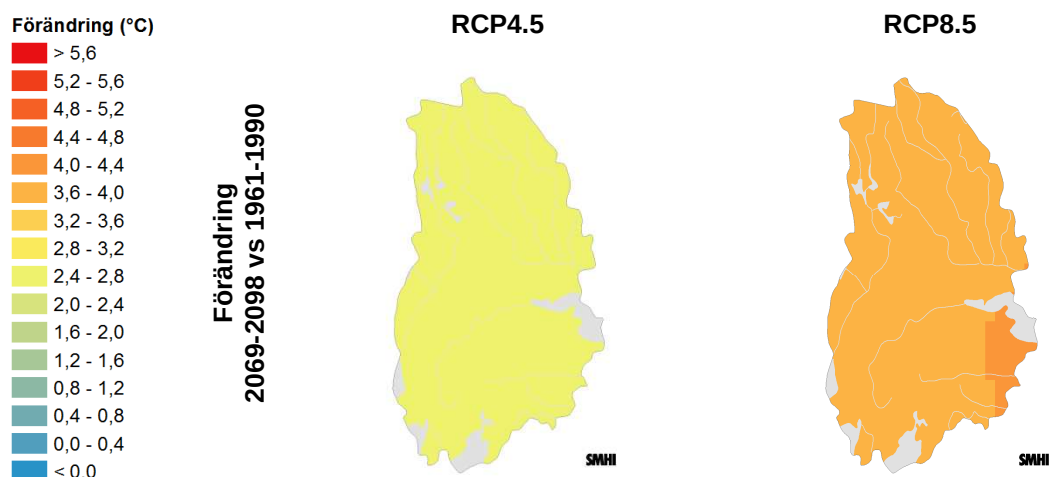
RCP8.5



SMHI



SMHI



Hörsmedeltemperaturen i Örebro län 1961-1990 var 5,6°C. Även höstarna har i medeltal varit varmare under de senaste årtiondena. Variationen mellan år är ungefär lika stor som för vår dvs. 5 grader. Liksom för övriga årstider följs RCP4.5 och RCP8.5 åt väl de närmsta kommande årtiondena, varefter RCP8.5 visar en större uppvärmning och landar på ca 10°C vid seklets slut. RCP4.5 hamnar ca 2 grader lägre.

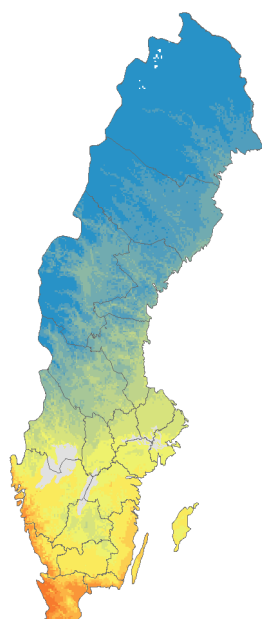
Allmänt om årstiderna

Både RCP4.5 och RCP8.5 visar på en temperaturökning för alla årstiderna fram till slutet av seklet. Den största temperaturökningen sker under vintermånaderna (3-6 graders ökning vid seklets slut jämfört med 1961-1990).

Temperaturökningen kan indikera, om medeltemperaturer används för att definiera årstiderna, att hösten håller i sig längre och att våren kommer tidigare än idag. Vinterperioden blir alltså kortare och sommaren längre.

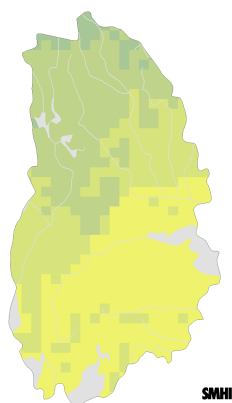
4.6 Vegetationsperiodens längd

Observerat 1961-1990



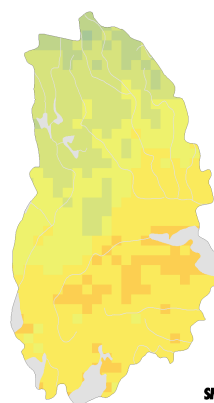
Längden på vegetationsperioden är definierad som skillnaden mellan sluttidpunkt och starttidpunkt. Starttidpunkt är första dagen på året i en sammanhängande fyradagarsperiod då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C. Sluttidpunkt är sista dagen i årets sista fyradagarsperiod med dygnsmedeltemperatur över 5°C. Indexet baseras enbart på temperatur och tar inte hänsyn till solinstrålning.

Observerat 1961-1990



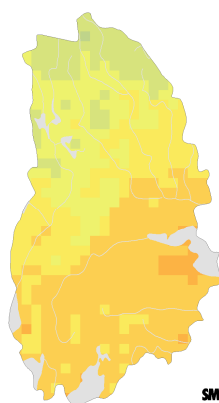
SMHI

Observerat 1991-2013



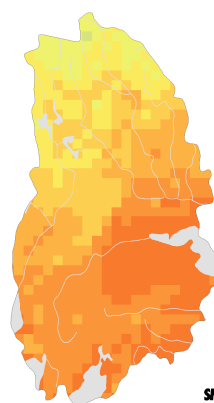
SMHI

Beräknat 2021-2050



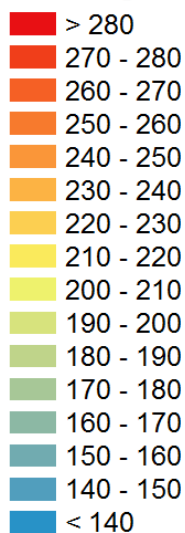
SMHI

Beräknat 2069-2098



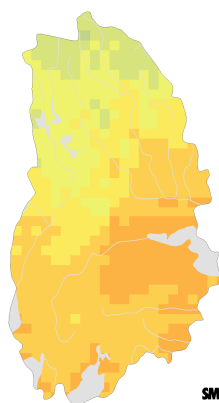
SMHI

Antal dagar

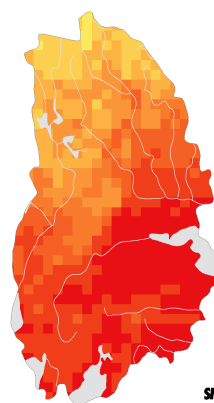


RCP4.5

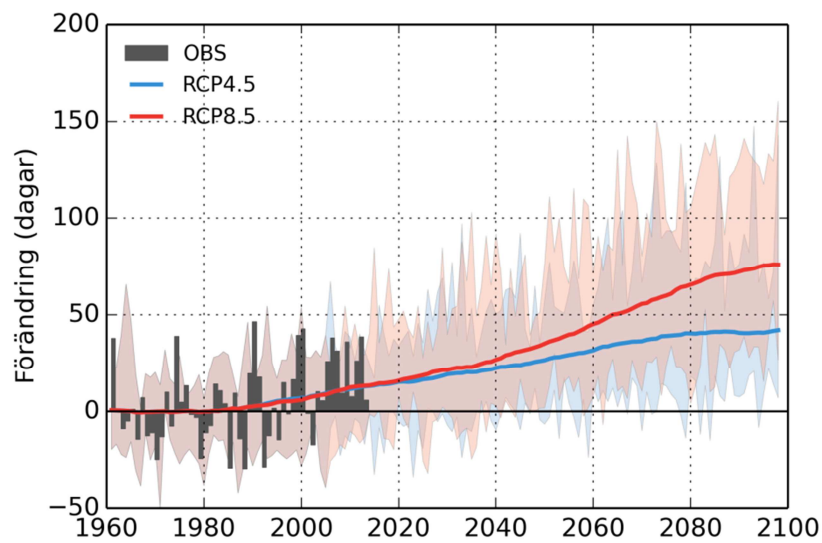
RCP8.5



SMHI



SMHI



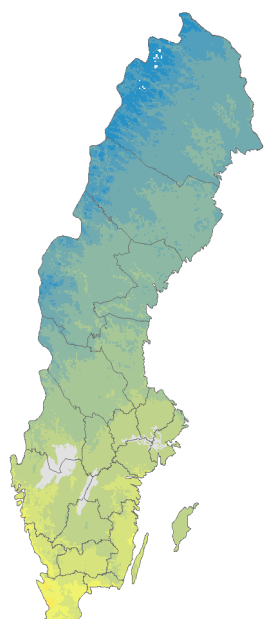
Längden på vegetationsperioden¹ under referensperioden 1961-1990 för länet som helhet var 195 dagar. Vegetationsperioden är längst i de södra delarna av länet och avtar mot norr. Detta mönster kvarstår även i framtiden. Vegetationsperioden har ökat och endast ett år har under 2000-talet haft kortare period än medeltalet för referensperioden.

Klimatscenarierna visar tydligt att vegetationsperioden kan bli längre under de kommande årtiondena. Fram mot slutet av århundrandet visar RCP4.5 på en ökning med ca 40 dagar. Motsvarande för RCP8.5 är ca 75 dagar, vilket motsvarar att vegetationsperioden, såsom den här definieras utifrån temperatur, pågår 9 månader.

¹ Vegetationsperioden definieras som den del av året då dygnsmedeltemperaturen överstiger ett visst gränsvärde, som varierar för olika tillämpningar men ligger vanligen mellan +3°C och +5°C. Vegetationsperiod benämns ibland växtsäsong.

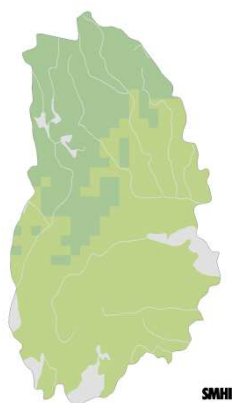
4.7 Vegetationsperiodens starttidpunkt

Observerat 1961-1990

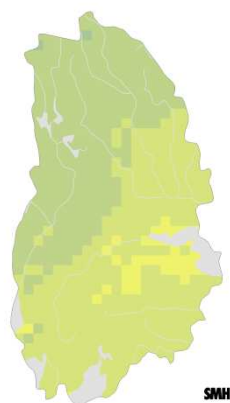


Starttidpunkt är första dagen på året i en sammanhängande fyradagarsperiod då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C. Indexet baseras enbart på beräkningar med temperatur och tar inte hänsyn till solinstrålning. Indexet ger tillsammans med vegetationsperiodens längd en uppfattning om framtida förhållanden för sådd och skördetidpunkter.

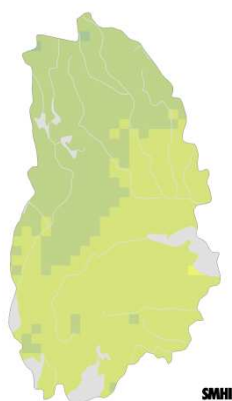
Observerat 1961-1990



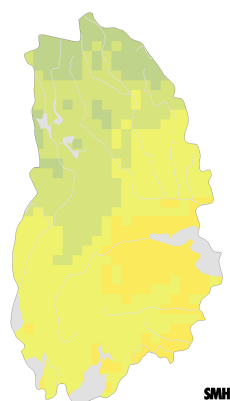
Observerat 1991-2013



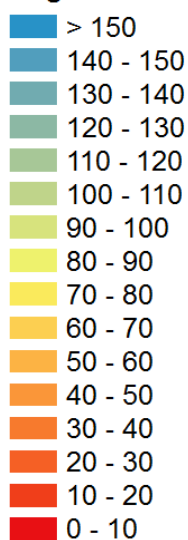
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

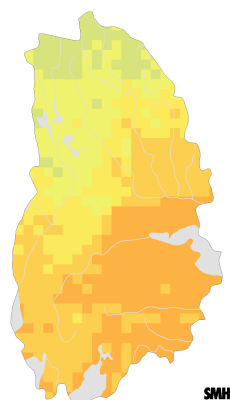
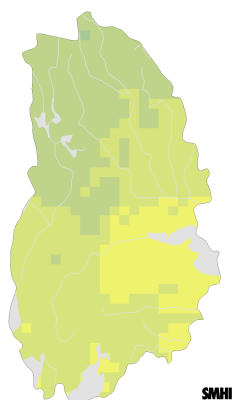


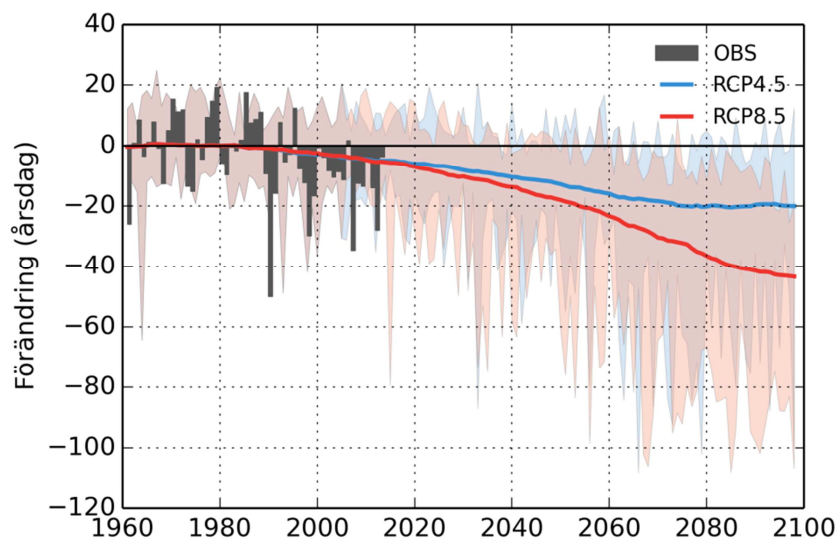
Dagnummer



RCP4.5

RCP8.5





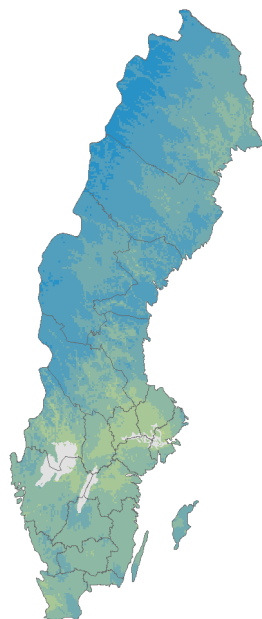
Vegetationsperiodens start definieras här som första tillfället på året när dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C under 4 dagar i följd. Vegetationsperiodens start räknas då från den första av dessa fyra dagar. Starttiden kan variera en del från år till år, beroende på om vintern varit lång och kall eller om mildluft tidigt förs in. Under referensperioden 1961-1990 hamnar medelvärde för starttiden för vegetationen på dagnummer 108, vilket motsvarar mitten på april.

Under 90-talet och 2000-talet har vegetationsperioden startat tidigare under flera år, vilket framgår som negativa staplar i diagrammet. Den nedåtgående trenden håller i sig under århundradet enligt beräkningarna. Enligt RCP4.5 startar vegetationsperioden i medeltal 20 dagar tidigare vid seklets slut jämfört med referensperioden, vilket motsvarar ca 1 april. Enligt RCP8.5 sker starten på vegetationsperioden vid seklets slut redan i början på mars.

Analyserna av vegetationsperiodens start och längd visar att vegetationsperiodens sluttidpunkt senareläggs ungefär lika mycket som starttidpunkten tidigare läggs.

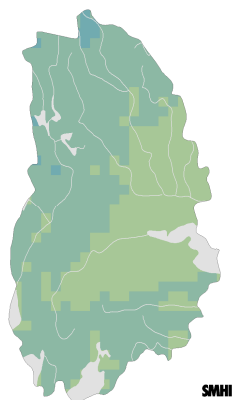
4.8 Värmebölja

Observerat 1961-1990

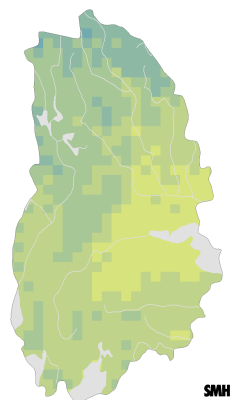


Värmebölja är vanligen ett begrepp för en längre period med höga dagstemperaturer. Det finns ingen vedertagen internationell definition och även i Sverige förekommer flera definitioner. Här definieras värmebölja som årets längsta sammanhängande period med dygnsmedeltemperatur över 20°C. Indexet belyser behovet av anpassning till perioder med höga temperaturer för t.ex. byggnader och vård- och omsorgssektorn.

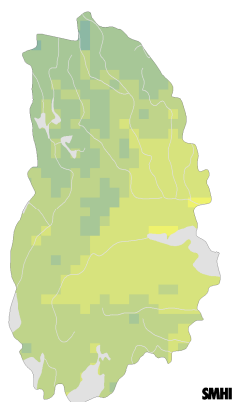
Observerat 1961-1990



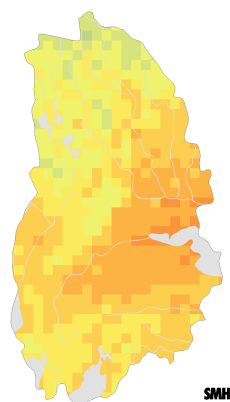
Observerat 1991-2013



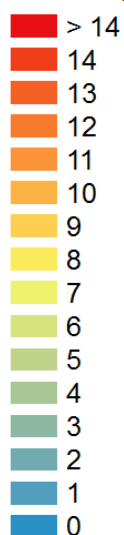
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

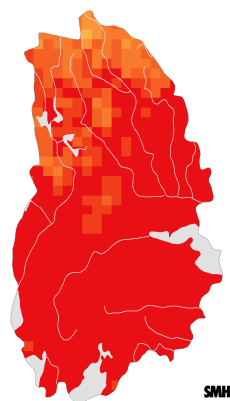
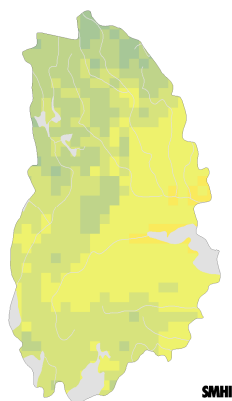


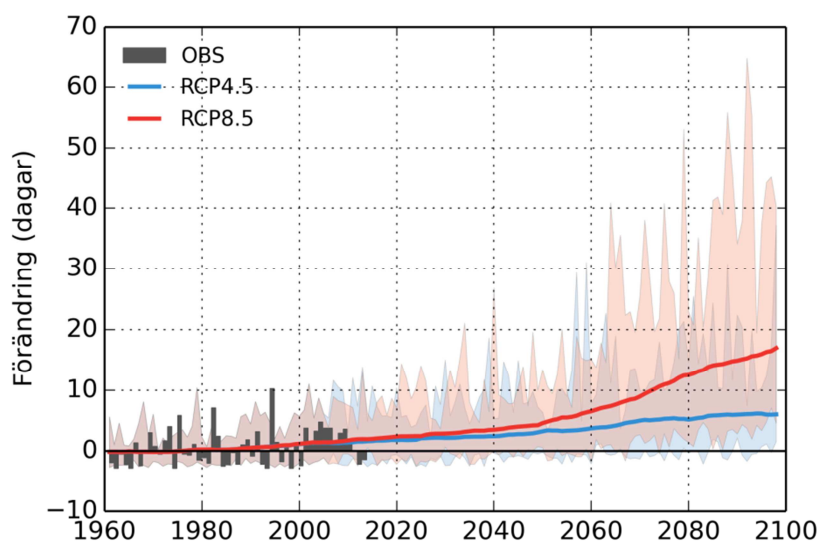
Antal dagar



RCP4.5

RCP8.5



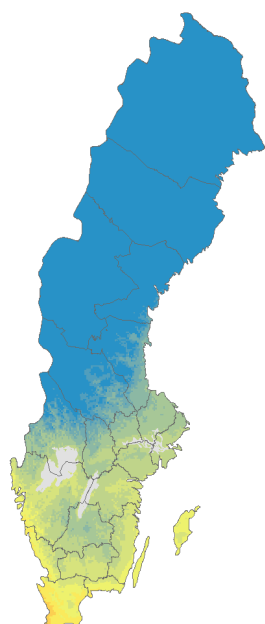


Värmeböljor är inte vanligt förekommande i Sverige generellt och inte heller i Örebro län. Under perioden 1961-1990 översteg dygnsmedeltemperaturen 20 °C endast vid ett fåtal tillfällen varje år. Medelvärdet för länet som helhet var 2,9 dagar. Det har under de senaste drygt 20 åren blivit något varmare men antalet sammanhängande dagar med medeltemperaturer över 20°C har endast ökat med ett par dagar.

Under de kommande åren visar beräkningarna på längre perioder med dygnsmedeltemperaturer över 20°C. Skillnaden är markant större för RCP8.5, för vilket värmeböljornas längd ökar till ca 18 dagar i slutet av seklet. Det finns i dagens klimat en tendens till mer värmeböljor i den östra delen av länet och det mönstret kvarstår i framtidsberäkningarna. Det kan också ses i kartorna för sommartemperaturen och vegetationsperioden.

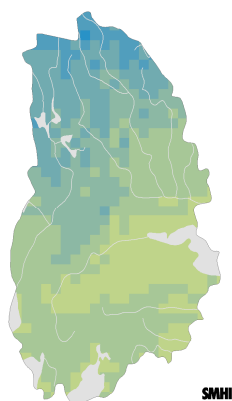
4.9 Graddagar för uppvärmning

Observerat 1961-1990

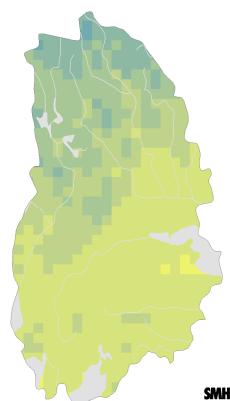


Graddagar för uppvärmning är skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och tröskelvärdet 17°C, summerat på ett år. En dygnsmedeltemperatur på 12°C bidrar exempelvis med 5 grader till årssumman. Dygnsmedeltemperaturer över 17°C ger inget bidrag. Graddagar för uppvärmning är ett energimått och används för att uppskatta behovet av uppvärmning i bostäder.

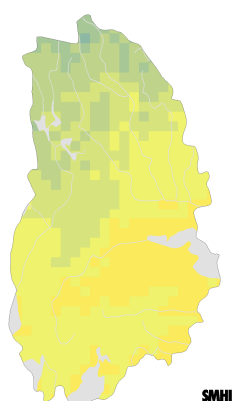
Observerat 1961-1990



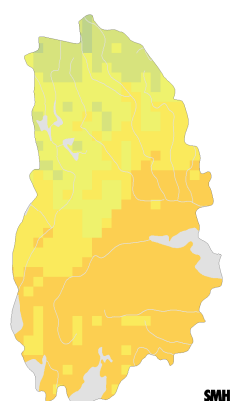
Observerat 1991-2013



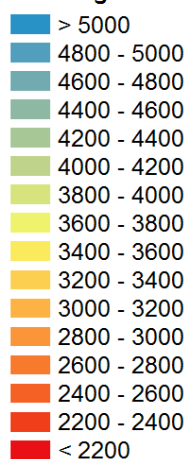
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

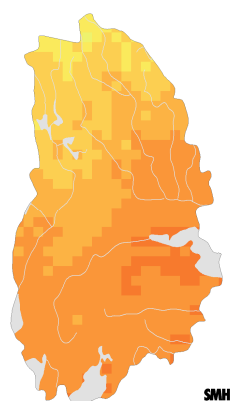
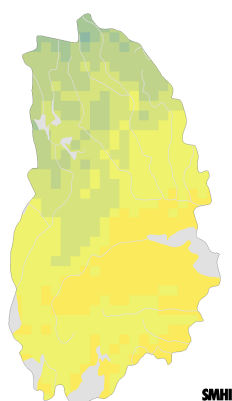


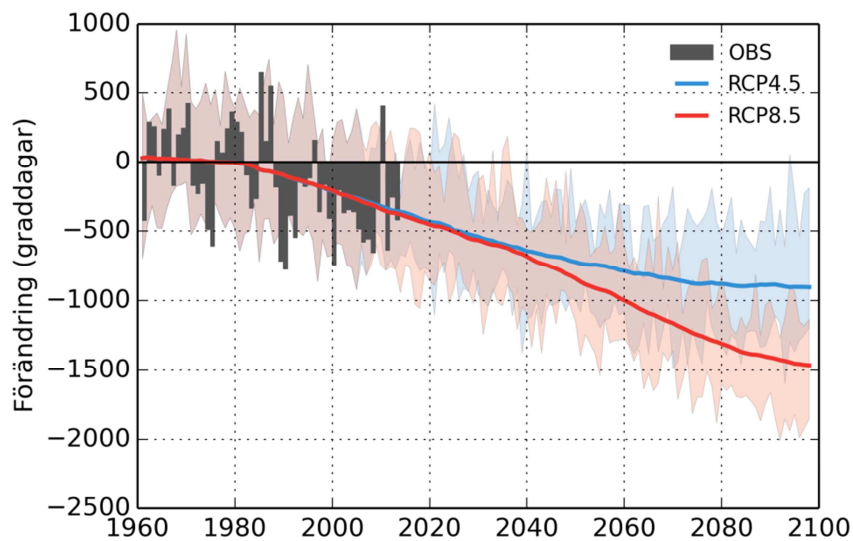
Graddagar



RCP4.5

RCP8.5

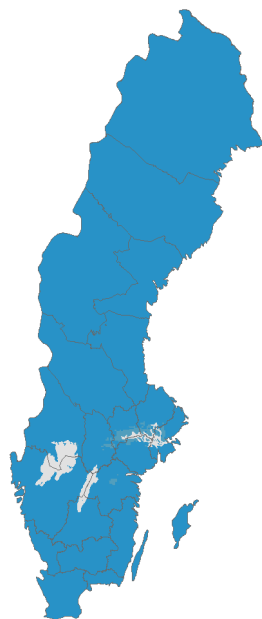




Behovet av uppvärmning minskar. För referensperioden 1961-1990 var antalet graddagar 4379 i genomsnitt för länet. Temperaturgradienten över länet syns i kartorna som större antal graddagar i norr jämfört med söder. Under de senaste årtiondena har uppvärmningsbehovet minskat i medeltal, vilket framgår både av kartor och av diagram. Den utvecklingen ser ut att fortsätta och om 25 år är enligt beräkningarna antalet graddagar för länet ca 3700. RCP4.5 visar på ca 3500 graddagar för länet vid seklets slut, med en variationsbredd på 3200-4000 graddagar. RCP8.5 anger en minskning ned mot 2900 graddagar, med variationsbredd 2500-3400 graddagar.

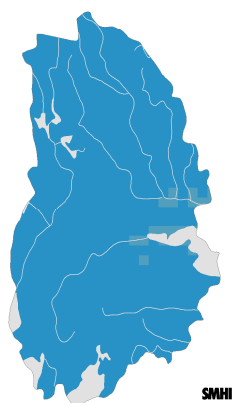
4.10 Graddagar för kylning

Observerat 1961-1990



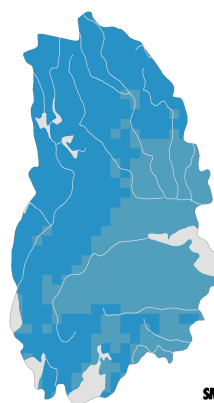
Graddagar för kylning är summan av hela årets dygnsmedeltemperaturer över 20°C. En dygnsmedeltemperatur på 22°C bidrar exempelvis med 2 grader till årssumman. Graddagar för kylning är ett energimått och används för att uppskatta behovet av kylning i bostäder.

Observerat 1961-1990



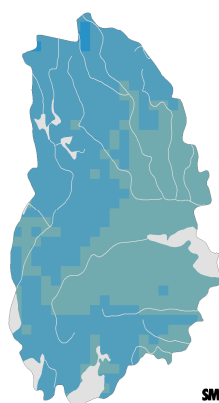
SMHI

Observerat 1991-2013



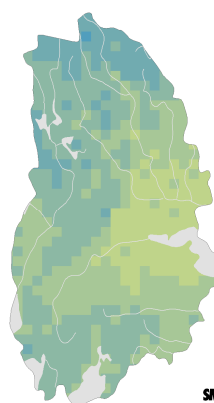
SMHI

Beräknat 2021-2050



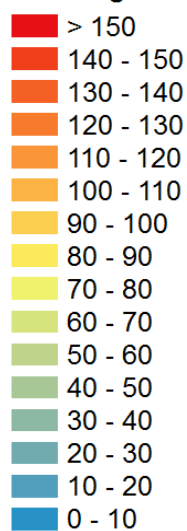
SMHI

Beräknat 2069-2098



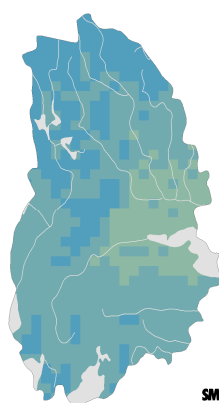
SMHI

Graddagar

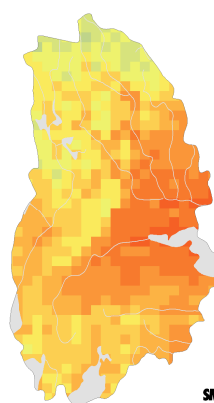


RCP4.5

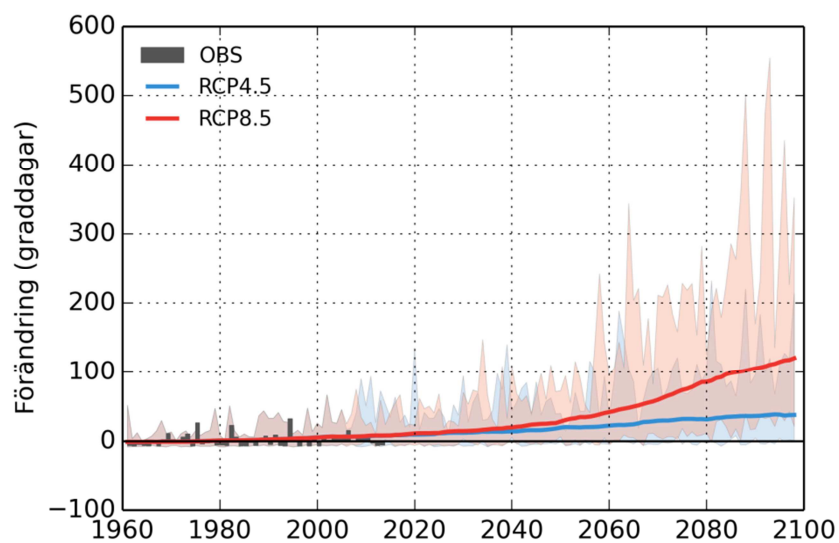
RCP8.5



SMHI



SMHI



Behoven av kylning har hittills varit små i Sverige. För Örebro län var medeltalet för referensperioden 1961-1990 6,7 graddagar, enligt den definition som här används. Kylbehovet ökar med ökande sommartemperaturer och RCP8.5 visar en markant ökning mot slutet av seklet till i medeltal 110 graddagar.

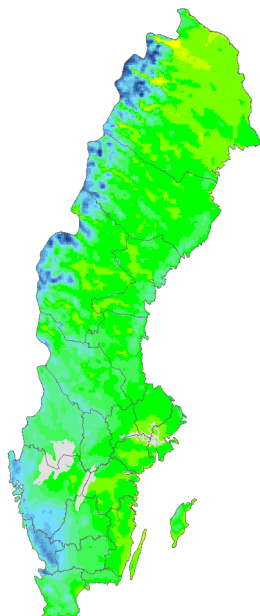
Behovet av energi för kylning förblir dock mycket litet i jämförelse med uppvärmningsbehovet, även i framtiden.

5 Nederbörd

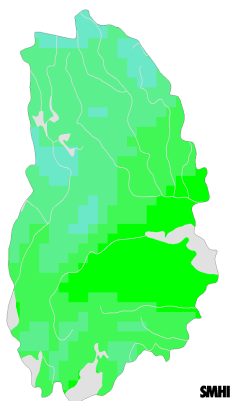
5.1 Årsmedelnederbörd

Observerat 1961-1990

Årsmedelnederbörd är medelvärde av varje års summerade dygnsnederbörd. Det är tillsammans med årsmedeltemperatur det mest använda klimatindexet för att beskriva klimatet.

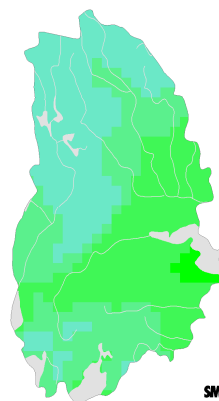


Observerat 1961-1990



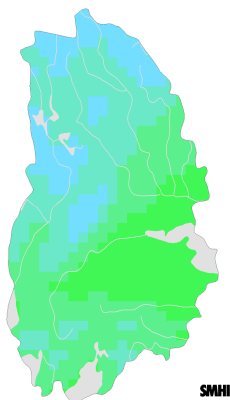
SMHI

Observerat 1991-2013



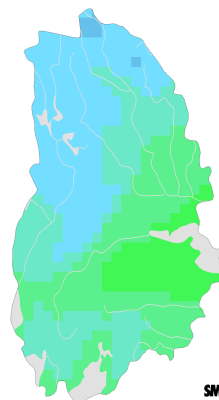
SMHI

Beräknat 2021-2050



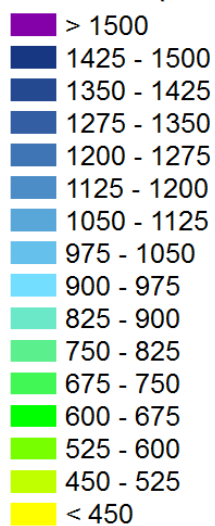
SMHI

Beräknat 2069-2098



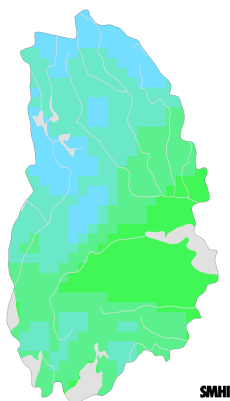
SMHI

Nederbörd (mm)

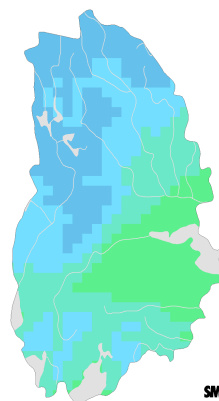


RCP4.5

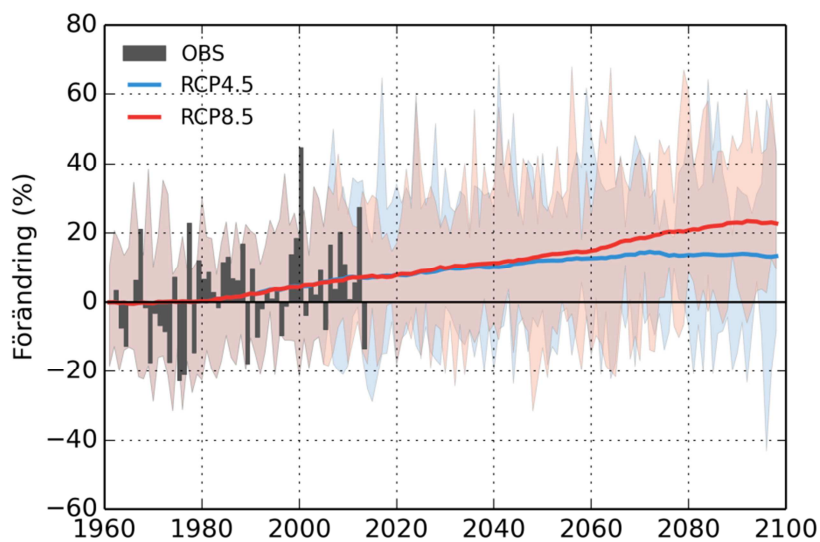
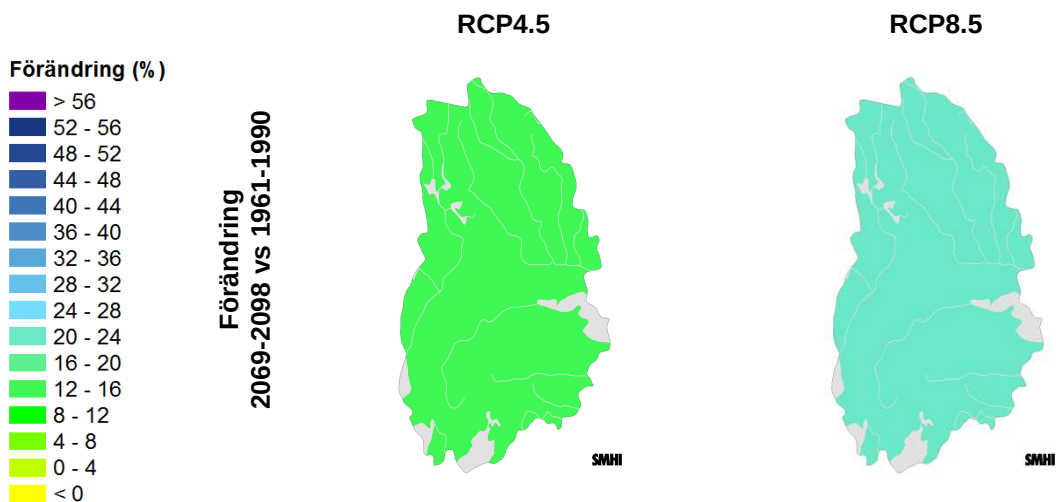
RCP8.5



SMHI



SMHI



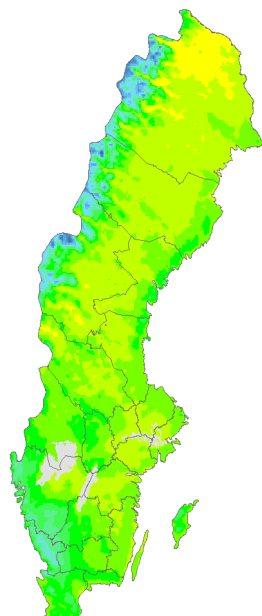
Årsmedelnederbörden i Örebro län var under perioden 1961-1990 738 mm. Nederbördsmönstret följer topografin väl. Det regnar minst i det lägre belägna området kring Hjälmaren och mer i de höglänta områdena. Staplarna i diagrammet visar att mellanårsvariationen är stor.

Under de senaste drygt 20 åren har nederbörden ökat något. I ett framtida klimat väntas nederbörden öka, vilket båda RCP-scenarierna visar. Ökningen är störst i RCP8.5, drygt 20 % till slutet av seklet, medan RCP4.5 har en ökning på ca 15 %. Förändringskartorna visar att ökningen är jämnt fördelad över länet.

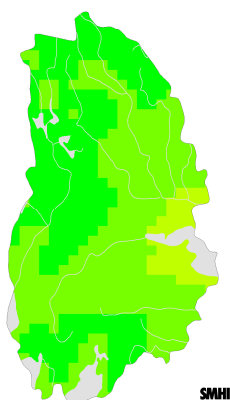
5.2 Medelnederbörd vinter

Observerat 1961-1990

Vinter definieras här som perioden december-februari. Kartorna visar medelvärdet av varje periods summerade dygnsnederbörd.

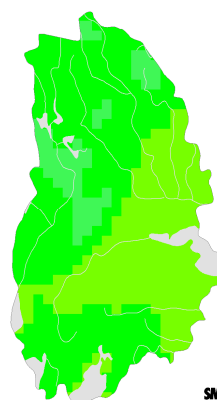


Observerat 1961-1990



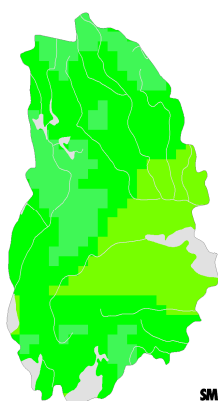
SMHI

Observerat 1991-2013



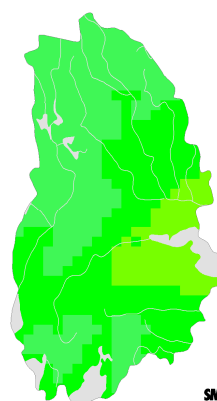
SMHI

Beräknat 2021-2050



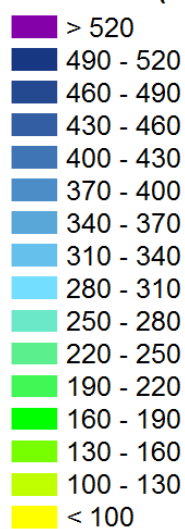
SMHI

Beräknat 2069-2098



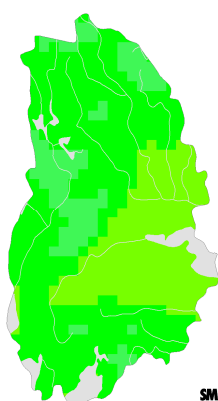
SMHI

Nederbörd (mm)

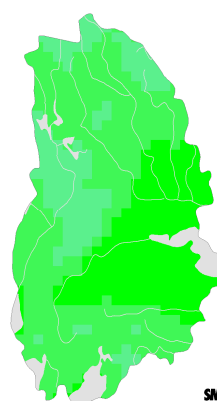


RCP4.5

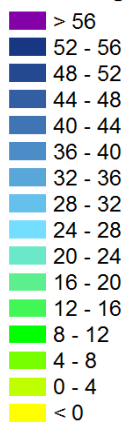
RCP8.5



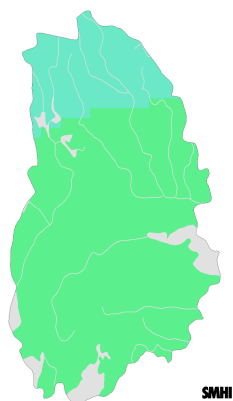
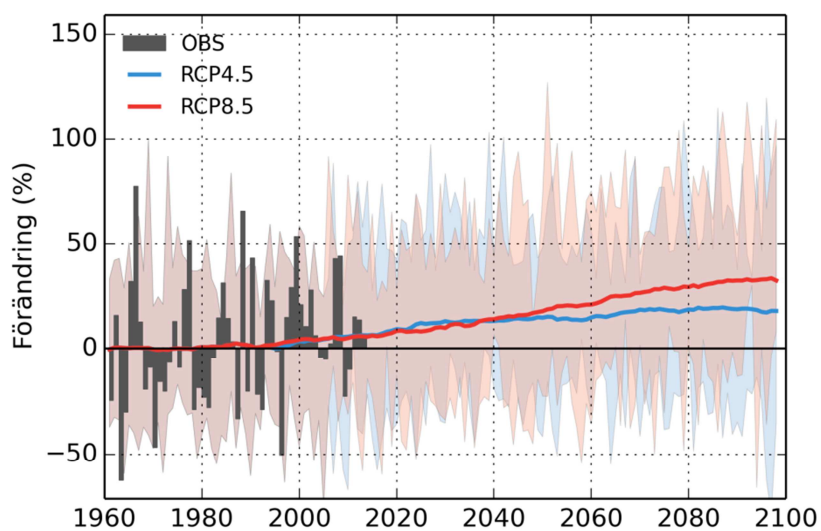
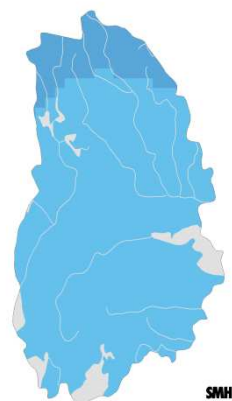
SMHI



SMHI

Förändring (%)

Förändring
2069-2098 vs 1961-1990

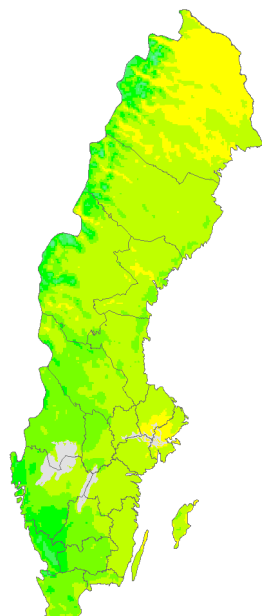
RCP4.5**RCP8.5**

Under vintern har nederbörden i länet varit 153 mm i medeltal under referensperioden 1961-1990. Variationen mellan år är stor (60-270 mm). Beräkningarna visar ökad nederbörd under vintern (20-30 %), men med fortsatt stor variation mellan åren. Ökningen ser ut att bli något större i de nordliga delarna av länet.

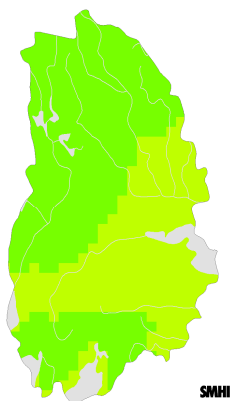
5.3 Medelnederbörd vår

Observerat 1961-1990

Vår definieras här som perioden mars-maj. Kartorna visar medelvärdet av varje periods summerade dygnsnederbörd.

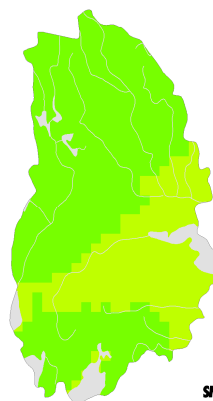


Observerat 1961-1990



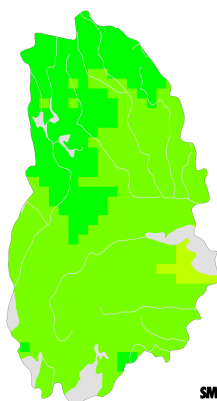
SMHI

Observerat 1991-2013



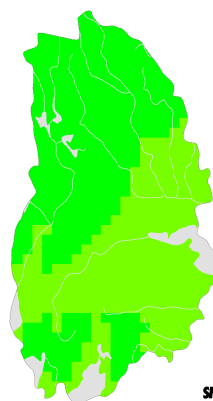
SMHI

Beräknat 2021-2050



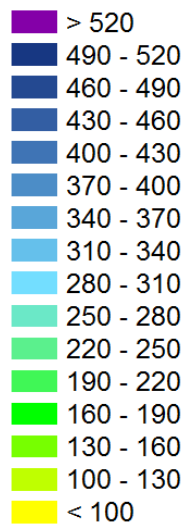
SMHI

Beräknat 2069-2098



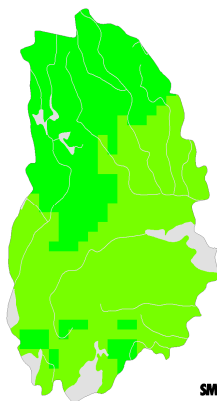
SMHI

Nederbörd (mm)

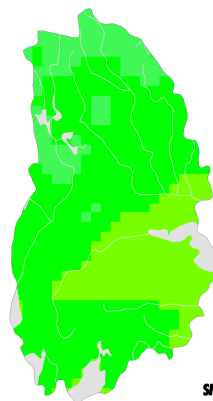


RCP4.5

RCP8.5

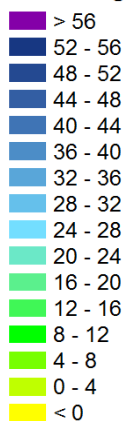


SMHI



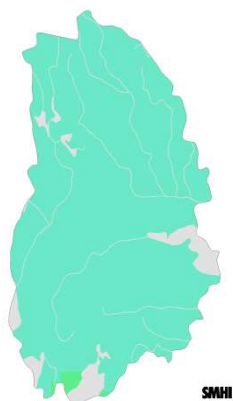
SMHI

Förändring (%)

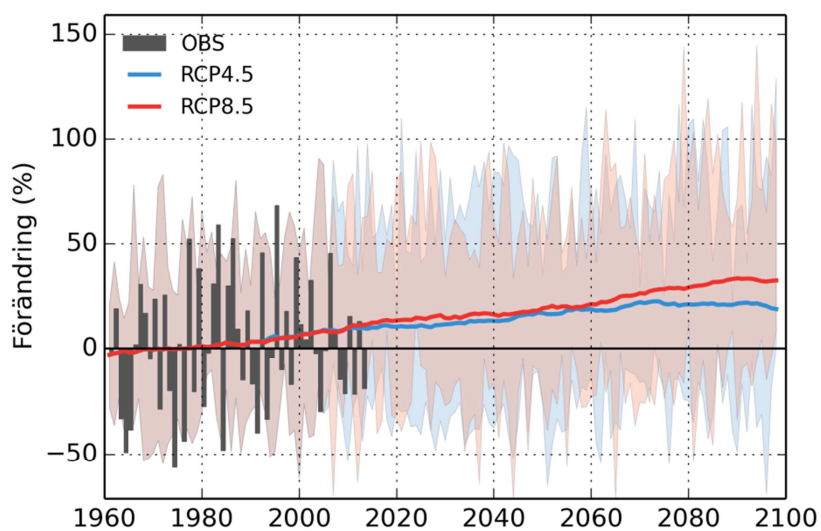


**Förändring
2069-2098 vs 1961-1990**

RCP4.5



RCP8.5

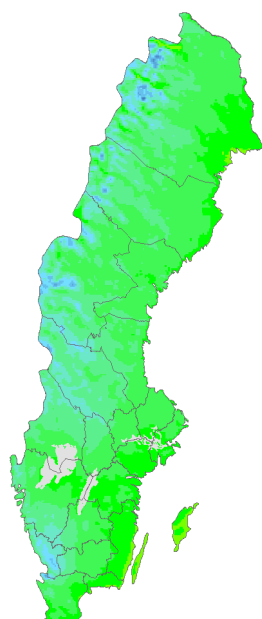


Vårnederbörden summeras till 132 mm för perioden 1961-1990. Mellanårsvariationen är stor (50-220 mm). I slutet av seklet väntas en ökning av vårnederbörden, i jämförelse med referensperioden, med dryga 20 % enligt RCP4.5 och ca 30 % enligt RCP8.5.

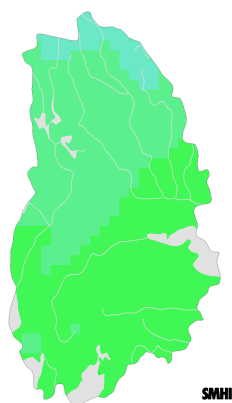
5.4 Medelnederbörd sommar

Observerat 1961-1990

Sommar definieras här som perioden juni-augusti. Kartorna visar medelvärdet av varje periods summerade dygnsnederbörd.

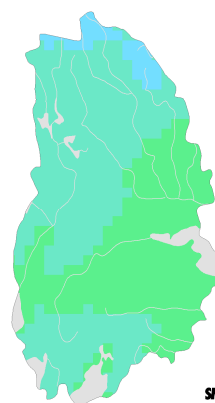


Observerat 1961-1990



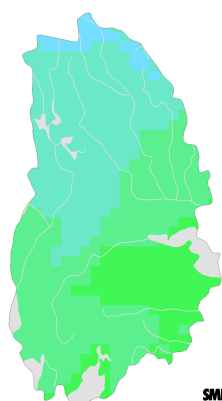
SMHI

Observerat 1991-2013



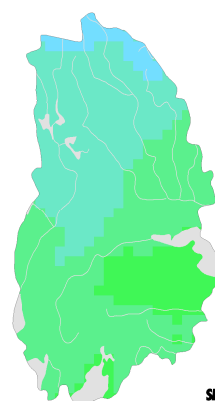
SMHI

Beräknat 2021-2050



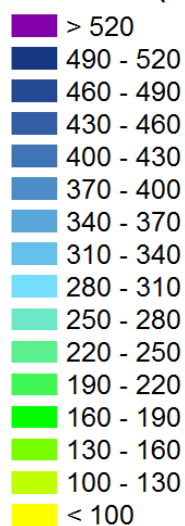
SMHI

Beräknat 2069-2098



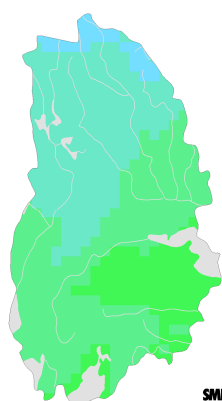
SMHI

Nederbörd (mm)

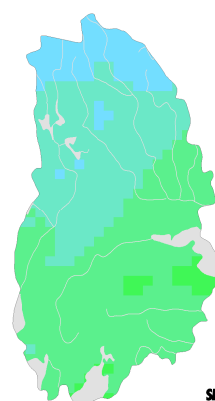


RCP4.5

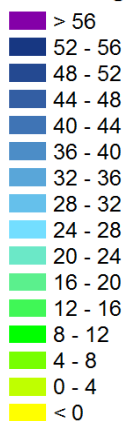
RCP8.5



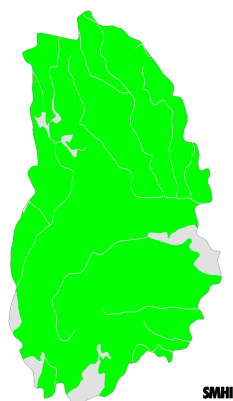
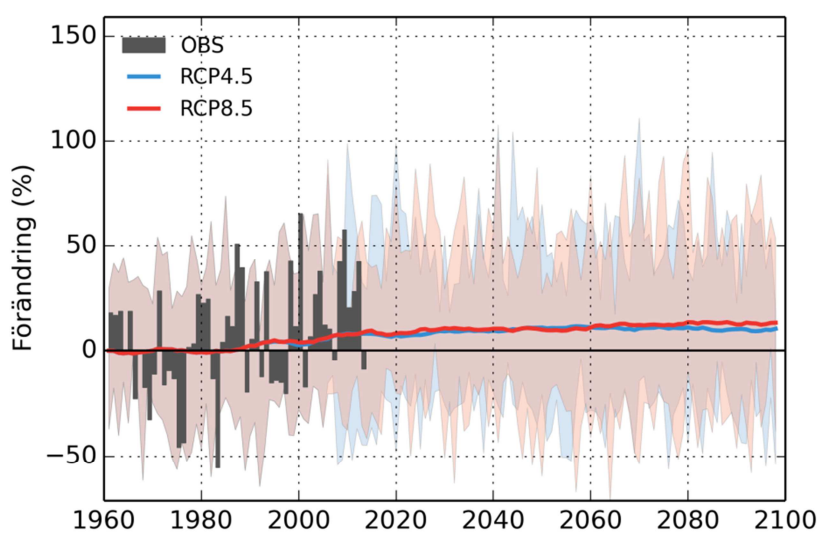
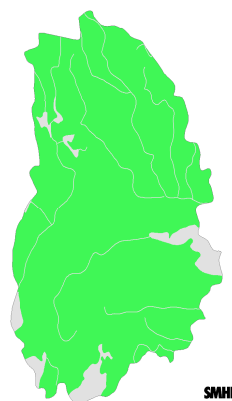
SMHI



SMHI

Förändring (%)

Förändring
2069-2098 vs 1961-1990

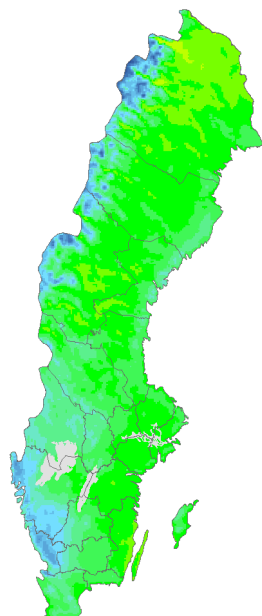
RCP4.5**RCP8.5**

Sommarnederbörden var i medeltal 220 mm för länet 1961-1990. Kartan för perioden 1991-2013 uppvisar blötare förhållanden än för referensperioden och uppvisar stora likheter med framtidsberäkningarna. De två RCP-scenarierna följs väl åt. Nederbördsökningen fördelas jämnt över länet.

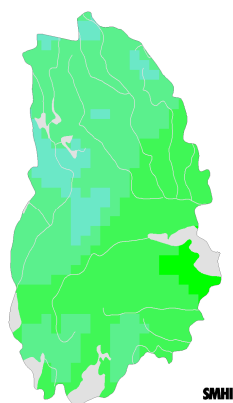
5.5 Medelnederbörd höst

Observerat 1961-1990

Höst definieras här som perioden september-november. Kartorna visar medelvärdet av varje periods summerade dygnsnederbörd.

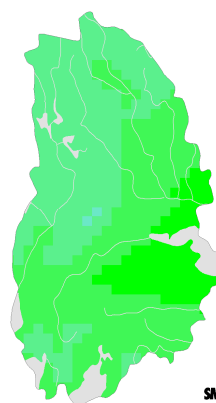


Observerat 1961-1990



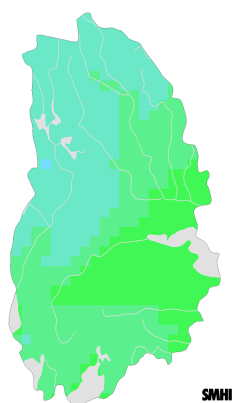
SMHI

Observerat 1991-2013



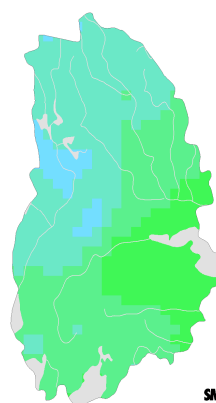
SMHI

Beräknat 2021-2050



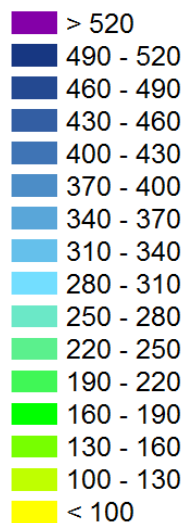
SMHI

Beräknat 2069-2098



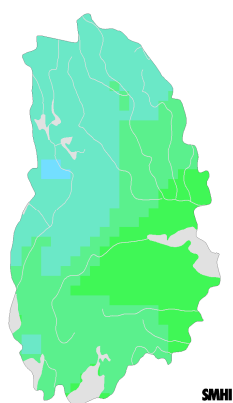
SMHI

Nederbörd (mm)

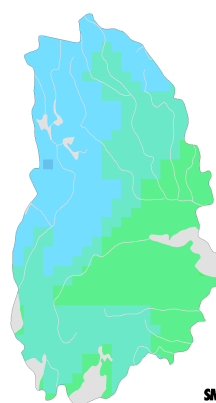


RCP4.5

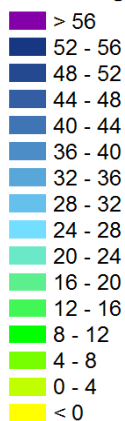
RCP8.5



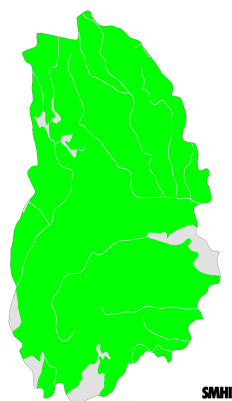
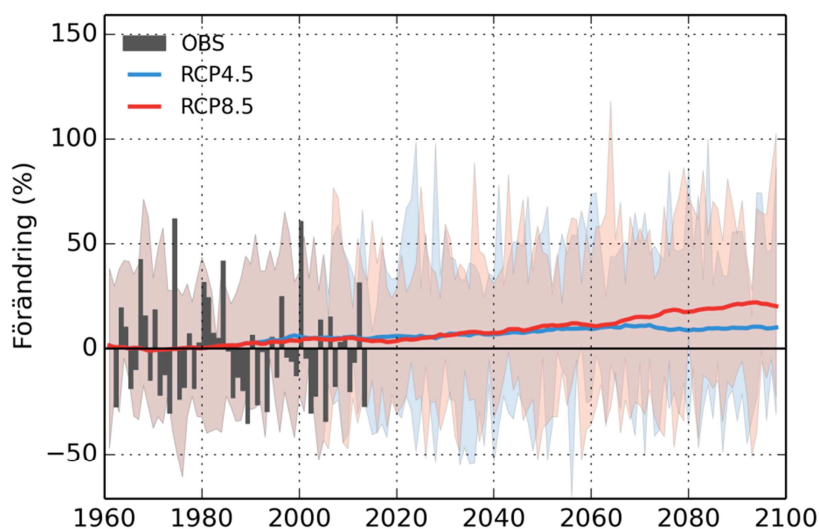
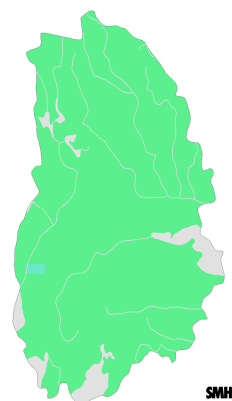
SMHI



SMHI

Förändring (%)

Förändring
2069-2098 vs 1961-1990

RCP4.5**RCP8.5**

Höstnederbörden i Örebro län är i medeltal 222 mm för referensperioden 1961-1990 vilket motsvarar sommarnederbörden. Till mitten av seklet ger de båda RCP-scenarierna mycket lika resultat, en ökning på ca 10 % väntas. RCP 4.5 ligger kvar på denna ökning, medan RCP8.5 visar en ökning på ca 20 % till slutet av seklet.

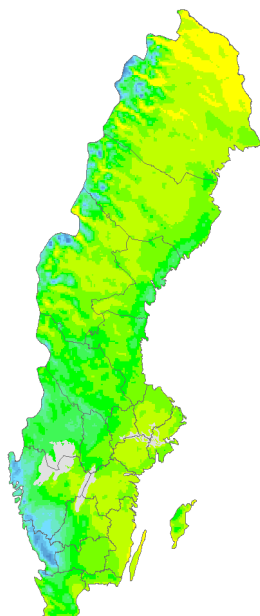
Allmänt om årstiderna

Både RCP4.5 och RCP8.5 visar på nederbördsökning för alla årstiderna fram till slutet av seklet. Den största nederbördsökningen sker för vinter- och vårmånaderna (20-30 % ökning vid seklets slut jämfört med 1961-1990). Mest nederbörd faller i genomsnitt under sommar och höst. Även om ökningen är procentuellt lägre för dessa perioder så är de fortsatt mest nederbördsrika.

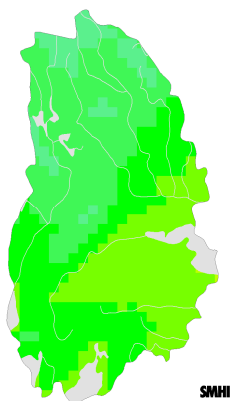
5.6 Antal dagar med mer än 10 mm nederbörd

Observerat 1961-1990

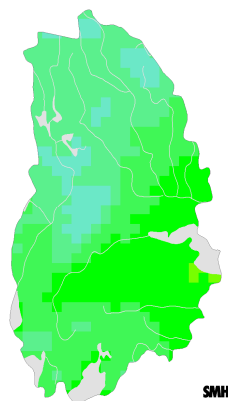
Kartorna visar medelvärdet av varje års totala antal dagar då nederbörden överstiger 10 mm. Det är ett mått på förekomsten av stora regnmängder som kan leda till översvämningar.



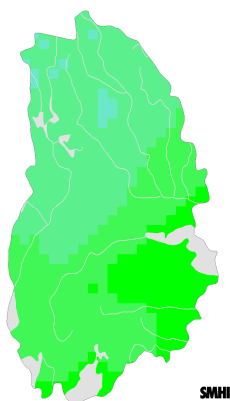
Observerat 1961-1990



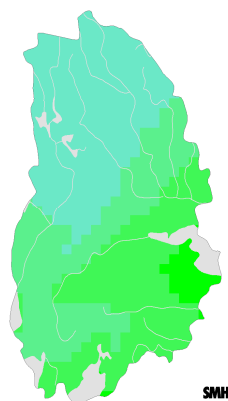
Observerat 1991-2013



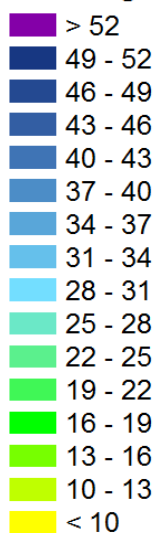
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

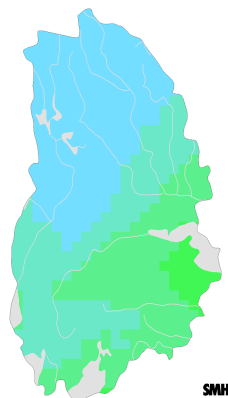
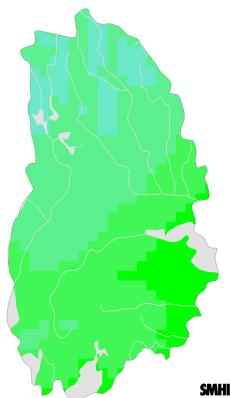


Antal dagar



RCP4.5

RCP8.5

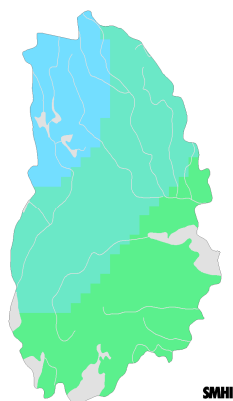


Antal dagar



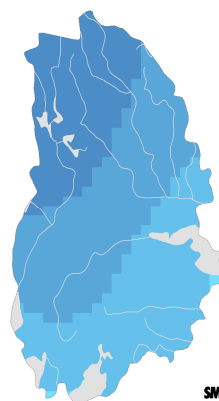
Förändring
2069-2098 vs 1961-1990

RCP4.5

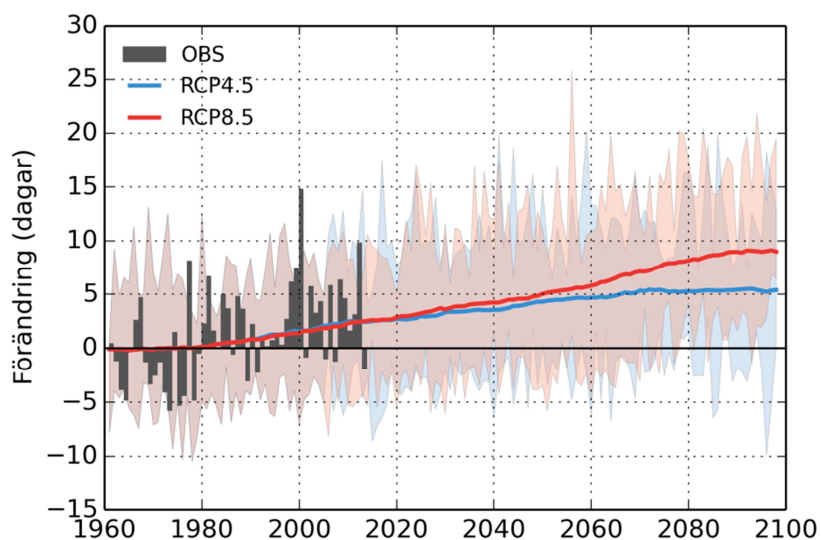


SMHI

RCP8.5



SMHI

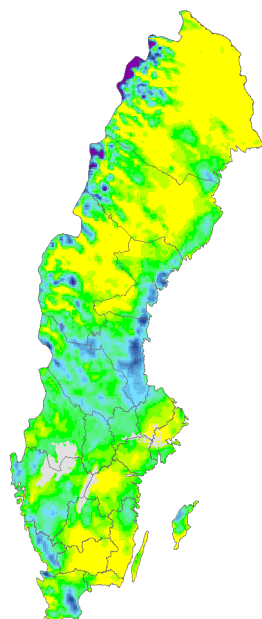


Under referensperioden 1961-1990 uppmättes mer än 10 mm nederbörd på ett dygn i genomsnitt 18 gånger på ett år. Variationen mellan år är stor och perioden 1991-2013 uppvisar tydligt fler tillfällen än referensperioden. Örebro län väntas få fler sådana tillfällen i framtiden, enligt RCP4.5 ökar antalet dagar i medeltal med ca 5 och enligt RCP8.5 med ca 9. Ökningen är störst i de norra delarna av länet.

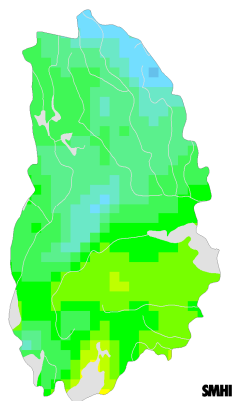
5.7 Maximal dygnsnederbörd

Observerat 1961-1990

Indexet är ett mått på årets största dygnsnederbörd. Resultaten presenteras som medelvärden över angiven period. Indexet är ett mått på risken för skyfall.

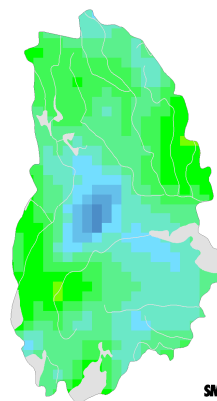


Observerat 1961-1990



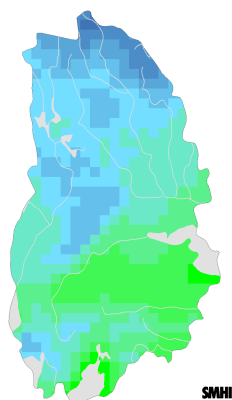
SMHI

Observerat 1991-2013



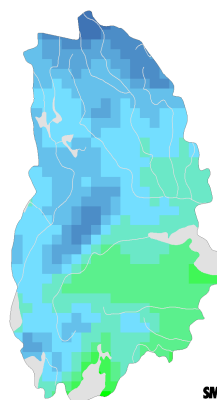
SMHI

Beräknat 2021-2050



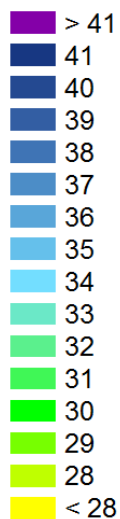
SMHI

Beräknat 2069-2098



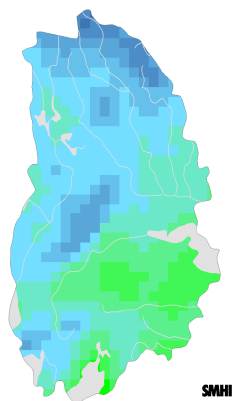
SMHI

Nederbörd (mm)

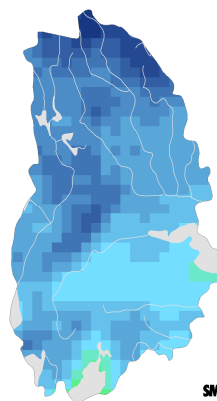


RCP4.5

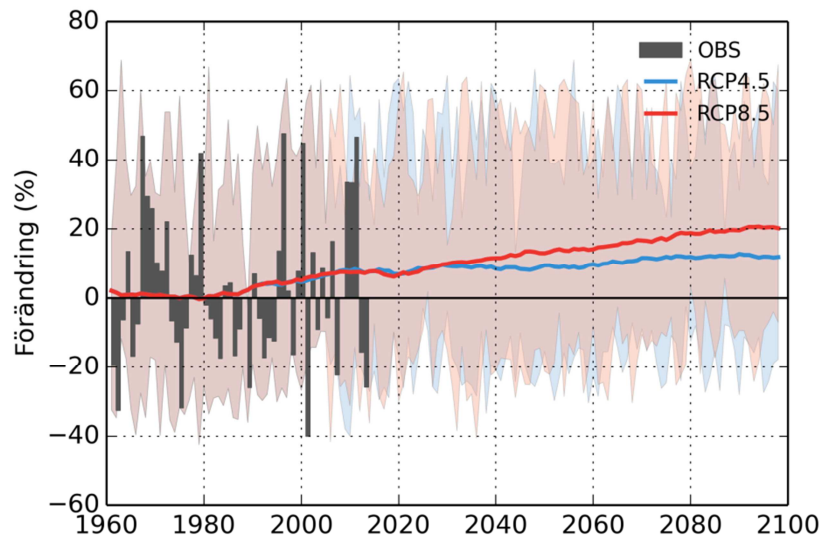
RCP8.5



SMHI



SMHI



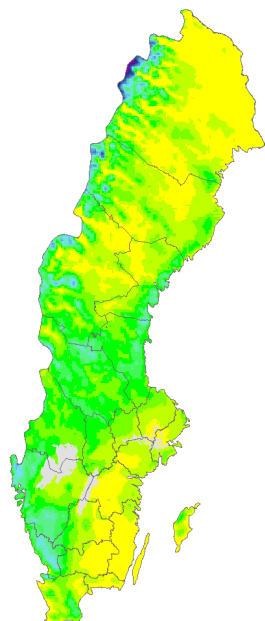
Det geografiska medelvärde av årets största dygnsnederbörd för perioden 1961-1990 är 30 mm, men som diagrammet visar varierar mängden mycket från år till år. Ett enskilt regn kan ge betydligt större regnmängder. Scenarierna visar på en ökning av dygnsnederbörden, RCP8.5 ger en ökning på ca 20 % till slutet av seklet och RCP4.5 visar på drygt 10 %.

Det geografiska mönstret i framtidsscenarierna motsvarar det generella nederbördsmönstret över länet med mer nederbörd på högre belägna områden. Perioden 1991-2013 visar på högre maximal dygnsnederbörd än för referensperioden och ett område mitt i länet utmärker sig med höga värden.

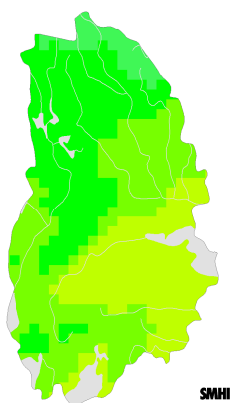
5.8 Maximal 7-dygnsnederbörd

Observerat 1961-1990

Indexet är ett mått på årets största 7-dygnsnederbörd. Resultaten presenteras som medelvärden över angiven period. Indexet kan till exempel användas för bedömning av förändringar i vattenflöde i små och medelstora naturvattendrag och diken.

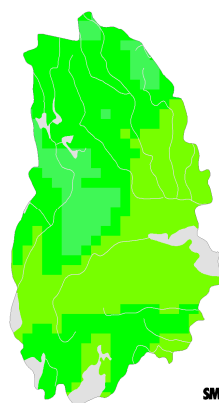


Observerat 1961-1990



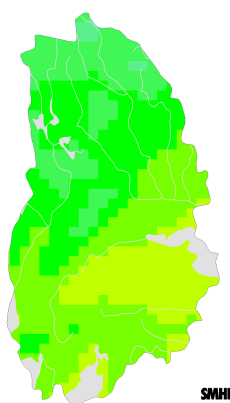
SMHI

Observerat 1991-2013



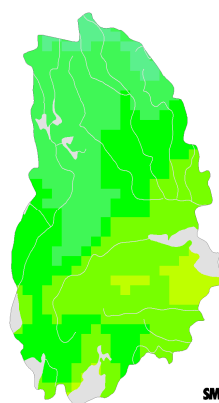
SMHI

Beräknat 2021-2050



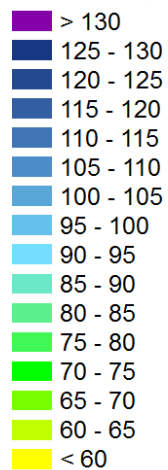
SMHI

Beräknat 2069-2098



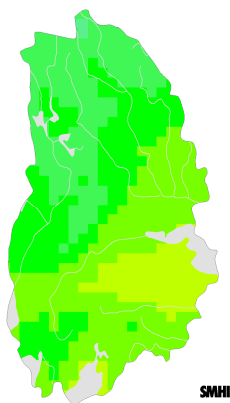
SMHI

Nederbörd (mm)

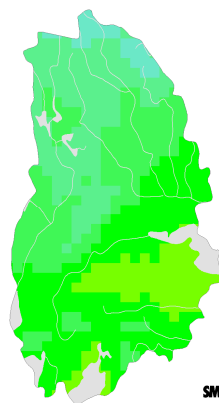


RCP4.5

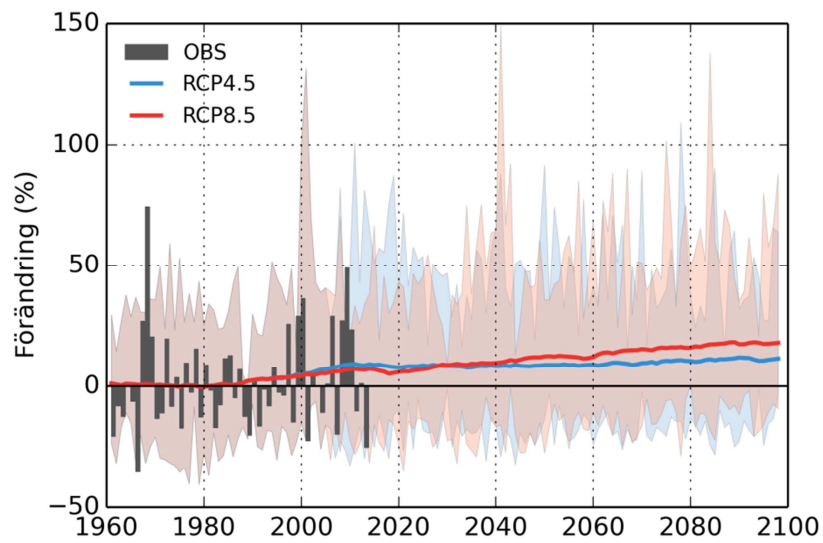
RCP8.5



SMHI



SMHI



Det geografiska medelvärde av årets största 7-dygnsnederbörd för perioden 1961-1990 är 68 mm, men som diagrammet visar varierar mängden mycket från år till år. Ett enskilt regn kan ge större regnmängder. Scenarierna visar på en ökning av 7-dygnsnederbörden, med ca 15 % till slutet av seklet.

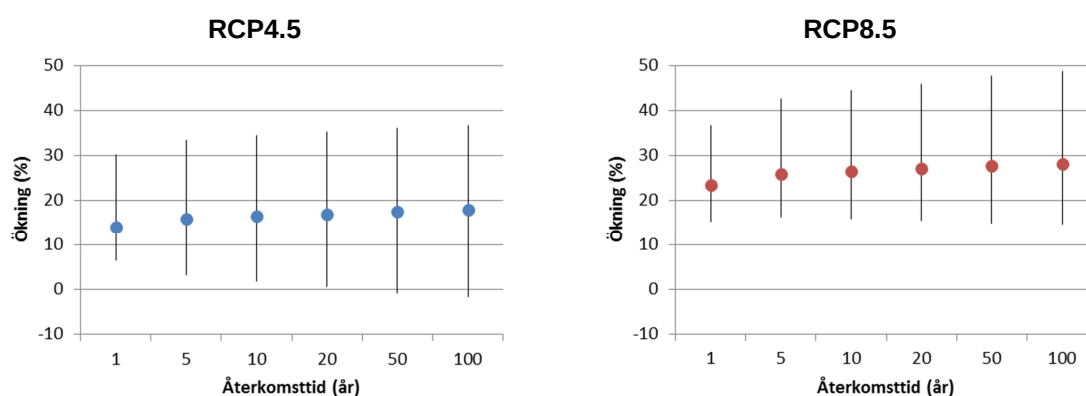
Det geografiska mönstret för maximal 7-dygnsnederbörd liknar det generella för nederbörden i länet och som följer topografin. Mönstret kvarstår i framtidskartorna.

5.9 Förändring av korttidsnederbörd

I föregående avsnitt har nederbörd analyserats utifrån dygnsvärden, både på års-, säsongs- och dygnsbasis. SMHI har även gjort studier av hur intensiv nederbörd kan förändras i framtiden.

Som underlag till Dricksvattenutredningen publicerades en rapport som bland annat innehåller kartor på Sverigeskala över så kallad framtida extrem korttidsnederbörd (Eklund m.fl., 2015). Baserat på den studien har nedanstående diagram framtagits för Örebro län över extrem nederbörd med 1-timmes varaktighet (figur 4). Diagrammen beskriver den procentuella ökningen av 1-timmesnederbörd för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden 1961-1990.

Resultatet presenteras för olika återkomsttider, ett mått på hur ofta förekomsten av extrema naturliga händelser kan förväntas. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Se ytterligare förklaring i Ordlistan.

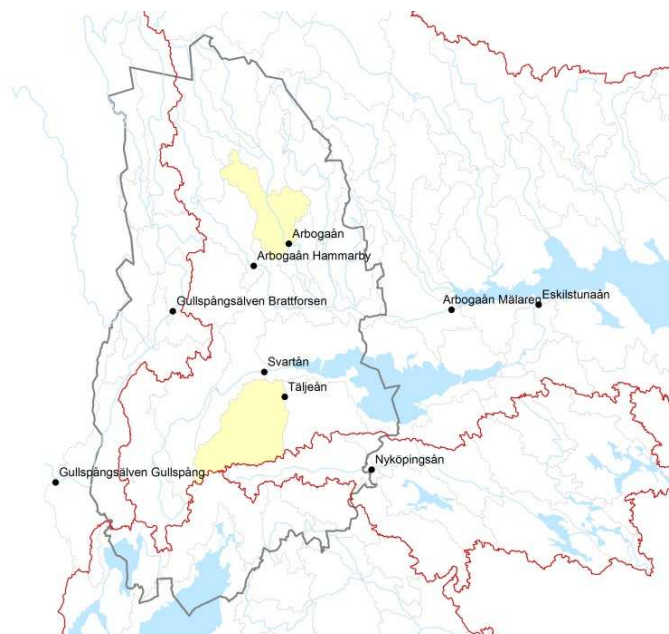


Figur 4. Procentuell förändring av nederbörd med varaktigheten 1 timme mellan perioderna 2069-2098 och 1961-1990 för Örebro län. Punkterna representerar medianvärden och vertikala streck visar spridningen mellan de olika modellberäkningarna.

Den extrema 1-timmesnederbörden förväntas öka, och RCP8.5 visar på större förändring än RCP4.5. Beräkningarna visar på 15-25 % ökning av de årligen återkommande skurarna och 15- 30 % ökning för de mer ovanliga extrema skurarna. Spridningen i beräkningarna är större för de längre återkomsttiderna.

6 Total medeltillrinning

Avsnittet behandlar den totala tillrinningen dvs. det ackumulerade flödesbidraget från alla avrinningsområden som ligger uppströms, även utanför länsgränsen. Indexen kan vara av intresse för att bedöma vattentillgång till kraftproduktion och vattenuttag, samt för planering av markanvändning, som exploatering i områden kring sjöar och vattendrag. I Figur 5 är de utvalda vattendragen för analys av total tillrinning markerade med punkter. Gula områden används för analyser av lokal tillrinning, vilka redovisas i avsnitt 7.



Figur 5. Kartan visar avrinningsområden (röda linjer) och delområden enligt HBV-modellen (ljusgrå linjer). De markerade vattendragspunkterna relaterar till diagrammen över total tillrinning i rapporten. De gulmarkerade områdena avser beräkningarna för lokal tillrinning och markfuktighet. Örebro län markeras med mörkgrå linje.

6.1 Förändrad total medeltillrinning för år och säsonger

I diagrammen på följande sidor redovisas beräkningar av framtidens hydrologiska förhållanden avseende total tillrinning.

För de flesta vattendragen i länet ses en ökad årstillrinning med ca 10 % vid slutet av seklet. För Nyköpingsån är förändringen mindre och Eskilstunaån uppvisar små förändringar och går mot minskning mot slutet av seklet.

Den största förändringen av totala tillrinningen sker för vinterperioden. Samtliga vattendrag uppvisar ökande total medeltillrinning under vintern. För Gullspångsälven ses den största ökningen, med över 100 % enligt RCP8.5. Eskilstunaån ökar minst med dock med 20 %.

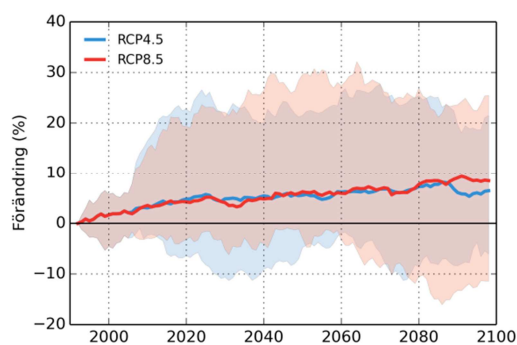
För våren ses minskande tillrinning med 10-20 % mot slutet av seklet med undantag av Eskilstunaån som inte uppvisar någon tydlig trend.

Totala medeltillrinningen under sommaren ser ut att minska för samtliga vattendrag med mellan 10 och 40 %. Eftersom tillrinningen är relativt låg under sommaren blir den absoluta förändringen mindre än motsvarande procentuella förändring för vintern. Dock är vattentillgången under sommaren ofta mer känslig och därför kan relativt små förändringar ha stor betydelse.

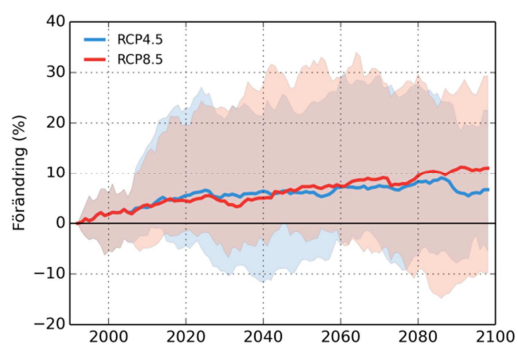
För hösten ses små förändringar men en liten ökning kan ses för de flesta vattendrag. Även för hösten utmärker sig Eskilstunaån med minskande tillrinning, 20-30 % mot slutet av seklet.

Förändrad total årsmedeltillrinning

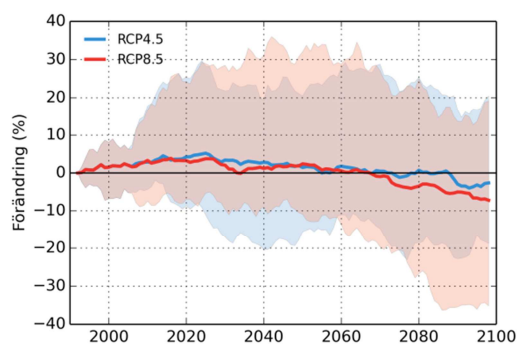
Svartån



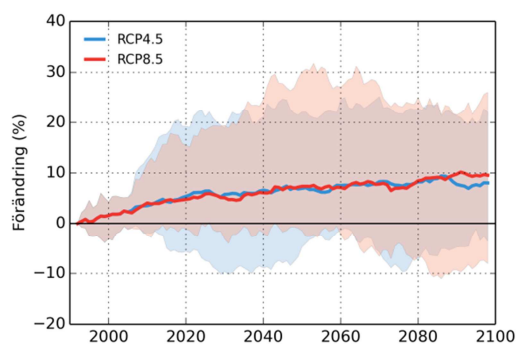
Täljeån



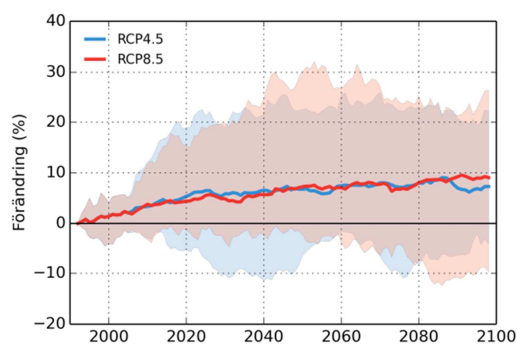
Eskilstunaån



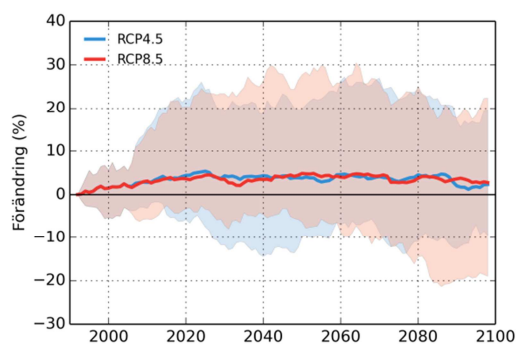
Arbogaån Hammarby



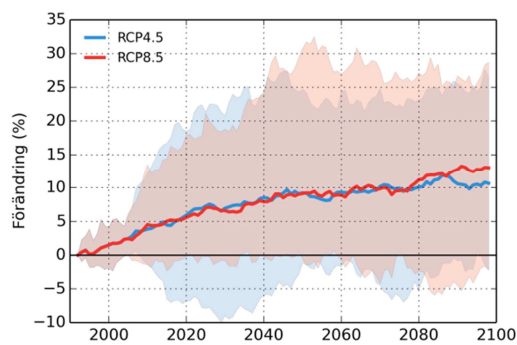
Arbogaån Mälaren



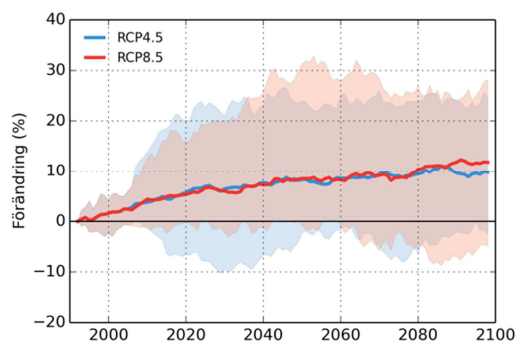
Nyköpingsån



Gullspångsälven Brattforsen

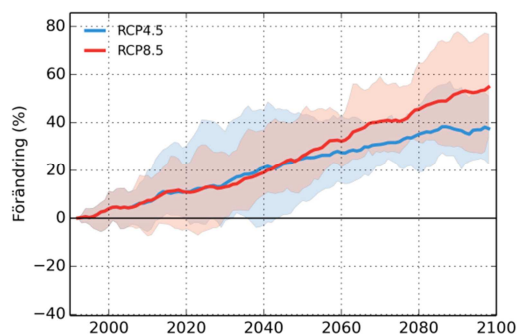


Gullspångsälven Gullspång

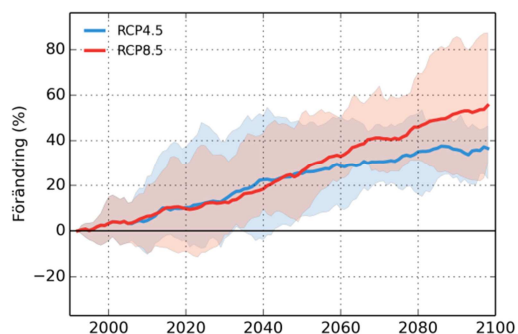


Förändrad total medeltillrinning vinter

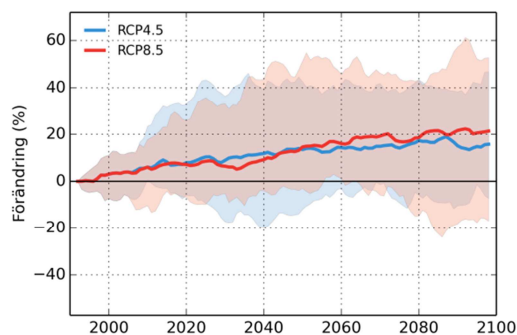
Svartån



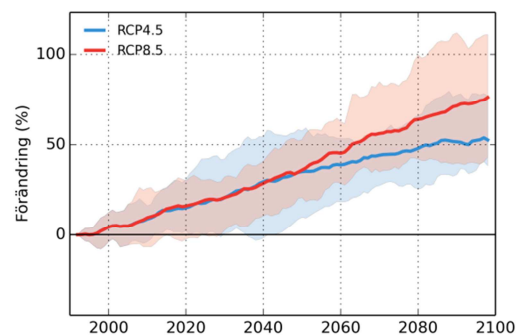
Täljeån



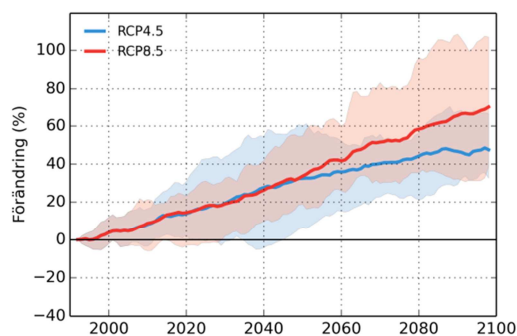
Eskilstunaån



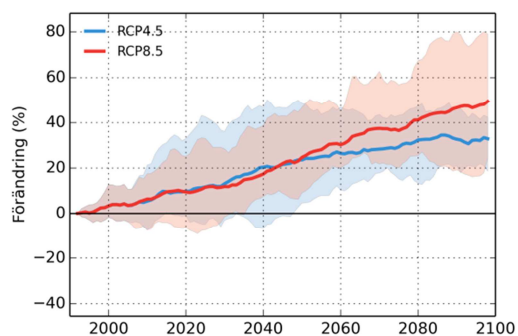
Arbogaån Hammarby



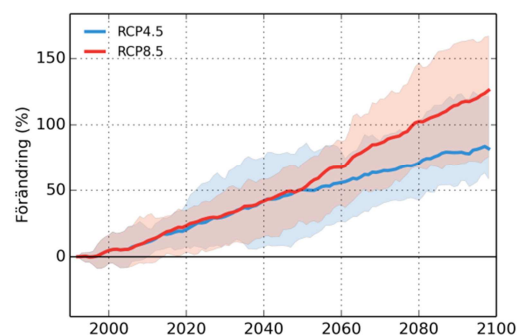
Arbogaån Mälaren



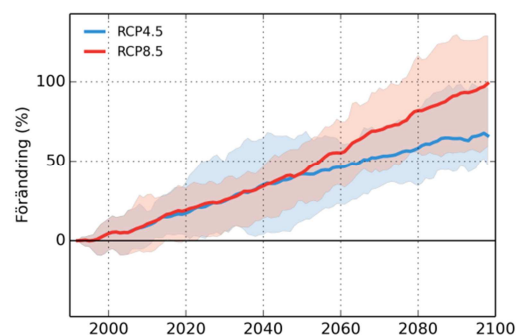
Nyköpingsån



Gullspångsälven Brattforsen

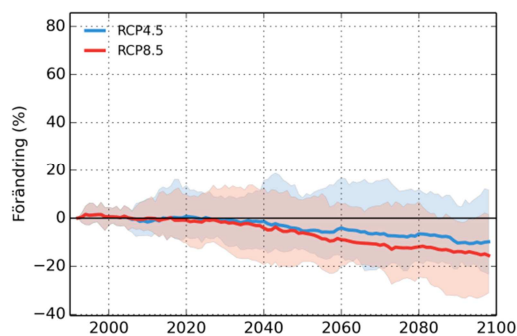


Gullspångsälven Gullspång

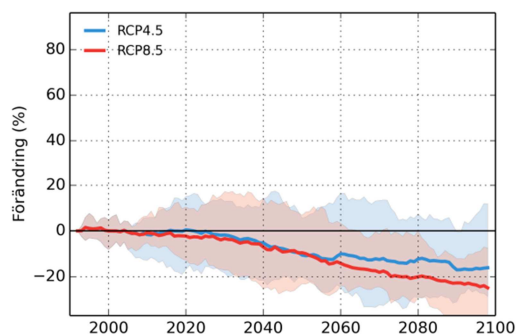


Förändrad total medeltillrinning vå

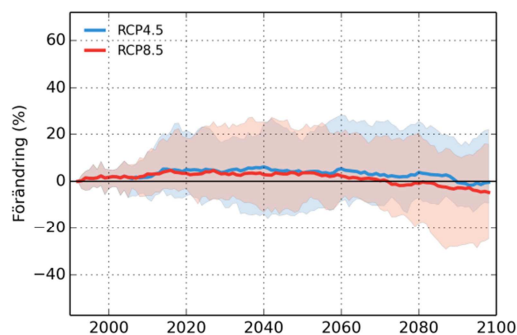
Svartån



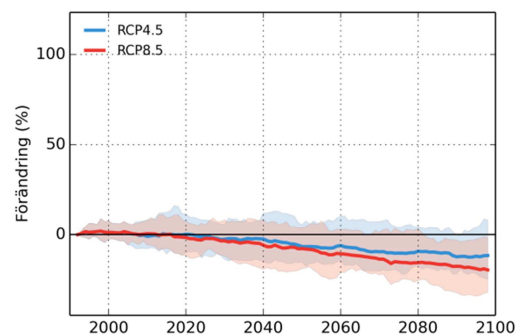
Täljeån



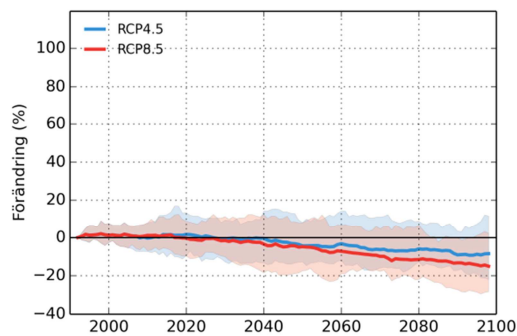
Eskilstunaån



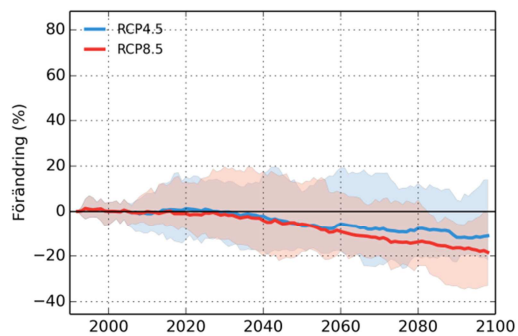
Arbogaån Hammarby



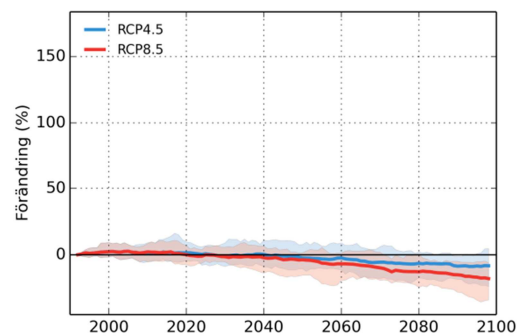
Arbogaån Mälaren



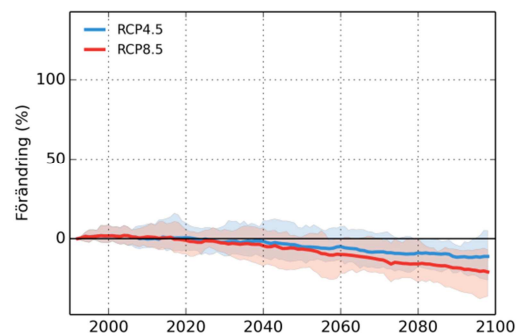
Nyköpingsån



Gullspångsälven Brattforsen

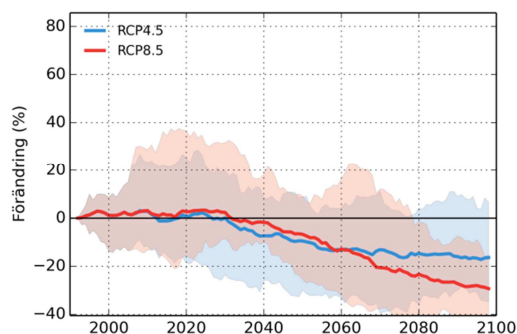


Gullspångsälven Gullspång

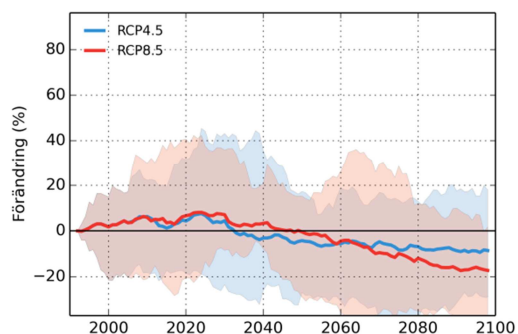


Förändrad total medeltillrinning sommar

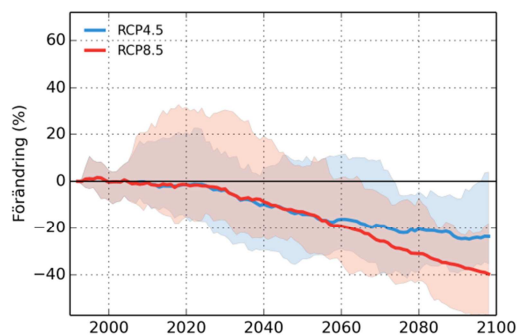
Svartån



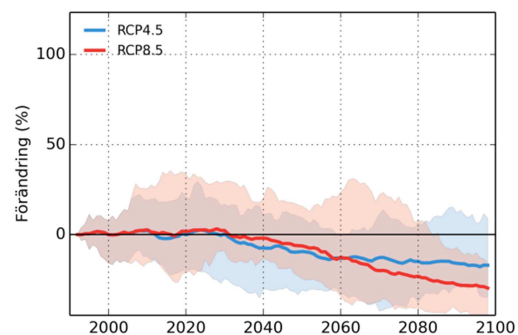
Täljeån



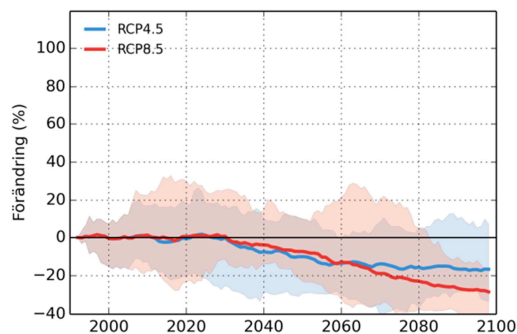
Eskilstunaån



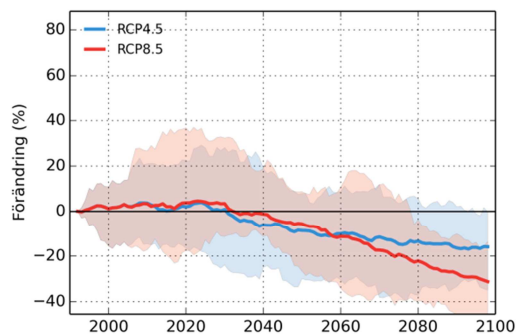
Arbogaån Hammarby



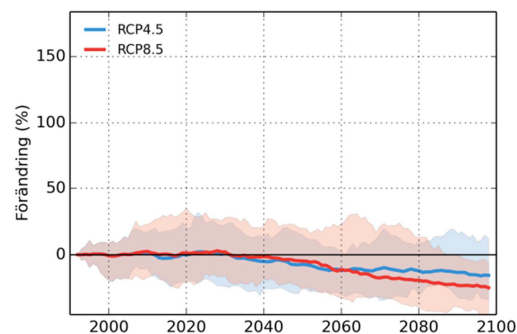
Arbogaån Mälaren



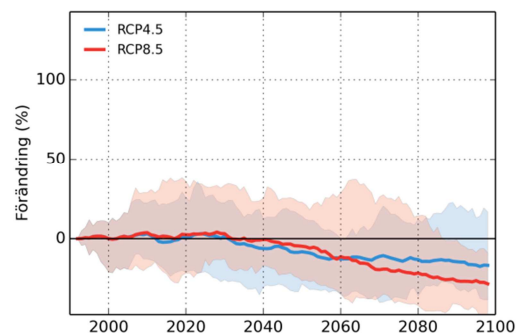
Nyköpingsån



Gullspångsälven

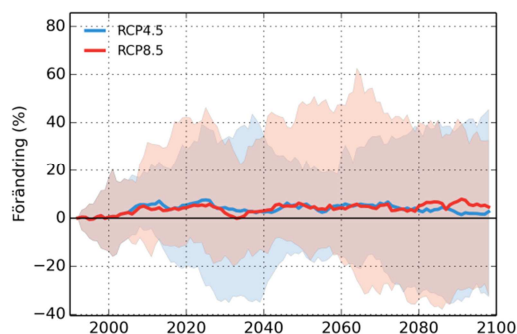


Gullspångsälven Gullspång

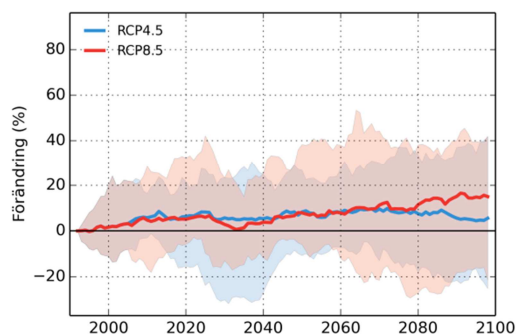


Förändrad total medeltillrinning höst

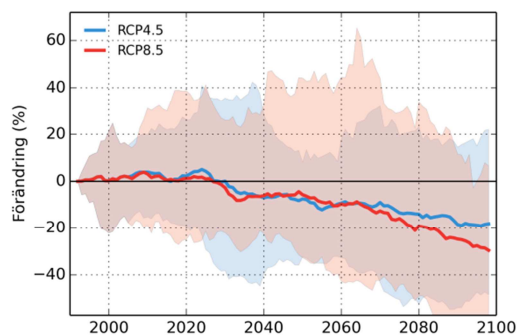
Svartån



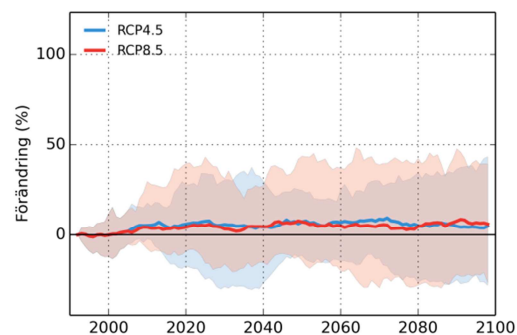
Täljeån



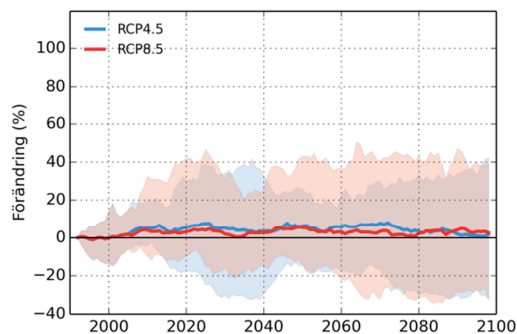
Eskilstunaån



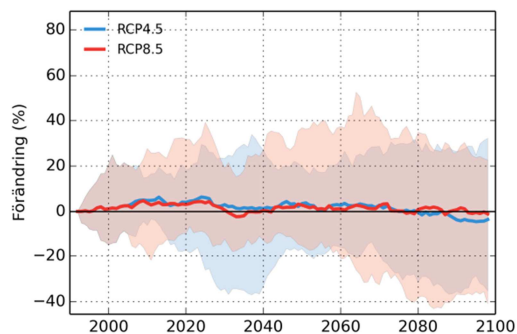
Arbogaån Hammarby



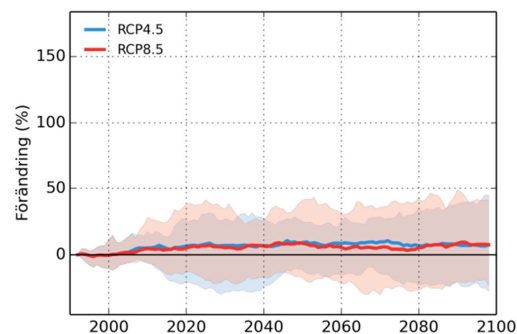
Arbogaån Mälaren



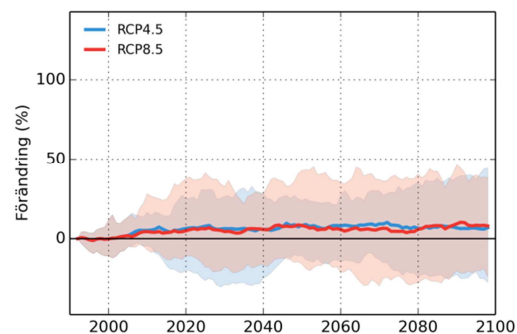
Nyköpingsån



Gullspångsälven Brattforsen

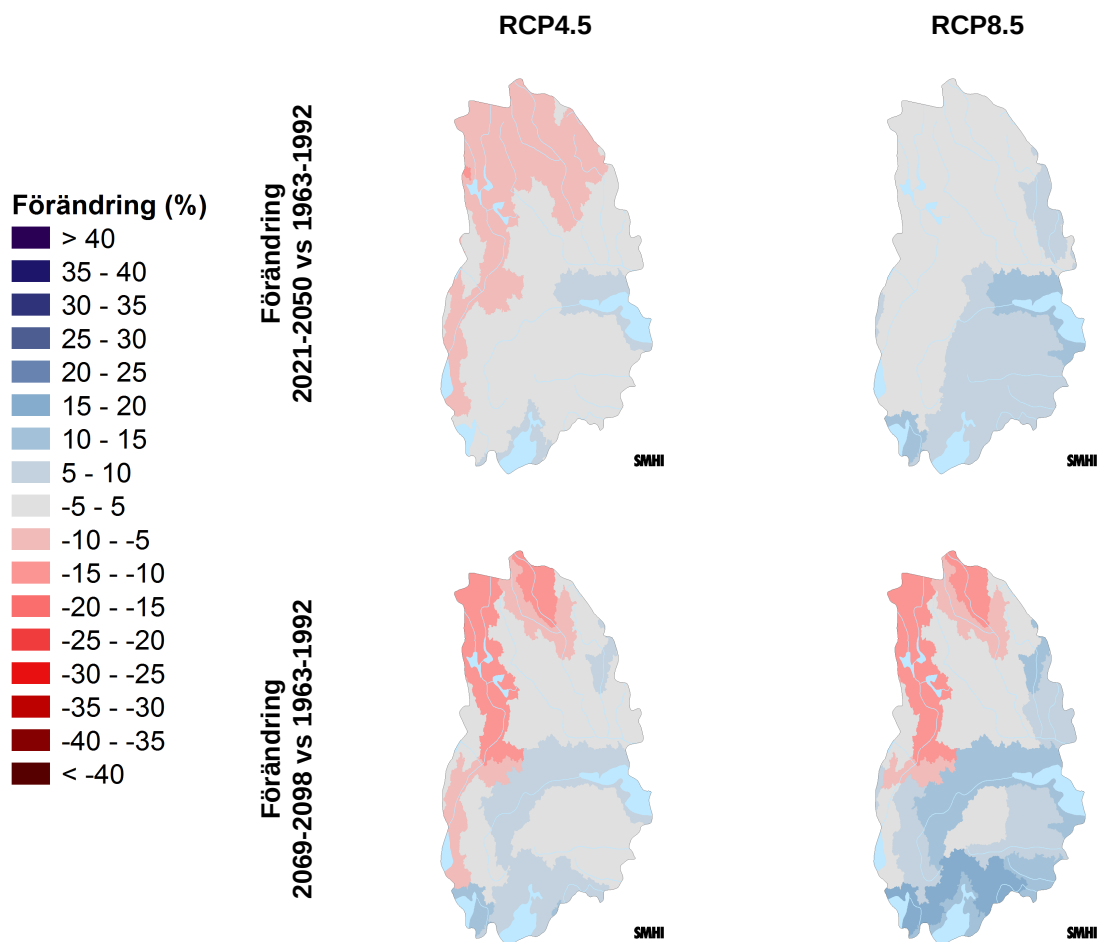


Gullspångsälven Gullspång



6.2 Förändrad total 10-årstillrinning

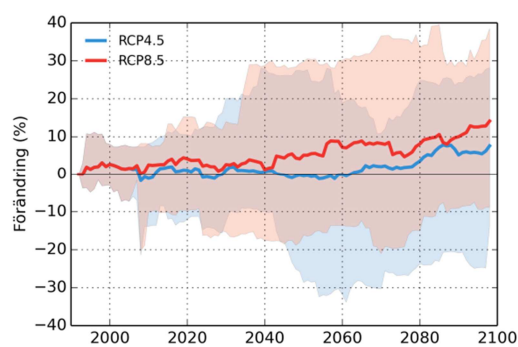
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser total dygnsmedeltillrinning med återkomsttid 10 år. Kartor och diagram ger en uppfattning om hur relativt vanliga höglöden kommer att öka eller minska och var det sker. Det är speciellt intressant för områden som idag lätt översvämmas.



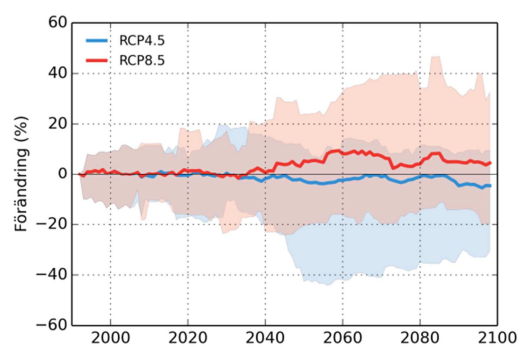
För flöden med återkomsttid 10 år är de beräknade framtida förhållandena i länet lite blandade. Mot slutet av seklet visar båda RCP-scenarierna på ökande 10-årstillrinning i de södra delarna och minskande i de norra delarna av länet.

Spridningen syns även i diagrammen för respektive vattendrag. Gullspångsälven visar sjunkande 10-årstillrinning men Eskilstunaån och Svartån visar ökande.

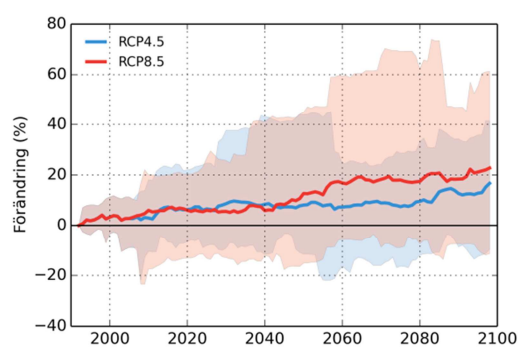
Svartån



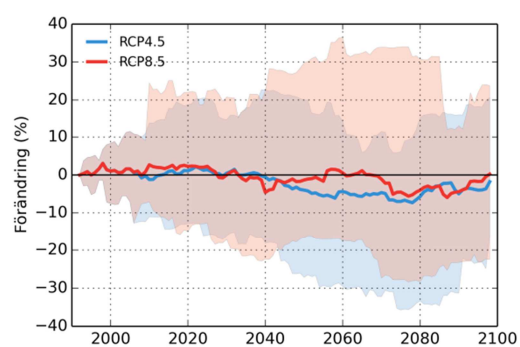
Täljeån



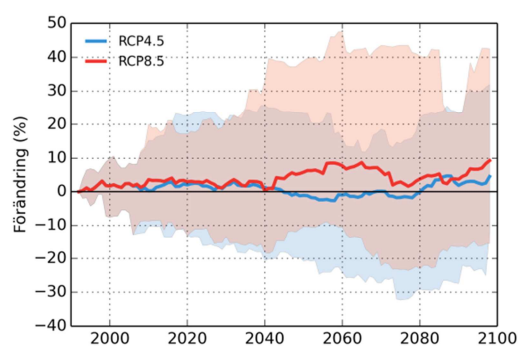
Eskilstunaån



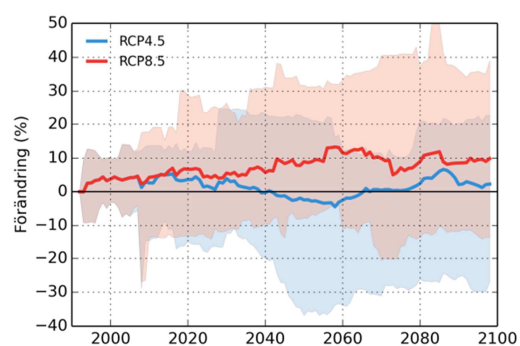
Arbogaån Hammarby



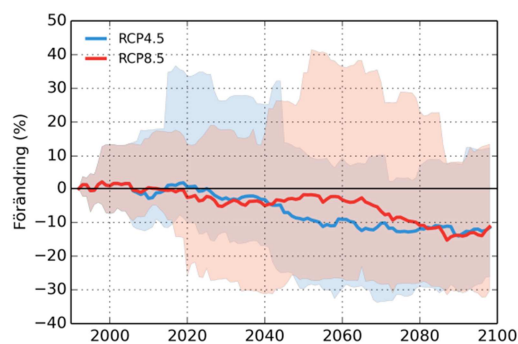
Arbogaån Mälaren



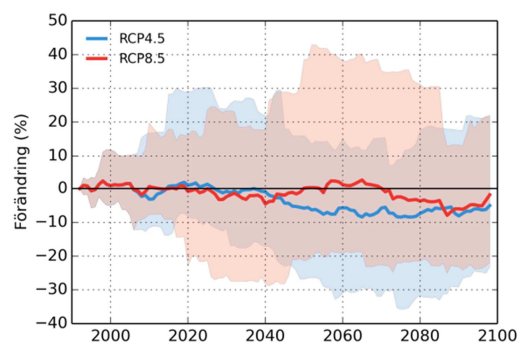
Nyköpingsån



Gullspångsälven Brattforsen

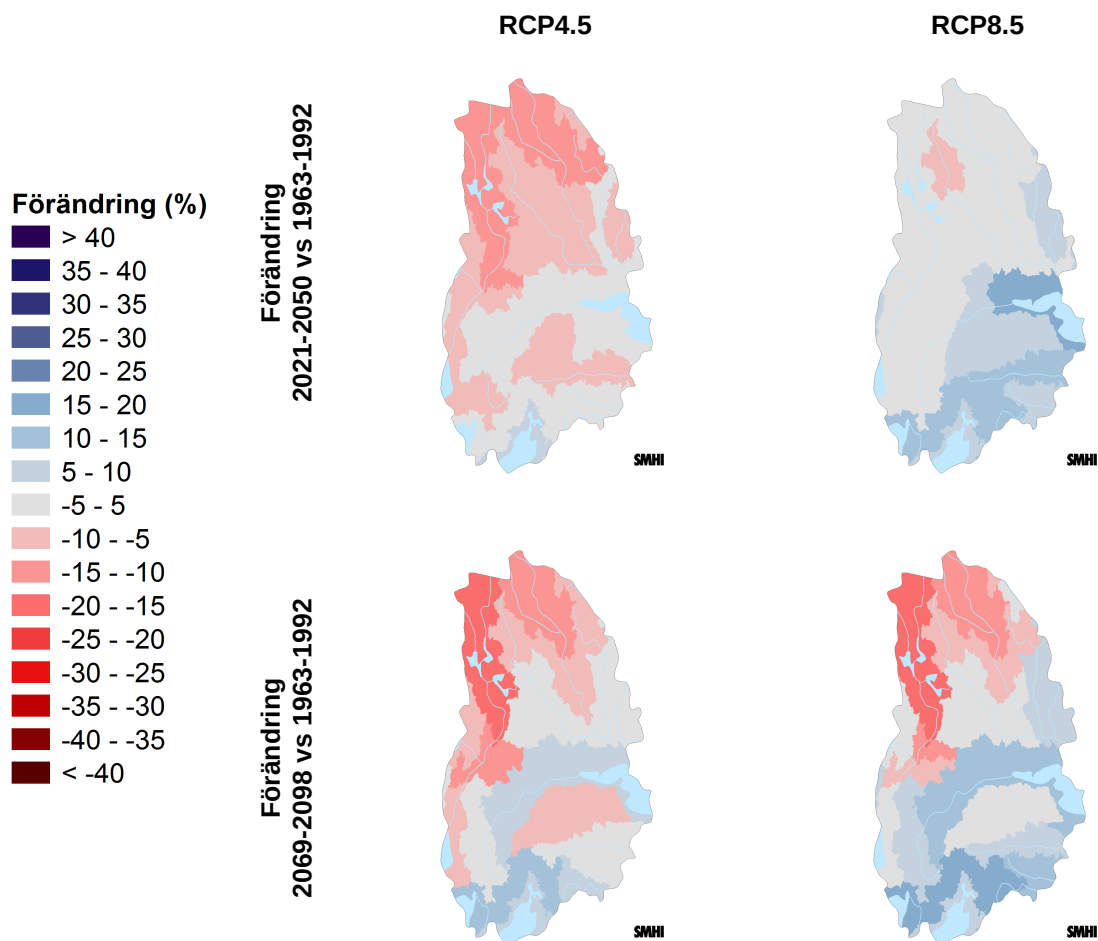


Gullspångsälven Gullspång



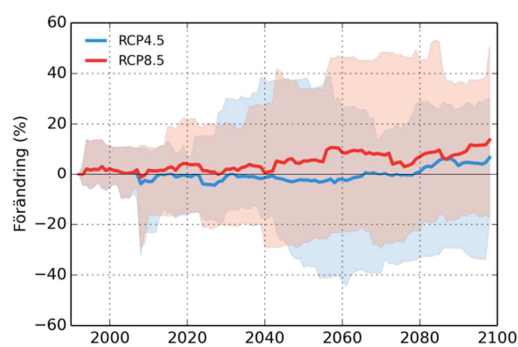
6.3 Förändrad total 100-årstillrinning

Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser total dygnsmedeltillrinning med återkomsttid 100 år och kan vara till hjälp vid bedömningar av översvämningsrisker längs sjöar och vattendrag.

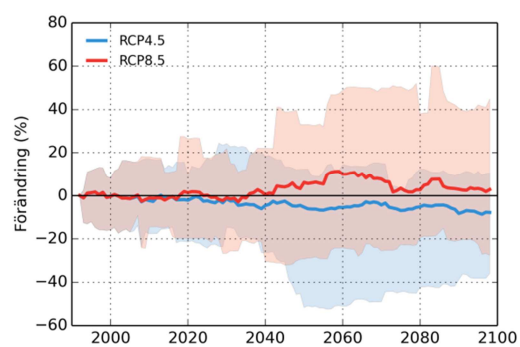


Kartorna uppvisar stora likheter med 10-årstillrinningen med ökande 100-årstillrinning för de södra delarna av länet och minskande för de norra delarna. Även diagrammen uppvisar samma utveckling som för 10-årstillrinningen.

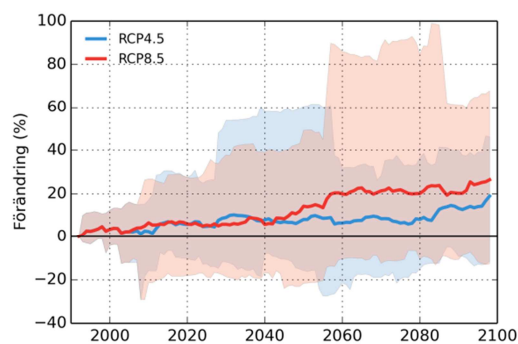
Svartån



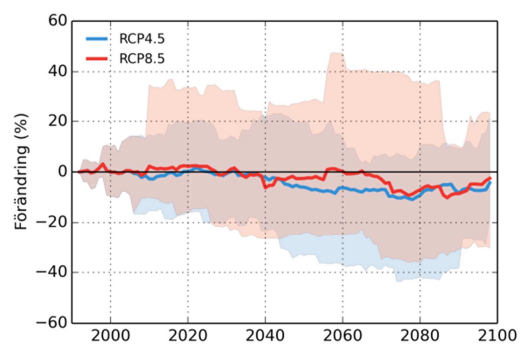
Täljeån



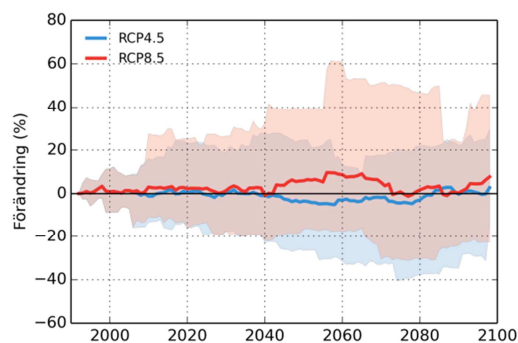
Eskilstunaån



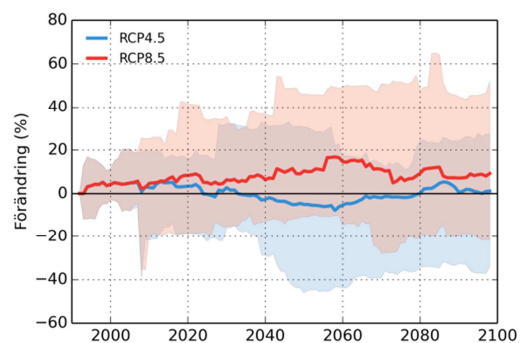
Arbogaån Hammarby



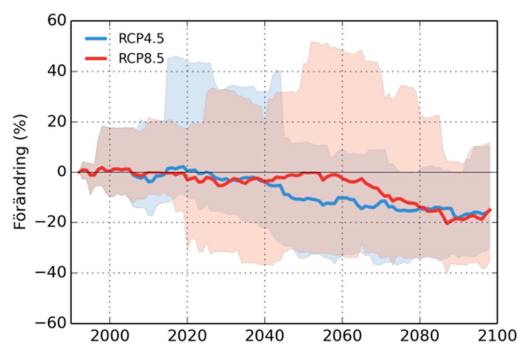
Arbogaån Mälaren



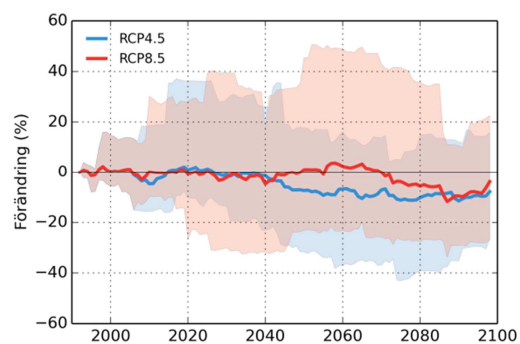
Nyköpingsån



Gullspångsälven Brattforsen



Gullspångsälven Gullspång



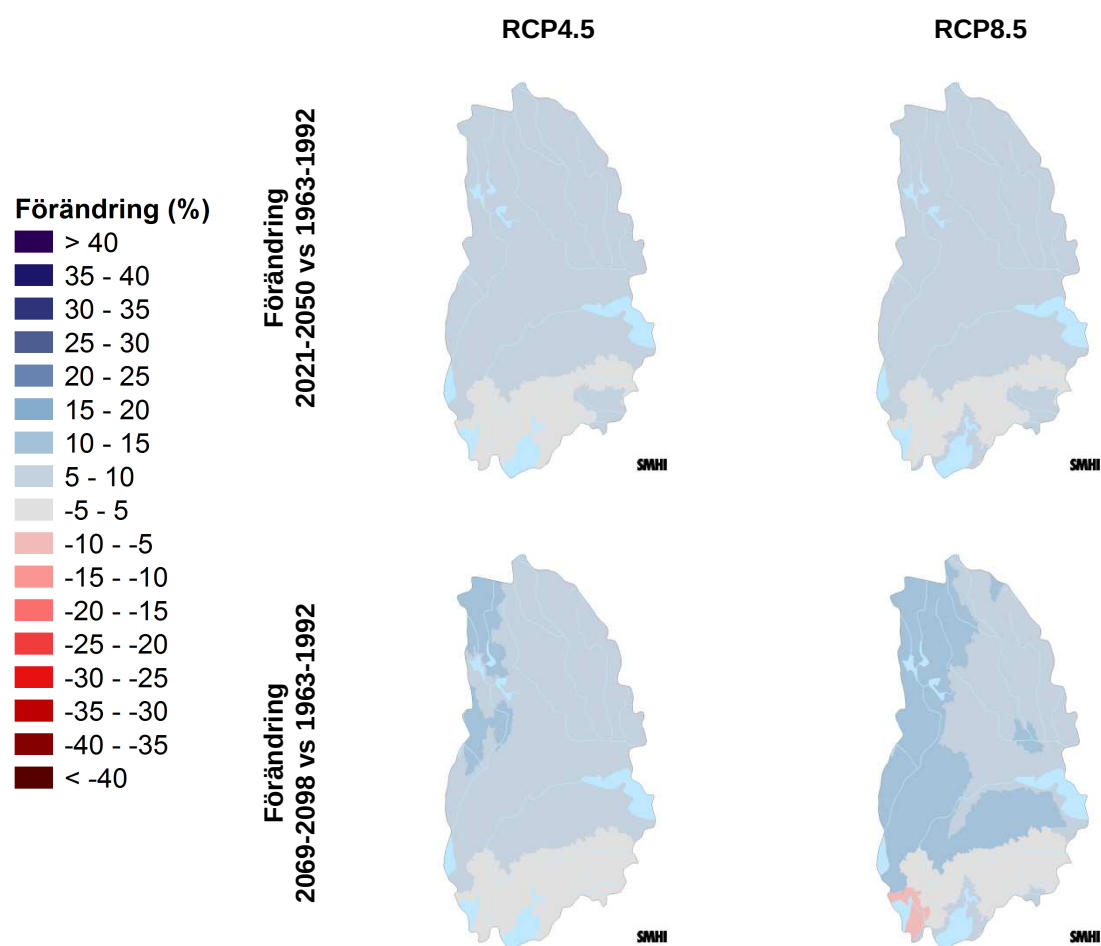
7 Lokal medeltillrinning

Avsnittet behandlar den lokala tillrinningen, dvs. flödesbidraget från enbart det aktuella avrinningsområdet (utan bidrag från avrinningsområden som ligger uppströms). Detta ger en bild av hur mindre vattendrag vars vattenföring² enbart beror på lokala förhållanden, påverkas. Indexen kan användas för att se hur klimatförändringar förväntas förändra de lokala flödesmängderna, vilka bland annat påverkar förutsättningarna för liv i vattnet. Indexen kan även användas för att bedöma förändring av potentialen för kraftproduktion i mindre vattendrag.

Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Diagram visas i detta avsnitt för endast två delavrinningsområden, Arbogaån och Täljeån, vilka är markerade i Figur 5.

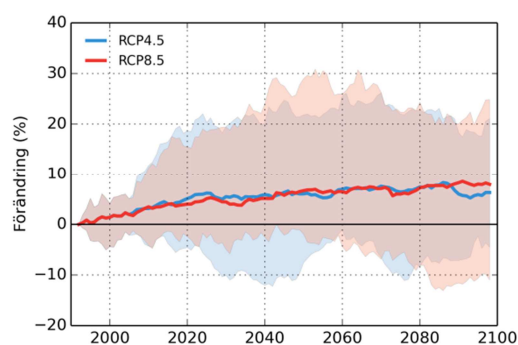
7.1 Förändrad lokal årsmedeltillrinning

Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning på årsbasis.

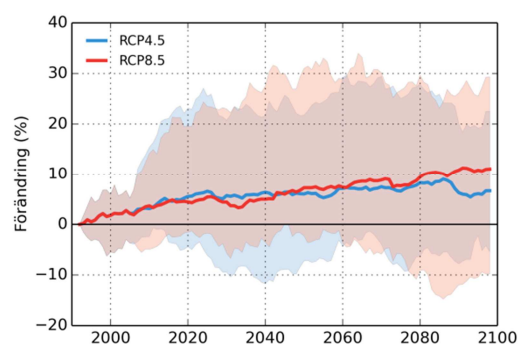


² Med vattenföring eller vattenflöde menas den mängd vatten per tidsenhet som rinner fram i ett vattendrag

Arbogaån



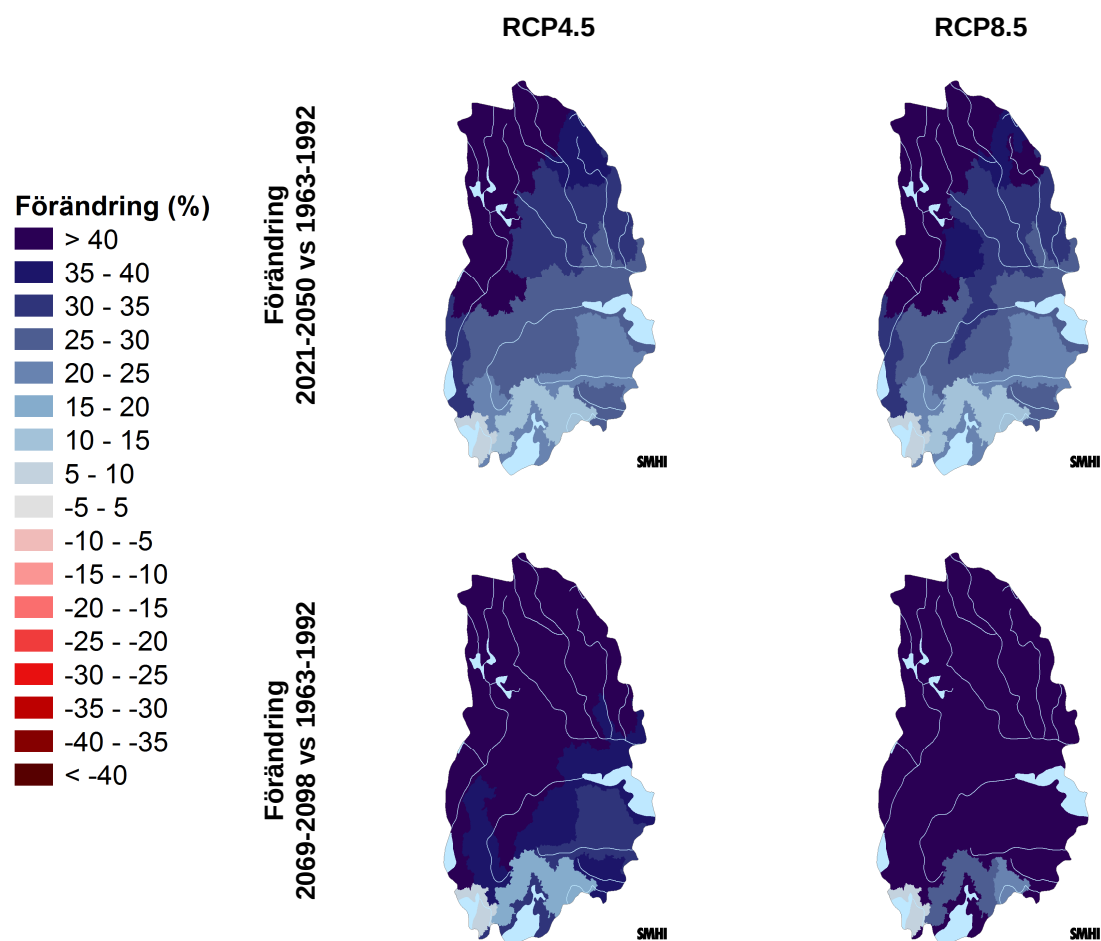
Täljeån



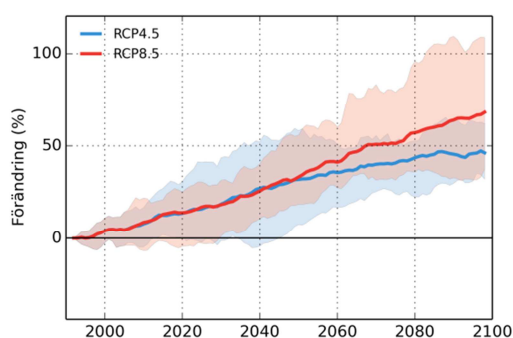
Den lokala årsmedeltillrinningen ökar enligt scenarierna för större delen av länet, men svagt i de sydliga delarna. Ökningen framgår även av diagrammen, som visar en ökad årlig tillrinning med ca 10 % i slutet av seklet. De två RCP-scenarierna följs väl åt.

7.2 Förändrad lokal medeltillrinning vinter

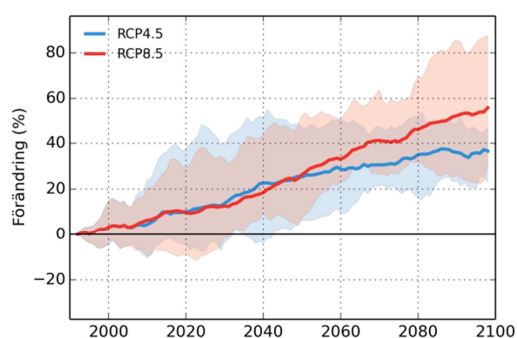
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under vintern, här definierad som perioden december-februari.



Arbogaån



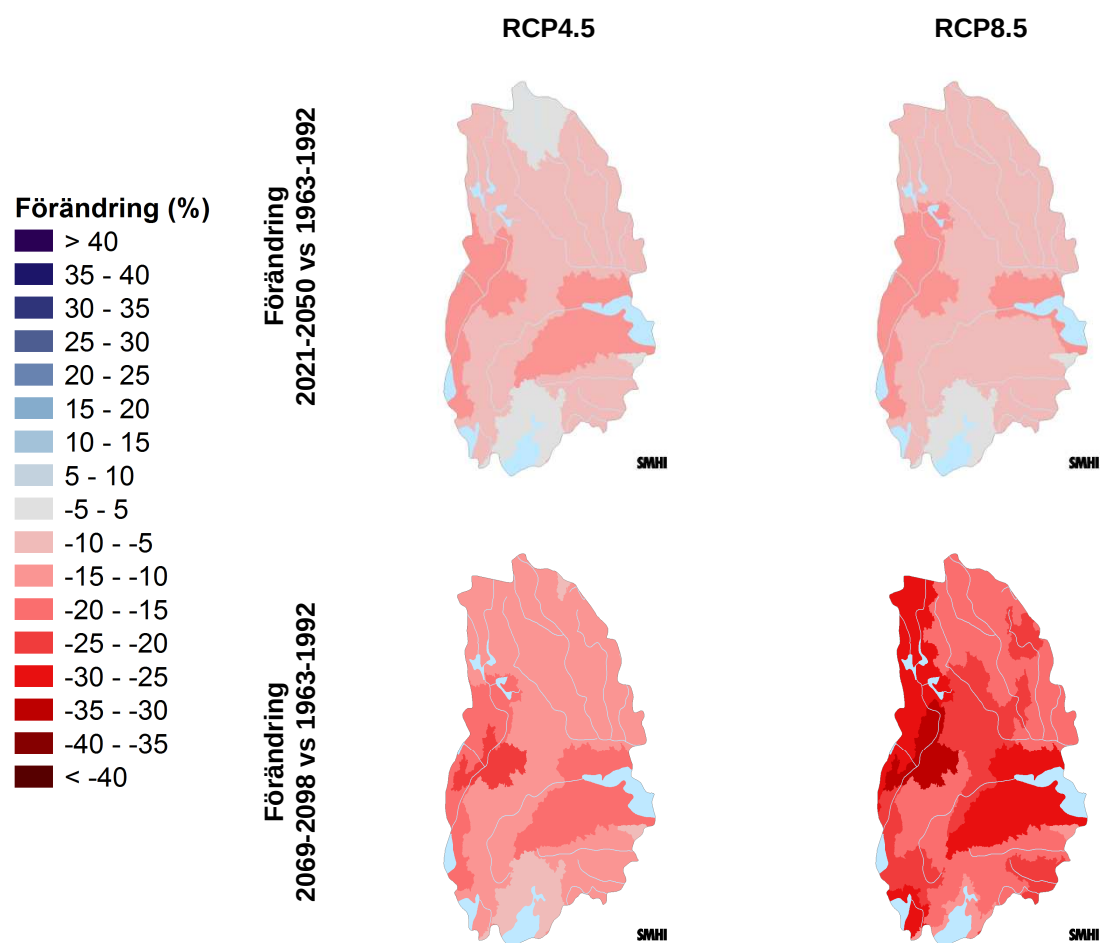
Täljeån



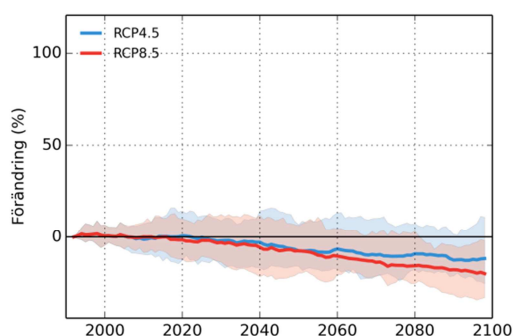
Den största förändringen av lokala tillrinningen sker liksom för den totala tillrinningen under vinterperioden. Arbogaån visar en stadigt ökande vintertillrinning och landar på 50-70 % vid slutet av seklet. Den lokala tillrinningen till Täljeån ökar också mot 40-60 %. De två RCP-scenarierna följs väl åt till mitten av seklet.

7.3 Förändrad lokal medeltillrinning vår

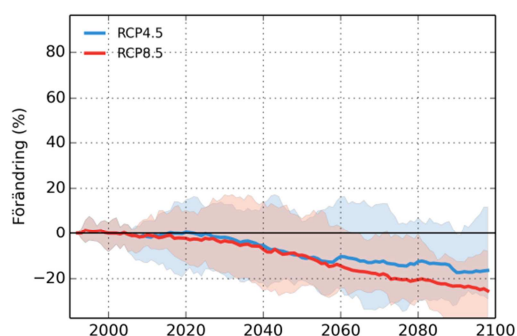
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under våren, här definierad som perioden mars-maj.



Arbogaån



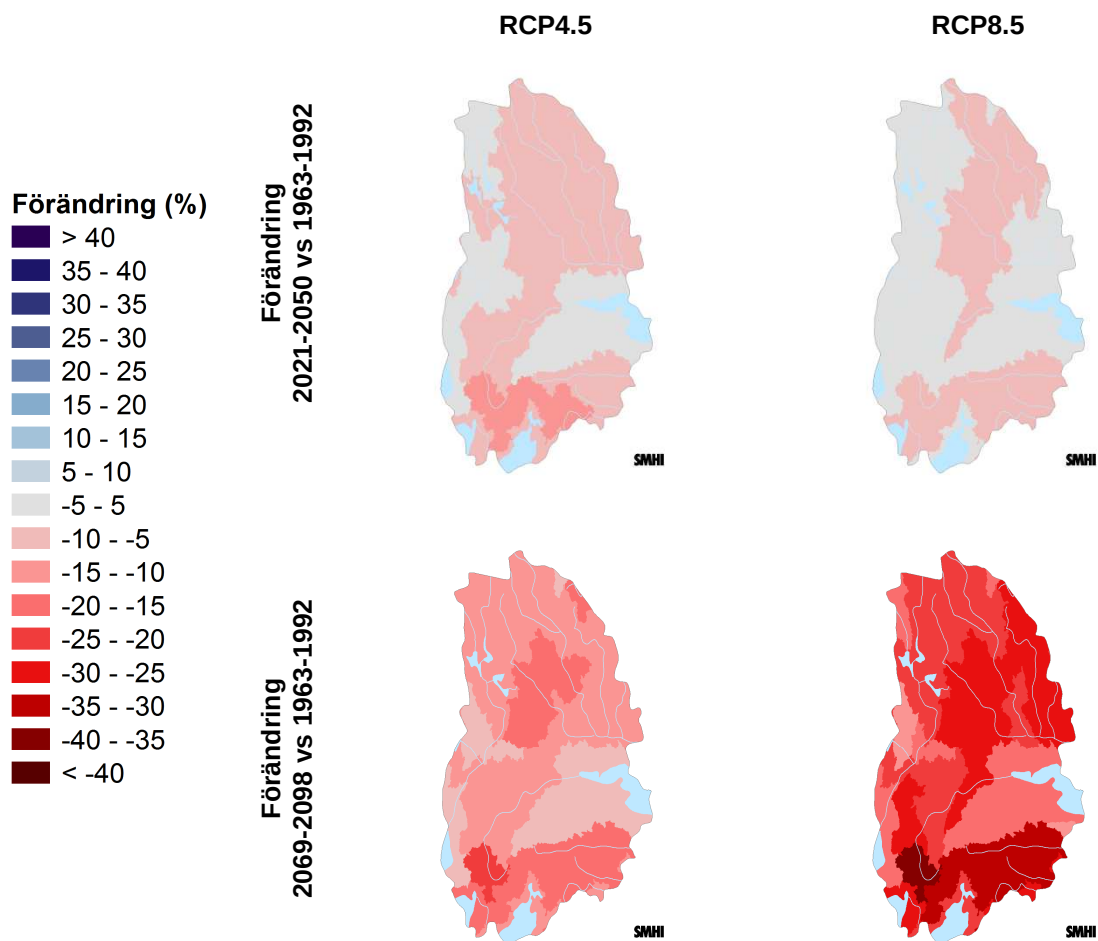
Täljeån



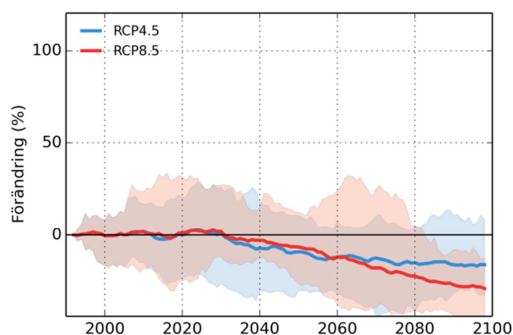
Den lokala tillrinningen under våren minskar i Örebro län. För Arbogaån och Täljeån följs de två RCP-scenarierna åt till mitten av seklet, vartefter RCP4.5 stagnerar och RCP8.5 visar på fortsatt sjunkande tillrinning, mot ca -20 % vid slutet av seklet.

7.4 Förändrad lokal medeltillrinning sommar

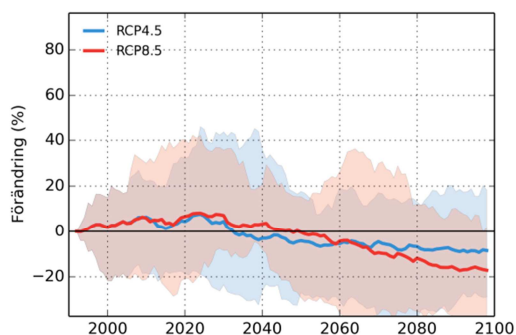
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under sommaren, här definierad som perioden juni-augusti.



Arbogaån



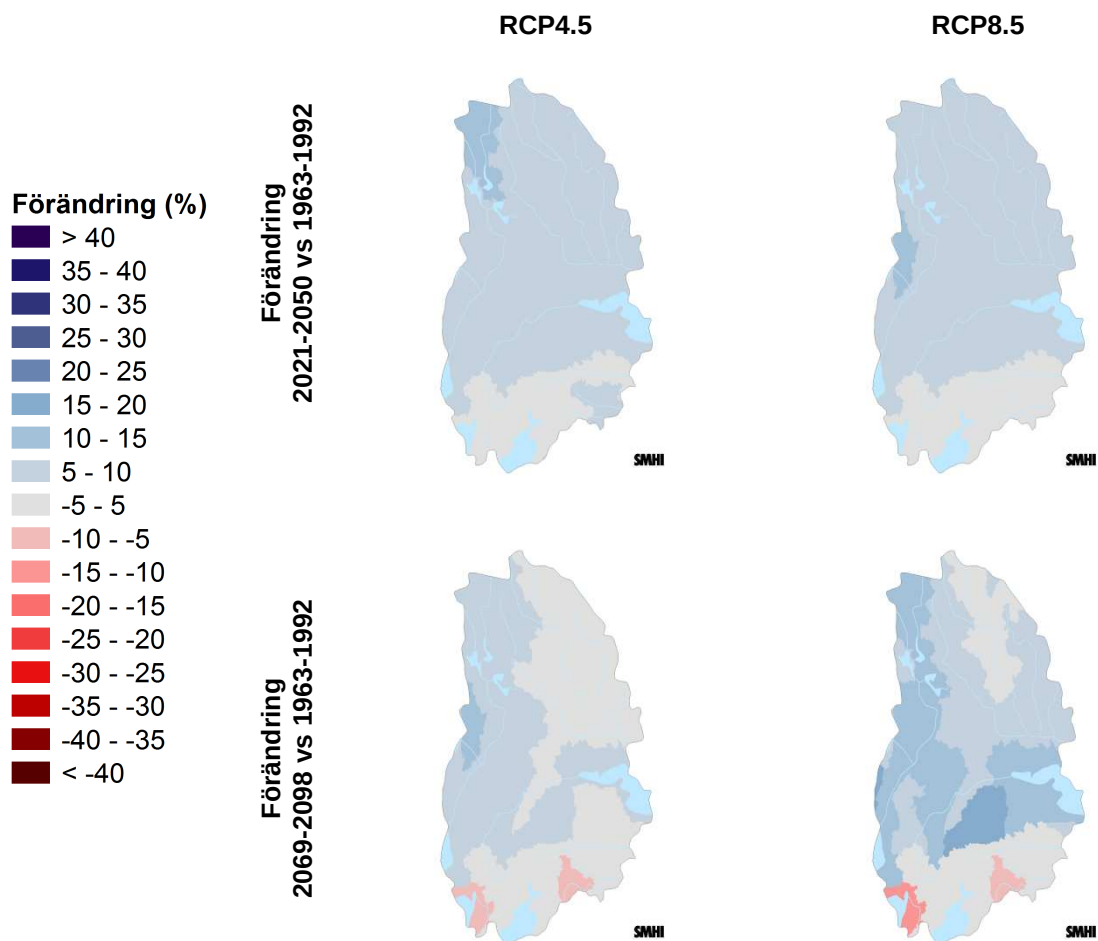
Täljeån



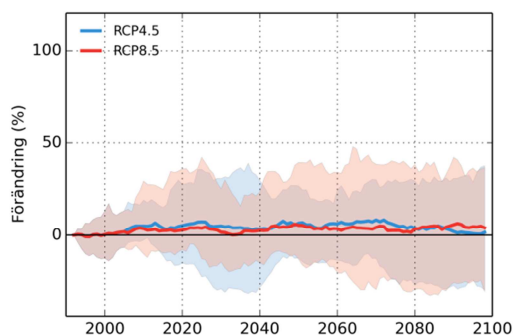
För sommarperioden visar scenarierna på minskande tillrinning för hela länet, vilket även ses i diagrammen för Arbogaån och Täljeån. Arbogaån går mot ca -25 % vid slutet av seklet och Täljeån mot ca -15 %.

7.5 Förändrad lokal medeltillrinning höst

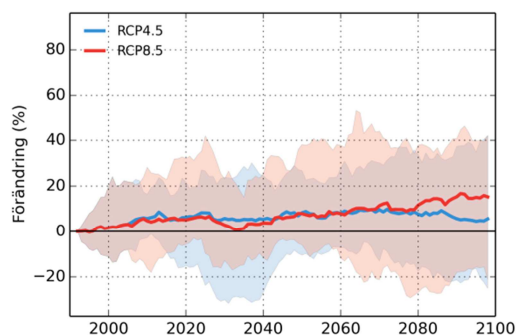
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under hösten, här definierad som perioden september-november.



Arbogaån



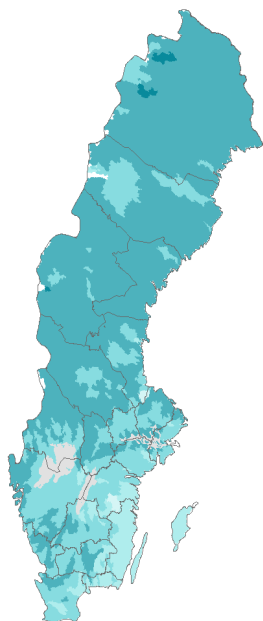
Täljeån



För höstperioden kan ökad tillrinning väntas för större delen av länet, dock inte lika stor som under vintern. För Arbogaån är förändringen marginell och Täljeån landar på ca +10 % vid slutet av seklet.

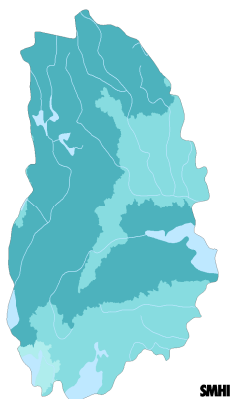
7.6 Antal dagar med lågflöde

Beräknat 1961-1990



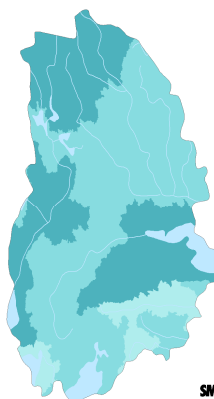
Antal dagar då tillrinningen är lägre än medellågtillrinningen för perioden 1963-1992. Medellågtillrinning beräknas som medelvärde av varje års lägsta tillrinning under en 30-årsperiod. Indexet är intressant för långtidsplanering av vattentillgångar för dricksvatten och bevattning.

Beräknat 1961-1990



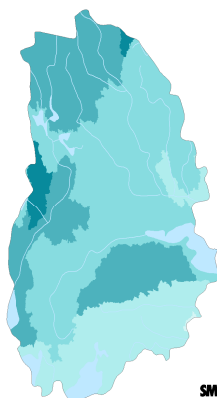
SMHI

Beräknat 1991-2013



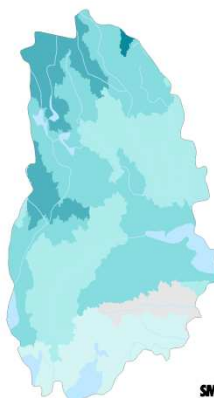
SMHI

Beräknat 2021-2050



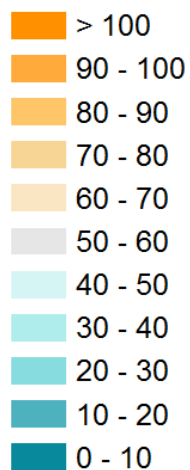
SMHI

Beräknat 2069-2098



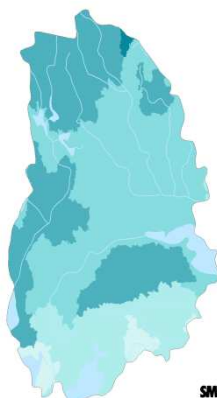
SMHI

Antal Dagar

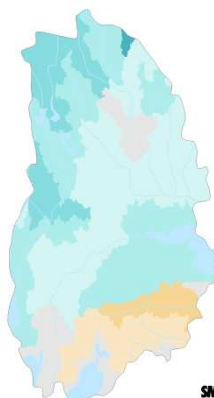


RCP4.5

RCP8.5

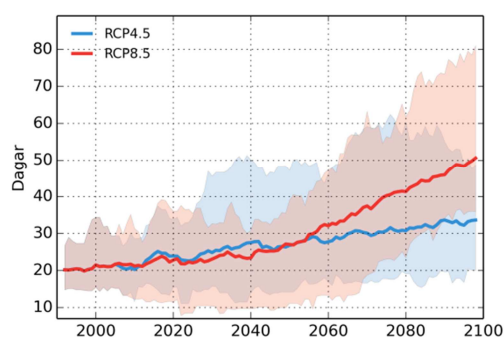


SMHI

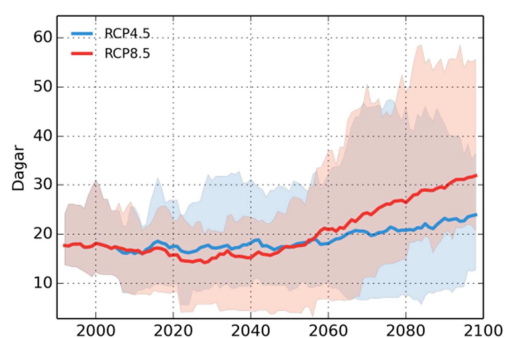


SMHI

Arbogaån



Täljeån



För länet som helhet ses en ökning av antalet dagar med lågvatten, men den är svag. För Arbogaån ökar antalet dagar då tillrinningen är låg från ca 20 till 35-50 beroende på scenario. För Täljeån är ökningen svagare, från ca 18 till 23-32.

8 Tillrinningens årsdynamik

Tillrinningen varierar mellan år och under året beroende på hur nederbörd, temperatur, snötäcke, markfuktighet och avdunstning varierar och samspelar. För vattendragen ses dock vanligen en återkommande dynamik under året. Förändringar i årstidsförloppen kan ha stor betydelse för vattenförsörjning, miljö och biologisk mångfald, översvämningsrisker och vattenkraftsproduktion.

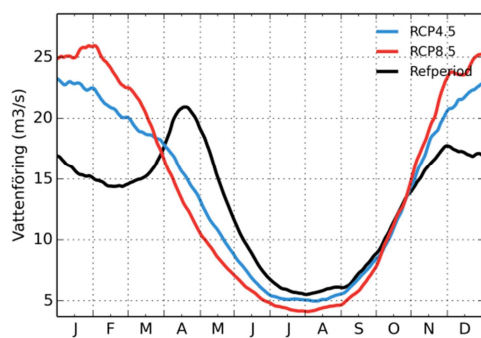
I figurerna visas medelvärden för tillrinningens årsdynamik. Svart linje representerar referensperioden 1963-1992 och de två övriga linjerna representerar framtidsperioden 2069-2098. Blå linje avser medelvärden av beräkningar enligt RCP4.5 och röd linje representerar motsvarande för RCP8.5.

Samtliga vattendrag uppvisar tydliga årstidsförlopp för referensperioden, med vårflödestopp, låga sommarflöden, högre höstflöden och lägre vinterflöden. Givetvis med variationer mellan de olika områdena och med variationer mellan åren.

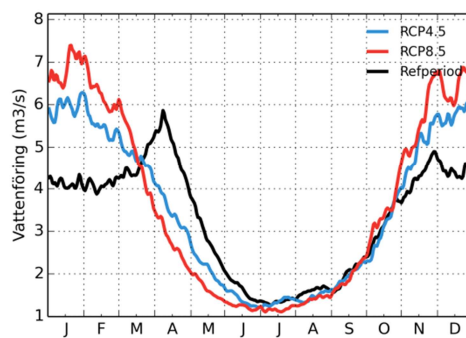
Framtidsberäkningarna påvisar ökad vattenföring under hösten men framförallt under vintern. Det beror på att nederbörden ökar under vintern och samtidigt ökar temperaturen. Därmed lagras inte all nederbörd som snö utan rinner av under vintern. Minskande snötäcke gör också att vårflödestoppen minskar och i princip uteblir, såsom beräkningarna för de flesta av vattendragen påvisar. Gullspångsälven har för referensperioden en mycket tydlig vårflödestopp som kvarstår, men minskad, enligt RCP4.5. Enligt RCP8.5 försvinner vårflödestoppen.

För sommaren ses lägre vattenföring och en längre period med låg vattenföring, orsakad av en längre vegetationsperiod. Växterna tar mer vatten och det når då inte vattendragen.

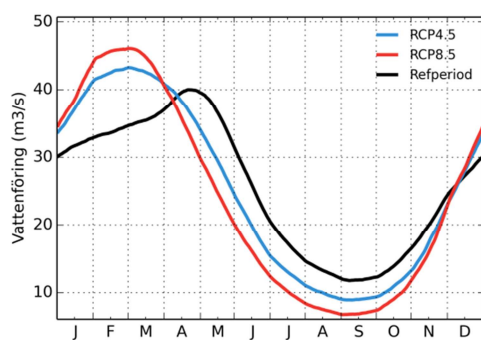
Svartån



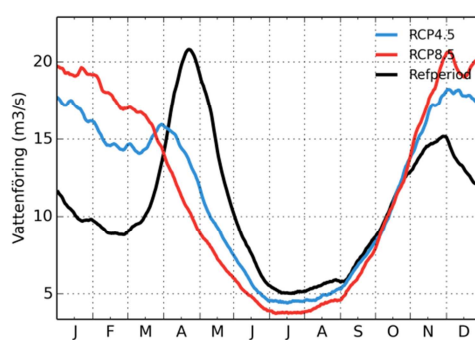
Täljeån



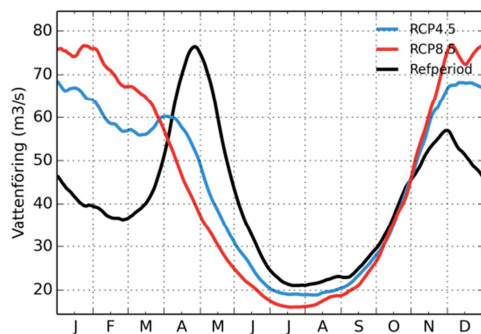
Eskilstunaån



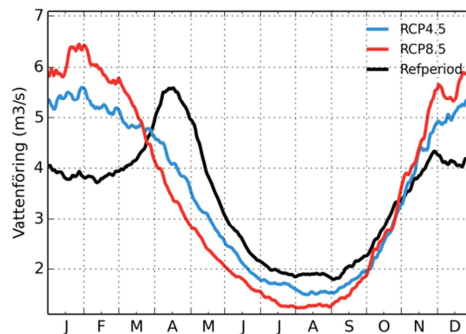
Arbogaån Hammarby



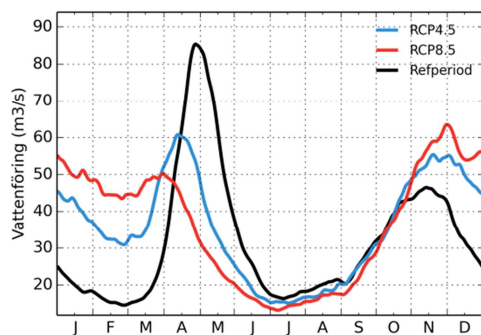
Arbogaån Mälaren



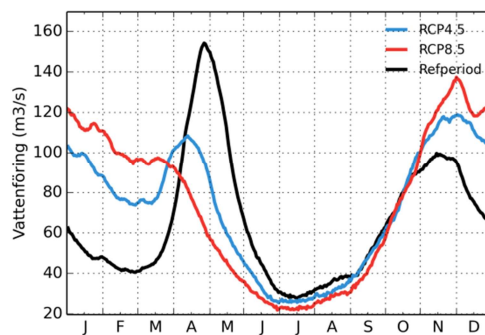
Nyköpingsån



Gullspångsälven Brattforsen

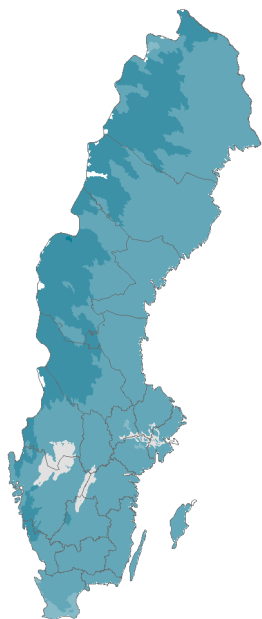


Gullspångsälven Gullspång



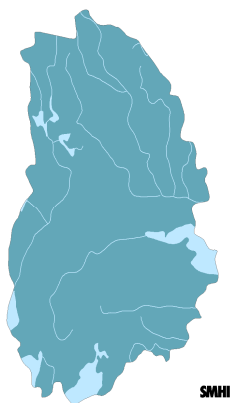
9 Markfuktighet

Beräknat 1961-1990



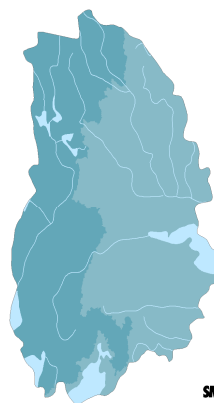
Antal dagar per år med låg markfuktighet. Indexet baseras på referensperiodens medelvärde av varje års lägsta markfuktighet. Indexet kan ha intresse för långtidsplanering av bevattningsbehov och grödval samt skogsbrandriskbedömning och skogsvårdsinsatser.

Beräknat 1961-1990



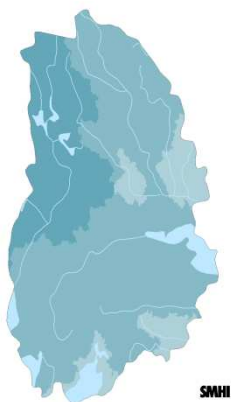
SMHI

Beräknat 1991-2013



SMHI

Beräknat 2021-2050



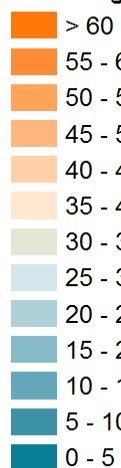
SMHI

Beräknat 2069-2098



SMHI

Antal dagar



RCP4.5

RCP8.5

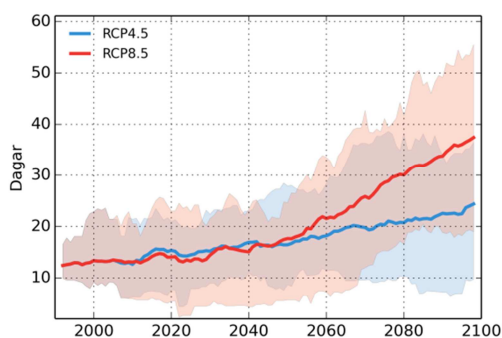


SMHI

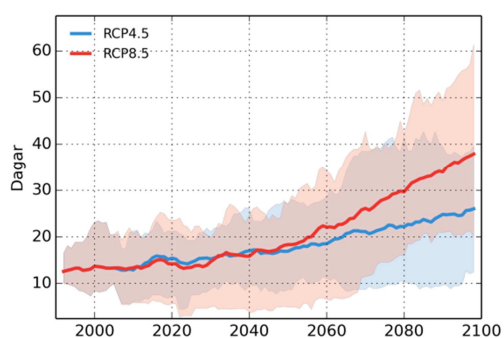


SMHI

Arbogaån



Täljeån



För perioden 1991-2013 ses en ökning av antalet dagar med låg markfuktighet jämfört med 1961-1990. Denna tendens fortsätter under seklet och diagrammen för de två avrinningsområdena visar att de två RCP-scenarierna följs åt till mitten av seklet. Därefter ökar RCP8.5 snabbare än RCP4.5 och de två RCP-scenarierna visar relativt stora skillnader vid seklets slut. För större delen av länet visar RCP4.5 på ca 25 dagar och RCP8.5 på ca 40 dagar med låg markfuktighet.

10 Slutsatser

Hur klimatet i Örebro län utvecklas beror på hur användningen av fossila bränslen ser ut i framtiden, dvs. hur mycket mängden växthusgaser ökar i atmosfären. I rapporten har beräkningar med två olika utvecklingsvägar analyserats fram till seklets slut. Scenariot RCP4.5 beskriver en framtid med kraftfull klimatpolitik och stora utsläppsminskningar, men för scenariot RCP8.5 fortsätter utsläppen att öka.

Års**medeltemperaturen** i Örebro län var för referensperioden 1961-1990 ca 5,1°C. Analyserna av framtida klimat visar en gradvis uppvärmning. I mitten på seklet visar båda RCP-scenarierna en uppvärmning på ca 2 grader jämfört med perioden 1961-1990. I slutet av seklet visar RCP4.5 en uppvärmning på knappt 3 grader medan RCP8.5 hamnar på ca 5 grader. Störst uppvärmning väntas ske under vintern, med upp mot 6 grader enligt RCP8.5.

I och med uppvärmningen ökar **vegetationsperiodens** längd, för RCP4.5 med ungefär 40 dagar och för RCP8.5 ca 75 dagar. **Värmeböljorna** förväntas också öka då antalet varma dagar blir fler. RCP8.5 visar ett årsmedelvärde på 18 dagar i följd med dygnsmedeltemperaturer på över 20°C i slutet av seklet.

Behovet av uppvärmning minskar vilket betyder att antalet graddagar sjunker. Vid slutet av seklet visar RCP8.5 på ca 2900 och RCP4.5 på ca 3500 graddagar, att jämföra med dagens ca 4400. Ökande sommartemperaturer leder till ett visst kylbehov, enligt RCP8.5 är det ca 110 graddagar vid seklets slut.

En varmare atmosfär innebär högre avdunstning och snabbare cirkulation vilket ger mer nederbörd. Analyserna av års**medelnederbörd** bekräftar större regnmängder i det framtida klimatet, jämfört med referensperioden 1961-1990. Årsmedelnederbörden väntas öka med 15-20 % vid seklets slut. Nederbörden ökar mest vintertid. Den kraftiga nederbörden ökar också, maximal dygnsnederbörd kan öka med uppemot 20 % beroende på RCP-scenario.

Tillrinningen förändras och särskilt sker en ökning av tillrinningen under vintern. Även under hösten ökar tillrinningen men den minskar under vår och sommar. Tillrinning med **återkomsttid** 10 år respektive 100 år ser ut att öka i de södra delarna och minska i de norra delarna av länet.

Vattendragen uppvisar tydliga **årstidsförlopp**, med lägre vattenföring under sommaren och en tydlig vårflödestopp. Framtidsscenarierna visar på högre vinterflöden och vårflödestopparna minskar eller försvinner helt. En längre säsong med lägre flöden kan också förväntas. Antalet dagar då tillrinningen är låg ökar från ca 20 till 25-50 beroende på RCP-scenario.

Antalet dagar med låg **markfuktighet** ökar i framtiden. Från dagens drygt 10 dagar till 25-40 dagar mot slutet av seklet.

Beskrivningen baseras på medelförhållanden, men det är viktigt att komma ihåg att variationen mellan år kan vara stor, även i ett framtida klimat.

11 Tackord

Förutom rapportförfattarna har även Kristoffer Hallberg, Joel Dahné och Johan Andréasson bidragit till rapporten. Tack också till alla som deltog i arbetet med nedskalning av RCP-scenarierna.

12 Referenser

- Eklund A., Axén-Mårtensson J., Bergström S., Björck E., Dahné J., Lindström L., Nordborg D., Olsson J., Simonsson L. och Sjökvist E. 2015. Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattenutredningen. SMHI Klimatologi Nr 14. <http://www.smhi.se/publikationer/publikationer/sveriges-framtida-klimat-underlag-till-dricksvattenutredningen-1.89524>
- Hallberg K., Eklund D. och Stensen B. 2011. Regional klimatanalys Örebro län. SMHI rapport nr 2011-25.
- ICONICS, 2013. Nakićenović N., Lempert R., and Janetos A (eds.). A Special Issue of Climatic Change journal on the Framework for the Development of New Socioeconomic Scenarios for Climate Change Research. <https://www2.cgd.ucar.edu/research/iconics/publications/ssps>
- IPCC 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Nougier, M., van der Linden, P.J. Dai, X., Maskel, K. and Johnsen, C.A. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp. http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/
- IPCC 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html
- IPCC 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Nakićenović N., and R. Swart (eds.) 2000. Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp. <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>
- Persson G., Strandberg G. och Berg P. 2015. Vägledning för användande av klimatscenarier. SMHI Klimatologi Nr 11. <http://www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/vagledning-klimatscenarier>
- Sjökvist E., Axén Mårtensson J., Dahné J., Köplin N., Björck E., Nylén L., Berglöv G., Tengdelius Brunell J., Nordborg D., Hallberg K., Södling J. och Berggreen-Clausen S. 2015. Klimatscenarier för Sverige – Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier. SMHI Klimatologi Nr 15. <http://www.smhi.se/publikationer/publikationer/klimatscenarier-for-sverige-bearbetning-av-rcp-scenarier-for-meteorologiska-och-hydrologiska-effektstudier-1.87248>

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 | 6 | Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige |
| 2 | Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete | 7 | FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Effekter, anpassning och sårbarhet. Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2014) |
| 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 | 8 | Att begränsa klimatförändringar (2014) (Ej publicerad) |
| 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 | 9. | Erik Kjellström SMHI. Reino Abrahamsson, Pelle Boberg. Eva Jernbäcker Naturvårdsverket. Marie Karlberg, Julien Morel
Energimyndigheten och Åsa Sjöström SMHI (2014)
Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget |
| 5 | Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012 | 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 |

13. Gunn Persson (2015)
Sveriges klimat 1860-2014. Underlag till Dricksvattenutredningen.
14. Anna Eklund (2015)
Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattenutredningen.
15. Elin Sjökvist, Jenny Axén Mårtensson, Joel Dahné, Nina Köplin, Emil Björck, Linda Nylén, Gitte Berglöv, Johanna Tengdelius Brunell, Daniel Nordborg, Kristoffer Hallberg, Johan Södling, Steve Berggreen-Clausen (2015)
Klimatscenarier för Sverige - Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier.
16. Elin Sjökvist, Gunn Persson, Jenny Axén Mårtensson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson och Håkan Persson (2015)
Framtidsklimat i Dalarnas län – enligt RCP-scenarier.
17. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Värmlands län – enligt RCP-scenarier.



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

ISSN 1654-2258