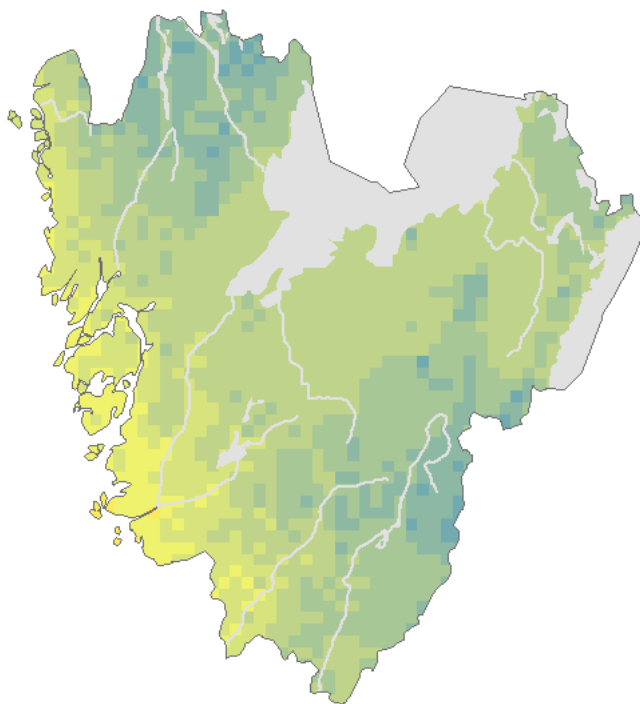


Framtidsklimat i Västra Götalands län

– enligt RCP-scenarier

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



Pärmbilden visar observerad årsmedeltemperatur för perioden 1961-1990.

ISSN: 1654-2258 © SMHI

KLIMATOLOGI Nr 24, 2015

Framtidsklimat i Västra Götalands län

– enligt RCP-scenarier

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

Sammanfattning

Hur klimatet i Västra Götalands 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 Västra Götaland 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.

Temperaturen i Västra Götalands län beräknas öka med nära 3 grader till slutet av seklet enligt RCP4.5 och nära 5 grader enligt RCP8.5. Vegetationsperioden ökar med 40-90 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.

Årsmedelnederbörden ökar med 10-25 %. Nederbörden ökar mest vintertid och vid slutet av seklet visar RCP8.5 på ca 40 % ökning. Den kraftiga nederbörden ökar också, maximal dygnsnederbörd kan öka med 10- 20% beroende på RCP-scenario.

För länet ses en ökning av totala årstillrinningen med 5-15 % vid mitten av seklet. Ökningen fortsätter mot slutet av seklet men den procentuella ökningen varierar mellan de olika vattendragen. Den procentuellt största ökningen sker vintertid.

Förändringen av tillrinning med återkomsttid 10 år respektive 100 år beräknade för framtida förhållandena är lite blandade. I länets sydvästliga delar ser dock tillrinningen för 10-års och 100-årstillrinning ut att öka och en ökning syns också för alla vattendrag som presenteras i diagram.

Framtidsscenarierna visar på högre vinterflöden och vårflödestopparna har försvunnit. Diagrammen visar även på en längre säsong med lägre flöden under sommaren

Antalet dagar med låg markfuktighet ökar i framtiden, från dagens 5-15 dagar till 20-50 dagar mot slutet av seklet.

Summary

The report describes today's and future climate in Västra Götaland County based on observations and climate modelling. Regional modelled RCP4.5 and RCP8.5 scenarios have been further downscaled to $4 \times 4 \text{ km}^2$ 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.....	45
6.2	Förändrad total 10-årstillrinning	51
6.3	Förändrad total 100-årstillrinning	53

7	LOKAL MEDELTILLRINNING.....	55
7.1	Förändrad lokal årsmedeltillrinning.....	55
7.2	Förändrad lokal medeltillrinning vinter	57
7.3	Förändrad lokal medeltillrinning vår.....	58
7.4	Förändrad lokal medeltillrinning sommar	59
7.5	Förändrad lokal medeltillrinning höst	60
7.6	Antal dagar med lågvatten	61
8	TILLRINNINGENS ÅRSDYNAMIK	63
9	MARKFUKTIGHET	65
10	SLUTSATSER	67
11	TACKORD	67
12	REFERENSER	68

1 Inledning

Rapporten beskriver dagens och framtidens klimat i Västra Götaland 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 (Sjörqvist 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 Västra Götaland s län.

SMHI har tidigare levererat en klimatanalys på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götaland (Persson m.fl., 2011).

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.

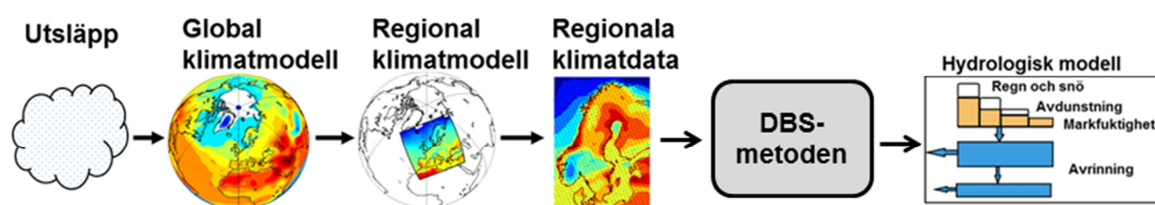
Tabell 1. Antaganden som ligger till grund för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.

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 oreglerade 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.

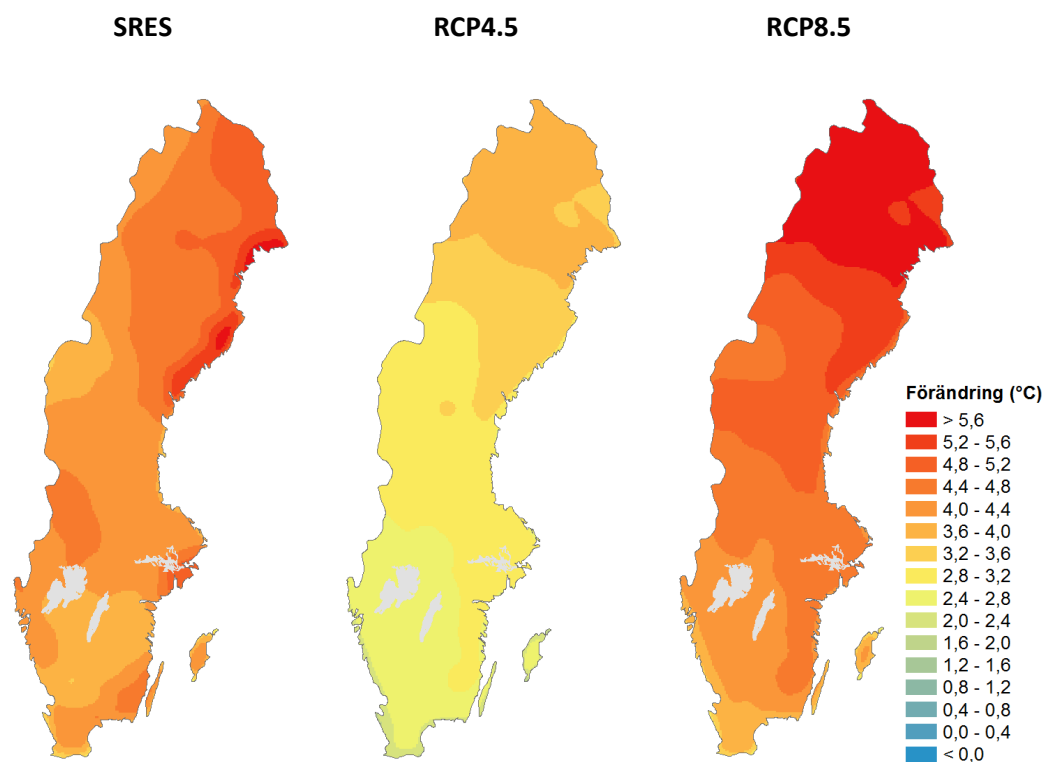
Extrema vattenflöden, redovisade som 100-årsflöden¹, beräknas öka i vattendragen i södra Sverige mot slutet av seklet. I de nordliga älvarna är förändringen mindre tydlig och kan till och med medföra en minskning av de extrema flödena.

3.4 Jämförelse SRES-RCP

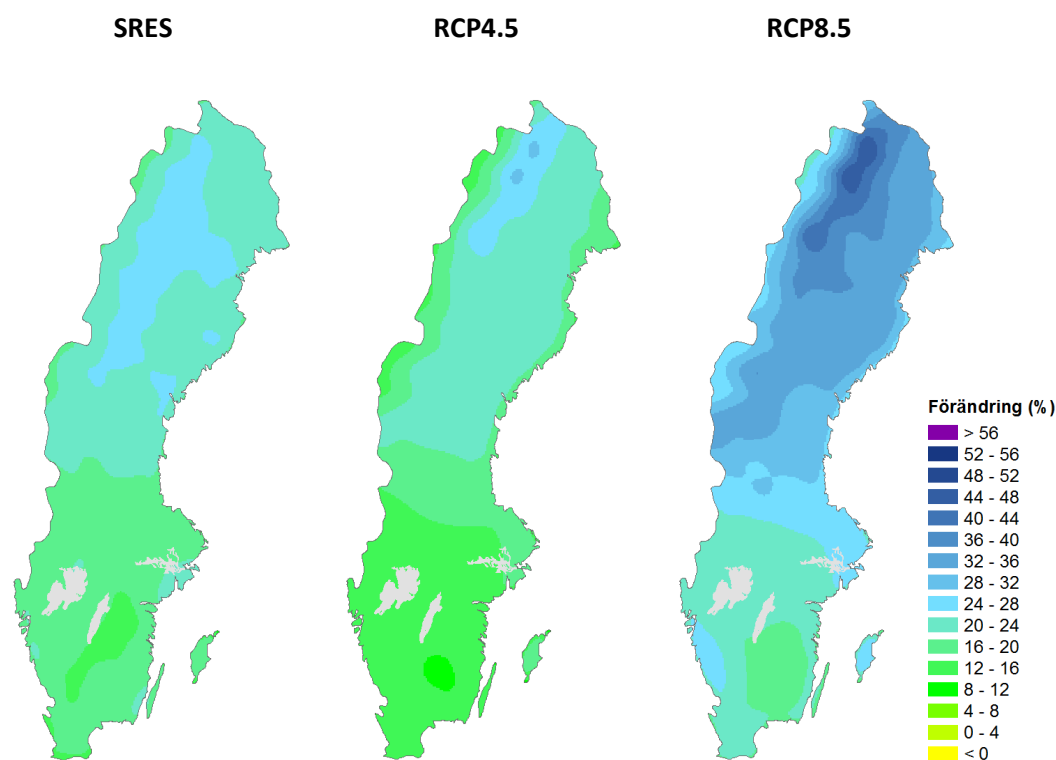
Klimatforskningen utvecklas hela tiden, nya resultat publiceras, liksom nya sätt att beskriva antaganden om framtida utsläpp. I FN:s klimatpanels tredje och fjärde stora sammanställning (IPCC, 2001 och IPCC, 2007) användes scenarierna SRES (Special Report on Emission Scenarios) (Nakićenović and Swart (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.

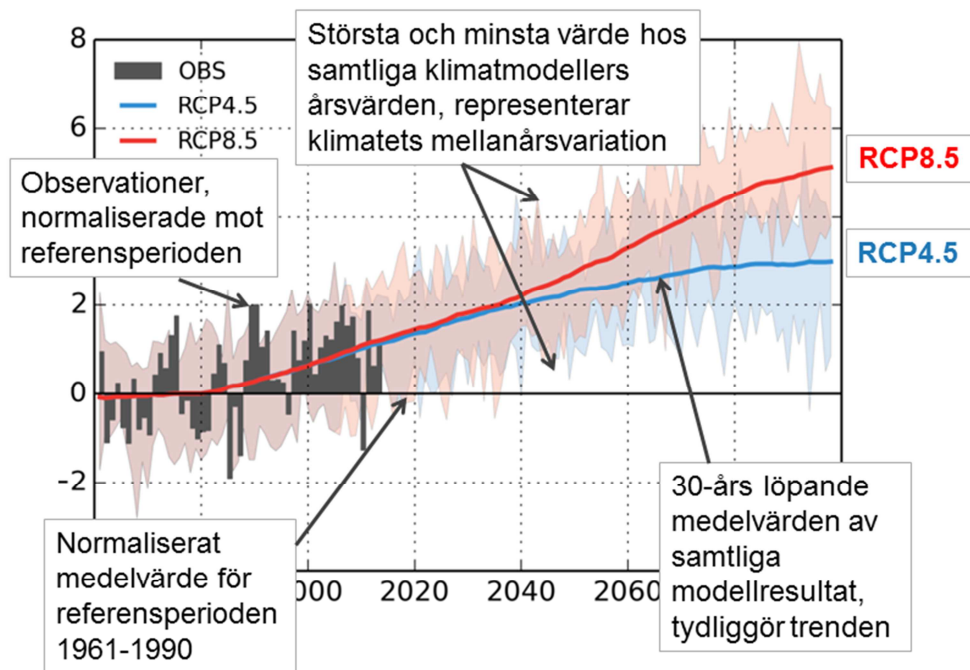
3.5.2 Diagram

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.



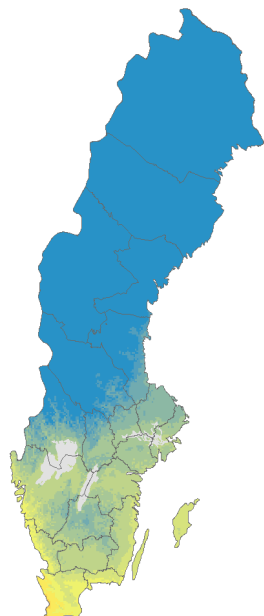
Figur 3. Beskrivning av diagrammens struktur i rapporten.

4 Temperatur

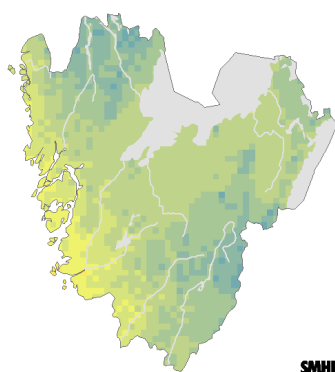
4.1 Årsmedeltemperatur

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.

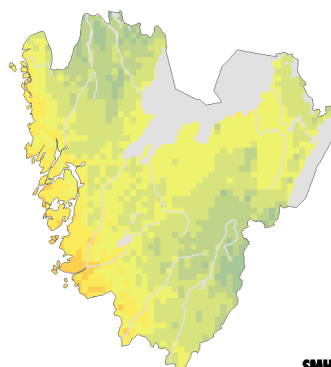


Observerat 1961-1990



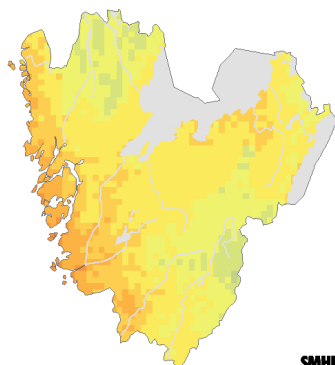
SMHI

Observerat 1991-2013



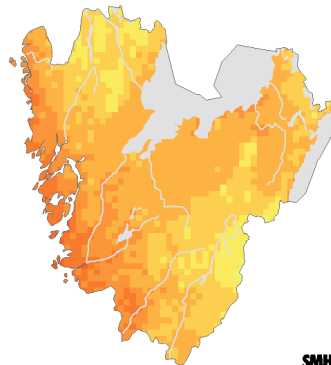
SMHI

Beräknat 2021-2050



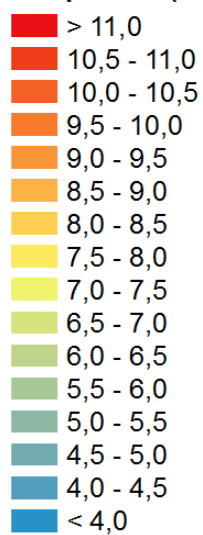
SMHI

Beräknat 2069-2098



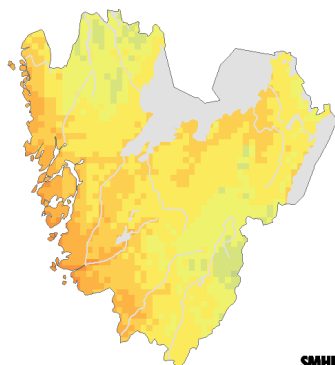
SMHI

Temperatur (°C)

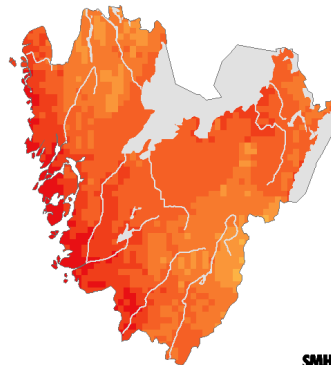


RCP4.5

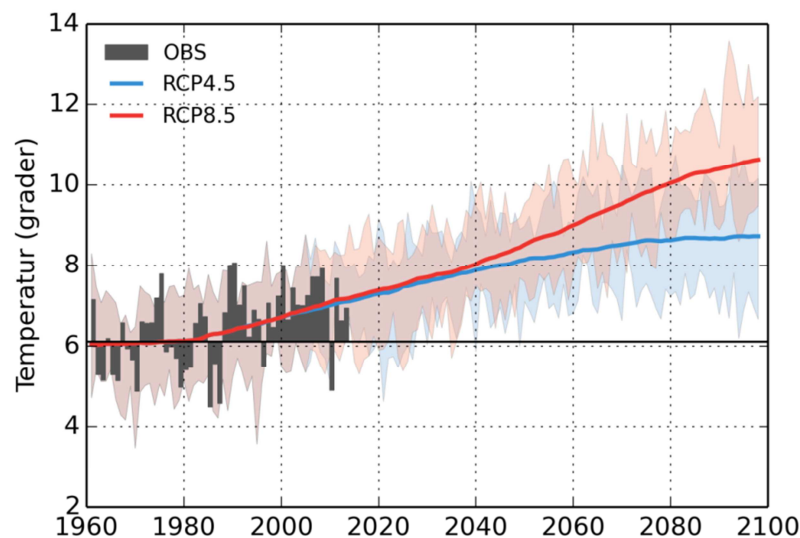
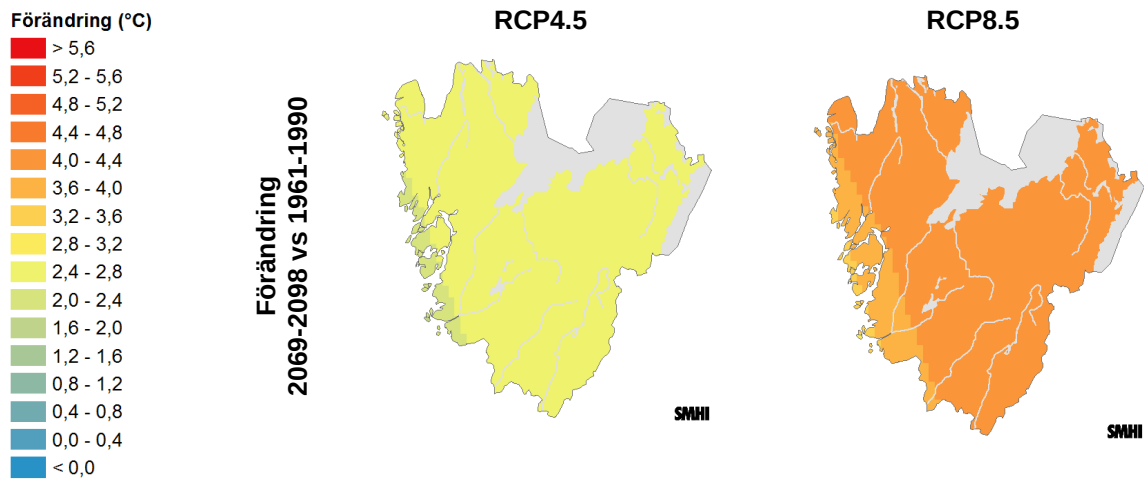
RCP8.5



SMHI



SMHI



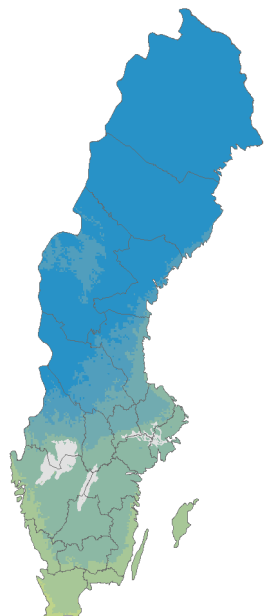
Under perioden 1961-1990 var årsmedeltemperaturen för hela Västra Götalands län 6,1°C. Temperaturen stiger succesivt och trenden att det blir varmare är tydlig i båda klimatscenarierna. I mitten av seklet, perioden 2021-2050, är resultaten från de båda RCP-scenarierna mycket lika, skillnaderna tydliggörs först under andra hälften av seklet.

I diagrammet visas förändringen över länet som helhet för de två RCP-scenarierna, årsvärden av observerad medeltemperatur för Västra Götaland är markerade som staplar. Staplarna visar att årsmedeltemperaturen i länet kan variera med ca 4°C. Denna mellanårsvariation består även i framtiden, vilket framgår av de skuggade fälten i diagrammet. De heldragna linjerna visar 30-års löpande medelvärde av scenarierna för att förtydliga trender. Temperaturen väntas stiga med flera grader till slutet av seklet; enligt RCP4.5 med nära 3 grader medan RCP8.5 visar på en nära 5-gradig ökning.

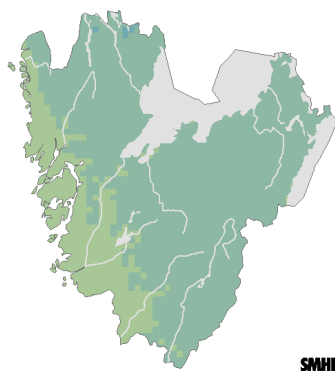
4.2 Medeltemperatur vinter

Observerat 1961-1990

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

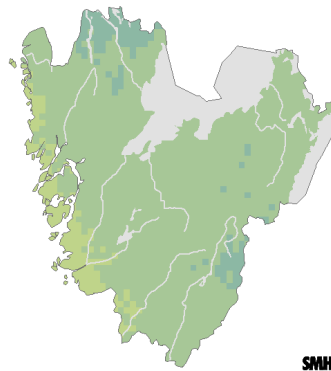


Observerat 1961-1990



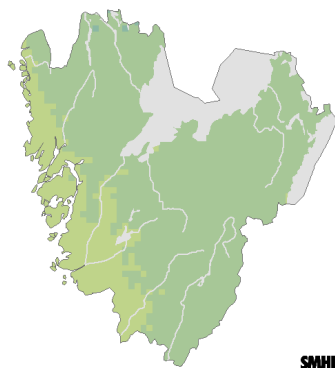
SMHI

Observerat 1991-2013



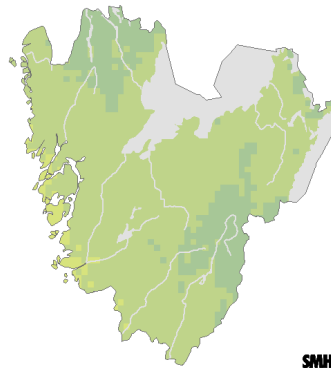
SMHI

Beräknat 2021-2050



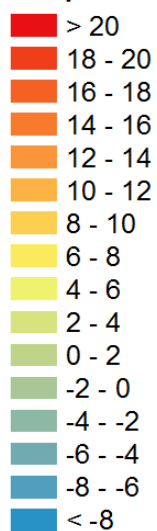
SMHI

Beräknat 2069-2098



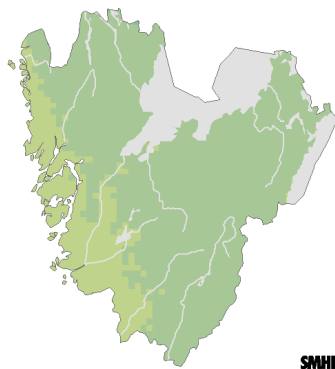
SMHI

Temperatur (°C)

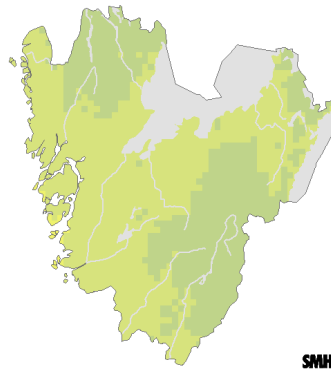


RCP4.5

RCP8.5

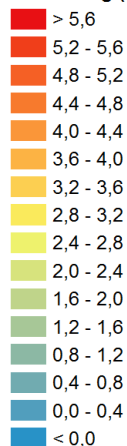


SMHI



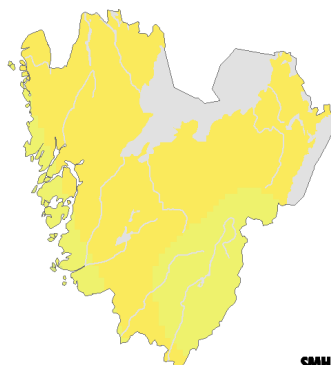
SMHI

Förändring (°C)



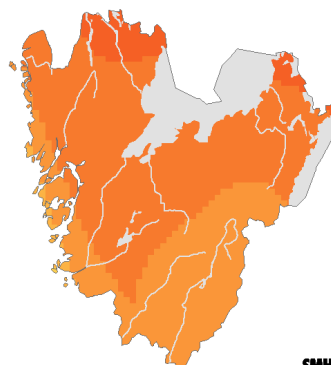
**Förändring
2069-2098 vs 1961-1990**

RCP4.5

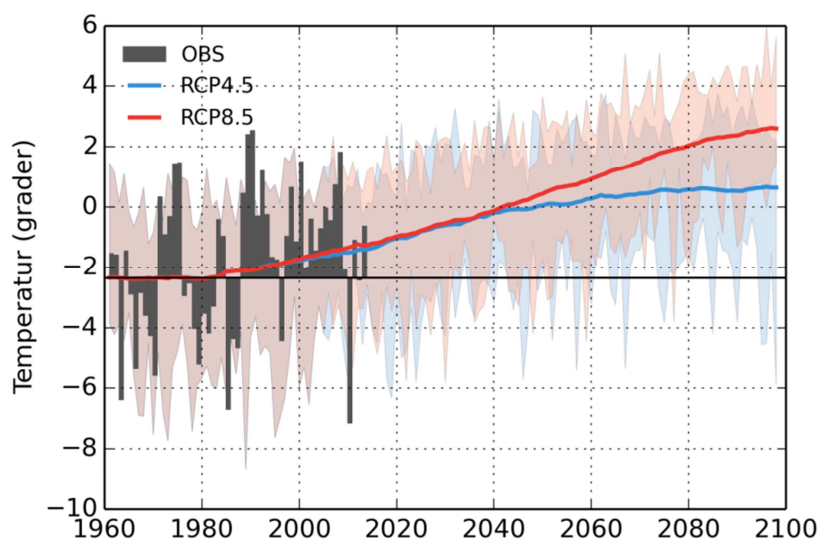


SMHI

RCP8.5



SMHI

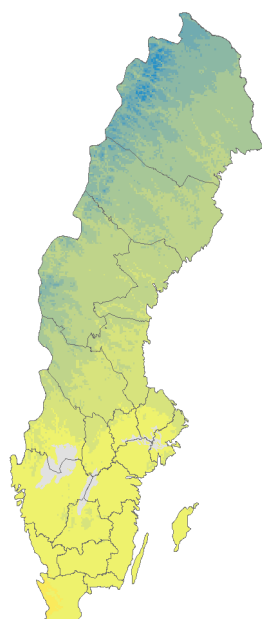


Västra Götalands vintermedeltemperatur var under referensperioden 1961-1990 $-2,4^{\circ}\text{C}$. Vintrarna har blivit något mildare under de senaste 23 åren, men staplarna i diagrammet visar att mellanårsvariationen är stor. De två olika scenarierna visar samstämmigt på att det blir mildrare vintrar framöver. Enligt RCP4.5 blir det ca 3 grader varmare till slutet av seklet, medan RCP8.5 visar närmare 5 graders skillnad mot referensperioden 1961-1990.

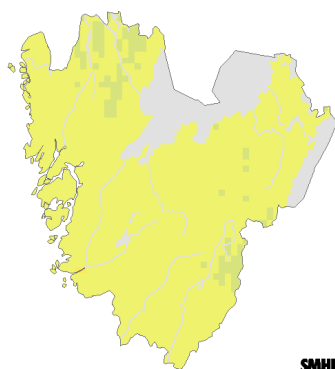
4.3 Medeltemperatur vår

Observerat 1961-1990

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

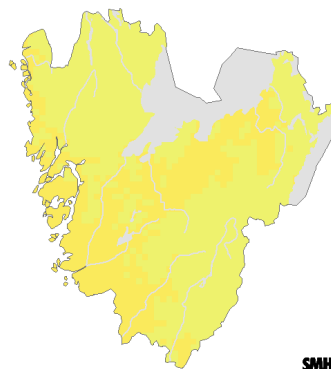


Observerat 1961-1990



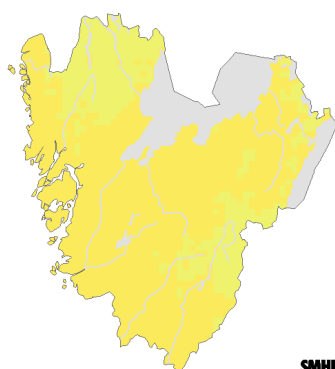
SMHI

Observerat 1991-2013



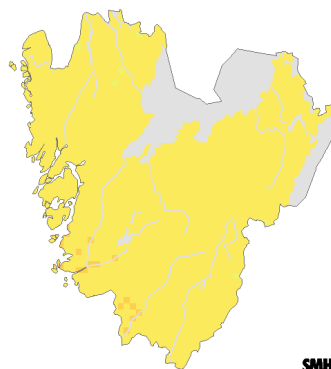
SMHI

Beräknat 2021-2050



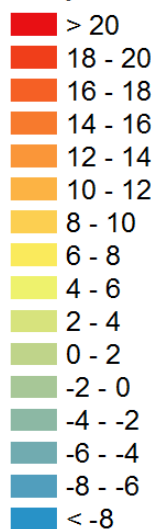
SMHI

Beräknat 2069-2098



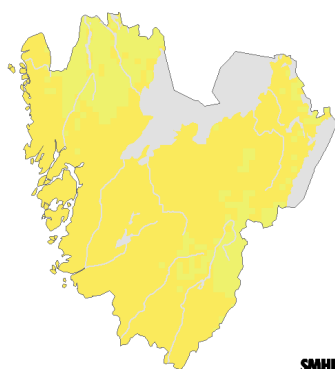
SMHI

Temperatur (°C)

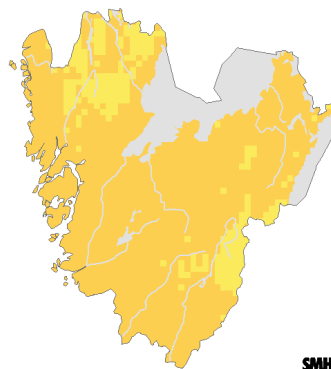


RCP4.5

RCP8.5

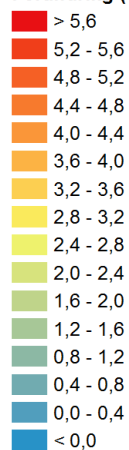


SMHI



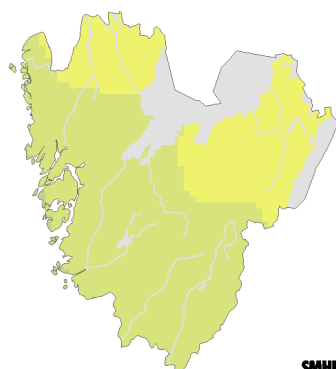
SMHI

Förändring (°C)



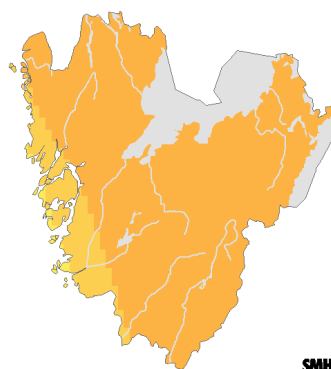
**Förändring
2069-2098 vs 1961-1990**

RCP4.5

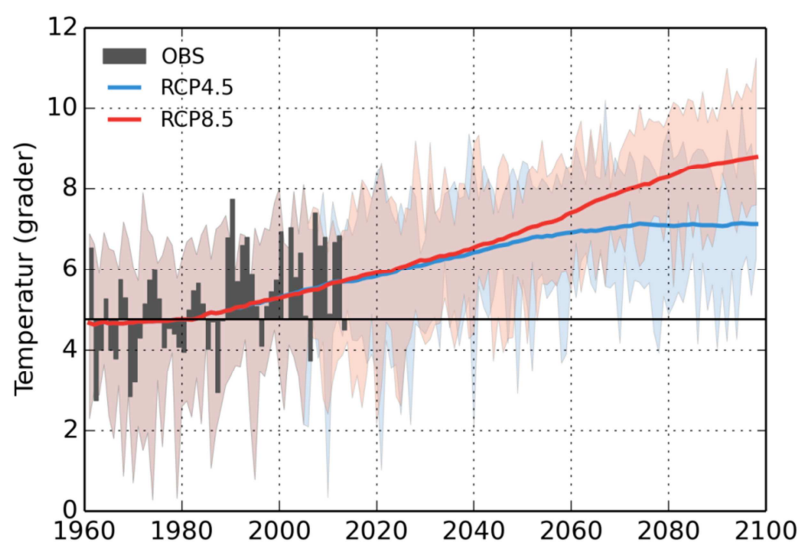


SMHI

RCP8.5



SMHI

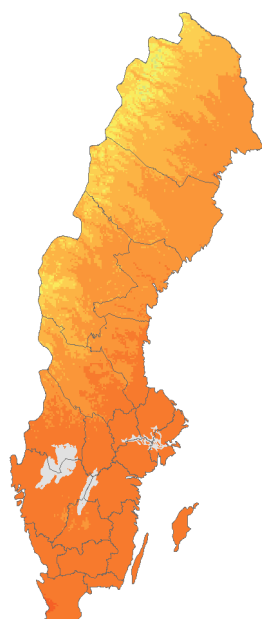


Medeltemperaturen för våren under perioden 1961-1990 var 4,8°C. De senaste drygt 20 åren har medeltemperaturen ökat med någon grad och trenden håller i sig under resten av århundradet. Den största ökningen sker enligt både RCP4.5 och RCP8.5 i länets nordöstra del.

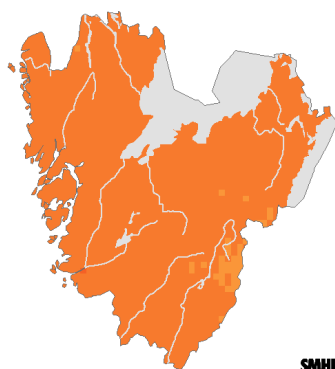
4.4 Medeltemperatur sommar

Observerat 1961-1990

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



Observerat 1961-1990



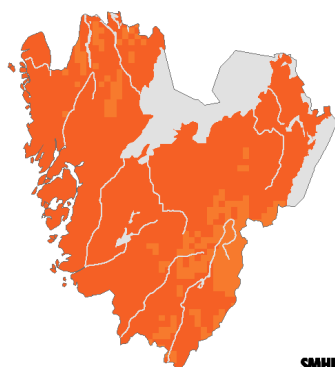
SMHI

Observerat 1991-2013



SMHI

Beräknat 2021-2050



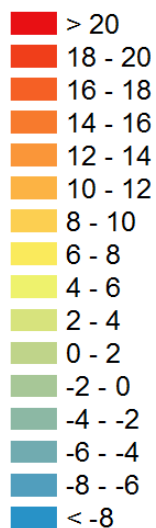
SMHI

Beräknat 2069-2098



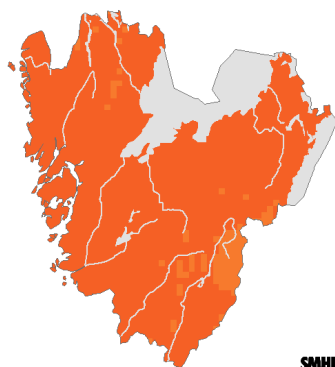
SMHI

Temperatur (°C)

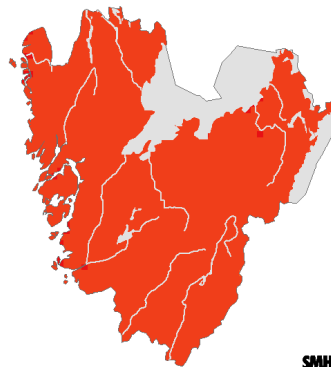


RCP4.5

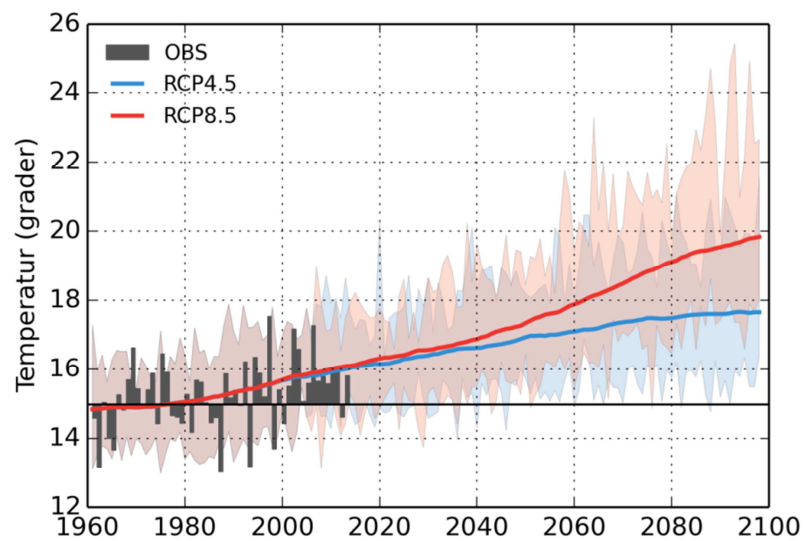
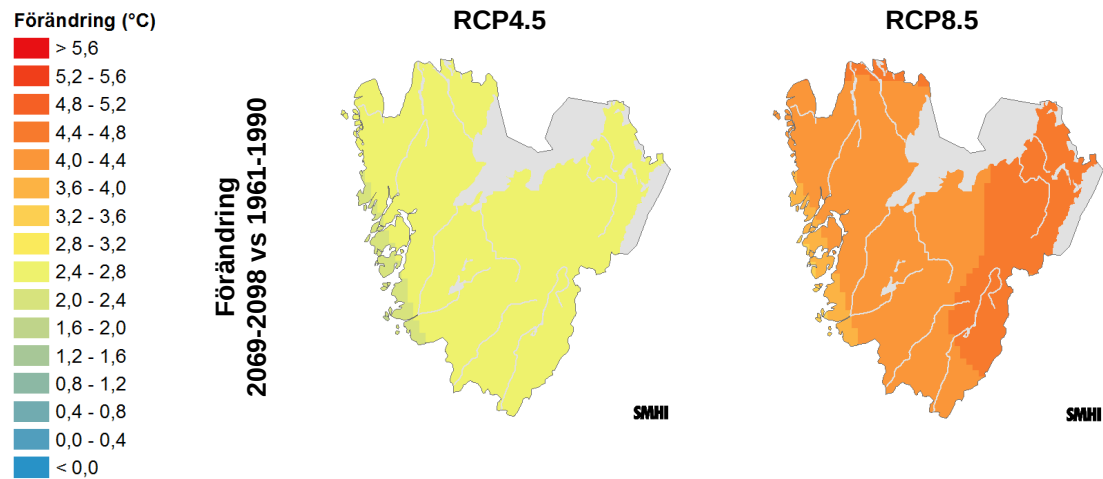
RCP8.5



SMHI



SMHI

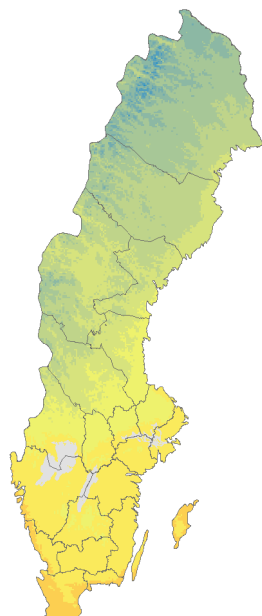


Sommarmedeltemperaturen under 1961-1990 var 15°C. Temperaturen fortsätter att stiga succesivt och vid slutet av seklet visar RCP4.5 på en ökning med ca 3°C och RCP8.5 på en ökning med ca 5°C.

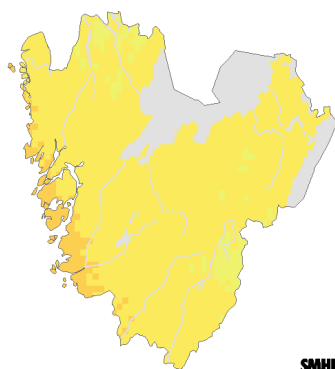
4.5 Medeltemperatur höst

Observerat 1961-1990

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

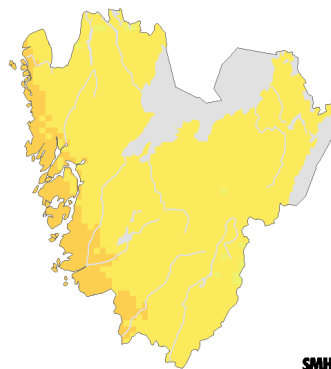


Observerat 1961-1990



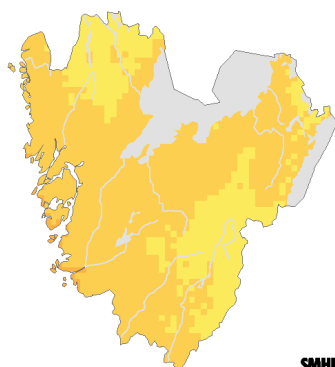
SMHI

Observerat 1991-2013



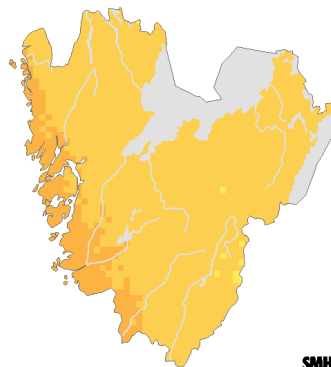
SMHI

Beräknat 2021-2050



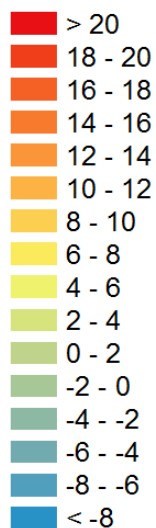
SMHI

Beräknat 2069-2098



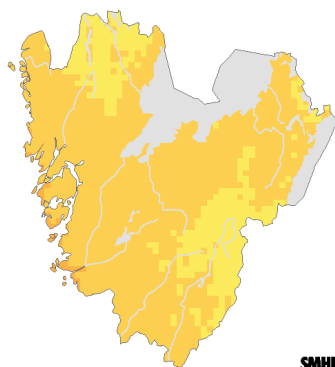
SMHI

Temperatur (°C)

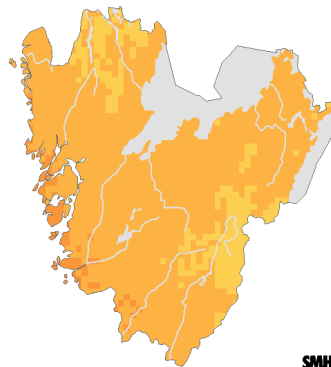


RCP4.5

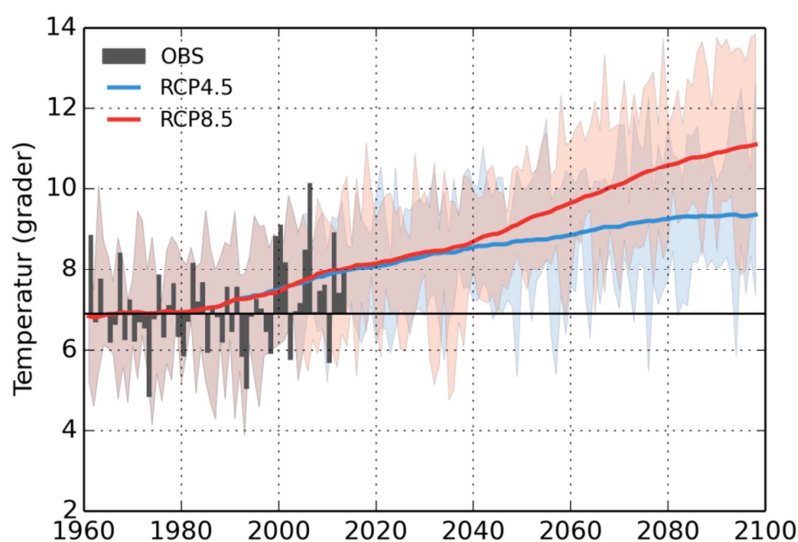
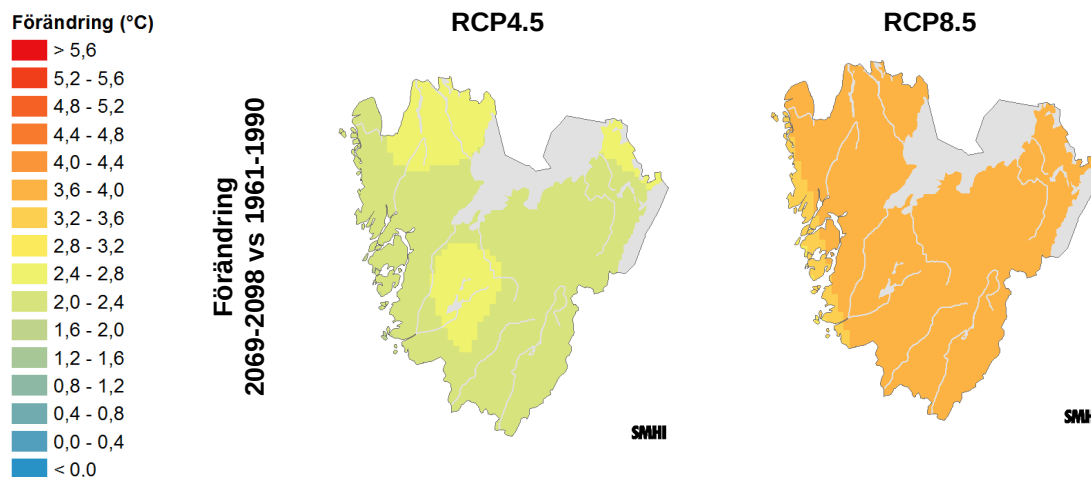
RCP8.5



SMHI



SMHI



Medeltemperaturen för hösten låg på 6,9°C under 1961- 1990 för att stiga någon grad under perioden 1991 och 2013. Trenden med mildare höstar håller i sig och fram till slutet av seklet har det blivit 2-4 grader varmare i hela länet.

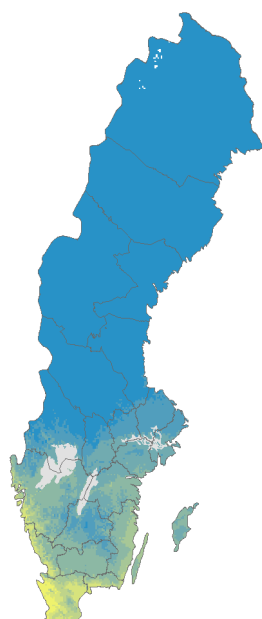
Allmänt om årstiderna

Både RCP4.5 och RCP8.5 visar på en temperaturökning för alla årstiderna fram till slutet av seklet. 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.

Den största temperaturökningen sker under vintermånaderna. Enligt RCP4.5 blir det drygt 3grader varmare till slutet av seklet, medan RCP8.5 visar på upp till 5 graders ökning jämfört med referensperioden 1961-1990.

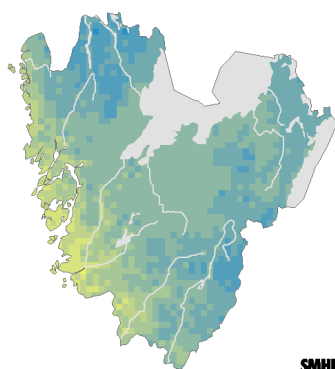
4.6 Vegetationsperiodens längd

Observerat 1961-1990



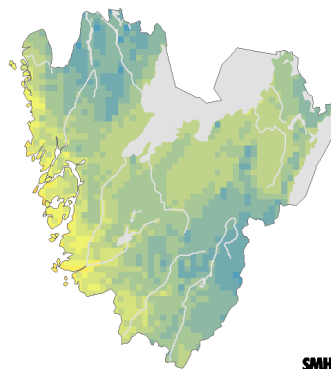
Längden på vegetationsperioden är definierad som skillnaden mellan sluttidpunkt och starttidpunkt. Starttidpunkt är första dagen på året i en sammanhängande fyradagarsperiod då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C. Sluttidpunkt är sista dagen i årets sista fyradagarsperiod med dygnsmedeltemperatur över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

Observerat 1961-1990



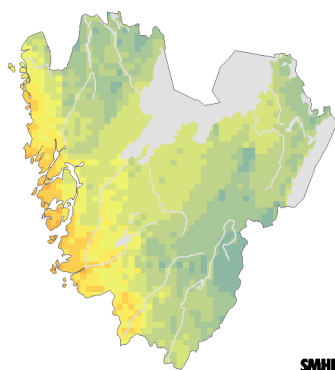
SMHI

Observerat 1991-2013



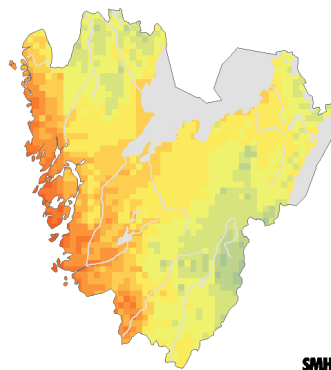
SMHI

Beräknat 2021-2050



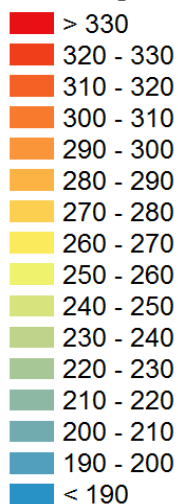
SMHI

Beräknat 2069-2098



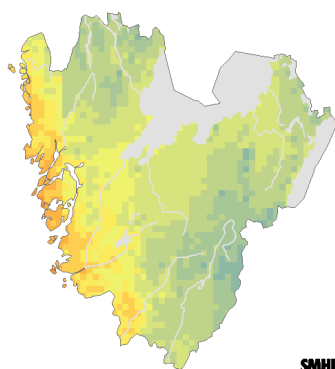
SMHI

Antal dagar

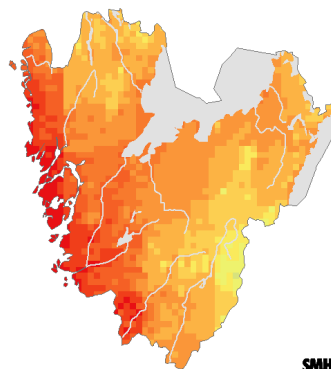


RCP4.5

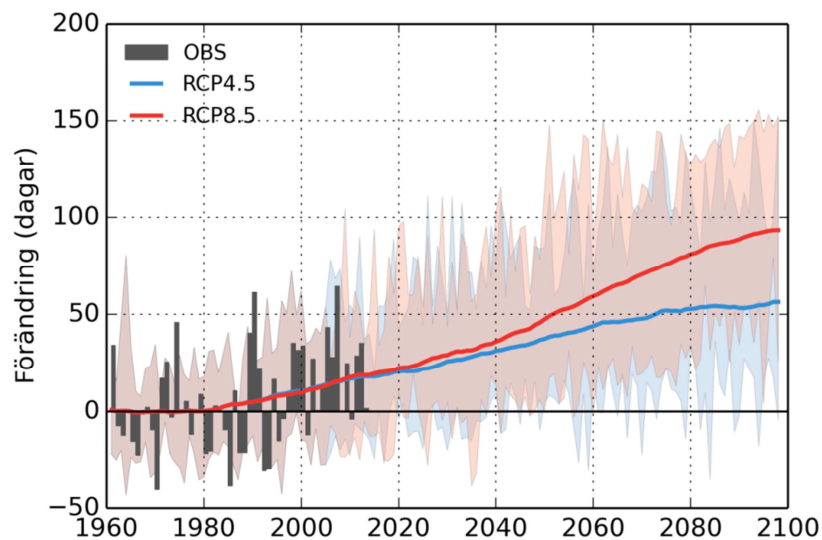
RCP8.5



SMHI



SMHI



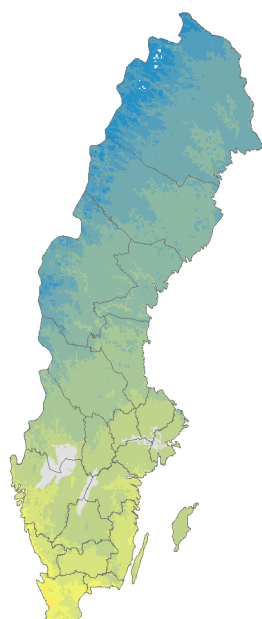
Längden på vegetationsperioden¹ under perioden 1961-1990 för länet som helhet var 213 dagar. Längst är vegetationsperioden i de västra delarna av länet. Under de senaste dryga 20 åren har vegetationsperioden ökat med ungefär 20 dagar i stora delar av länet.

Klimatscenarierna visar tydligt att vegetationsperioden kan bli längre under de kommande årtiondena. Fram mot slutet av århundrandet visar RCP4.5 på en ökning med generellt 2-3 månader över hela länet. Temperaturen i scenario RCP8.5 är lite varmare än RCP4.5 under våren och hösten och detta syns tydligt på vegetationsperioden. Mellan de två scenarierna skiljer det ungefär 40 dagar, RCP8.5 visar en ökning på 90 dagar till slutet av seklet.

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.

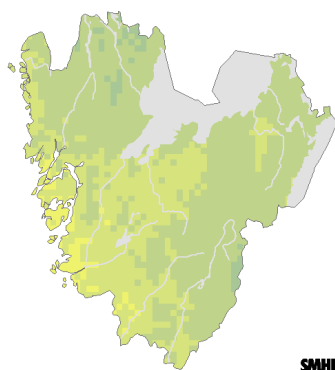
4.7 Vegetationsperiodens starttidpunkt

Observerat 1961-1990



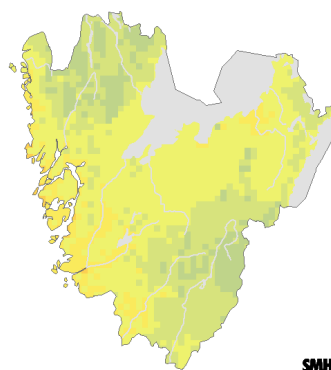
Starttidpunkt är första dagen på året i en sammanhängande fyradagarsperiod då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C. Indexet baseras enbart på beräkningar med temperatur och tar inte hänsyn till solinstrålning. Indexet ger tillsammans med vegetationsperiodens längd en uppfattning om framtida förhållanden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

Observerat 1961-1990



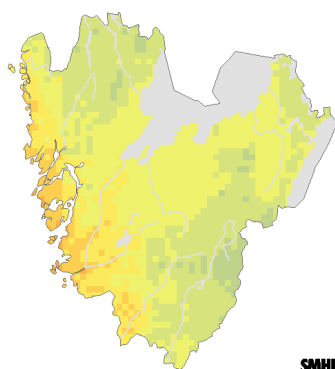
SMHI

Observerat 1991-2013



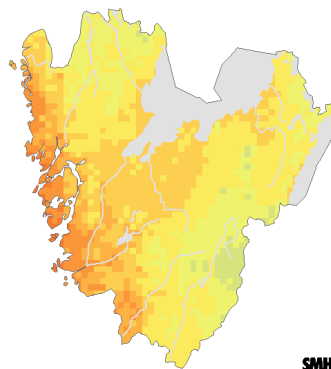
SMHI

Beräknat 2021-2050



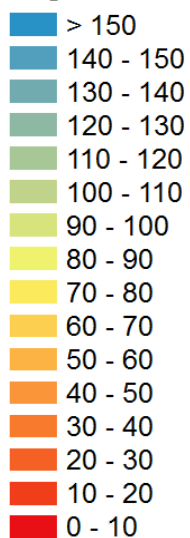
SMHI

Beräknat 2069-2098



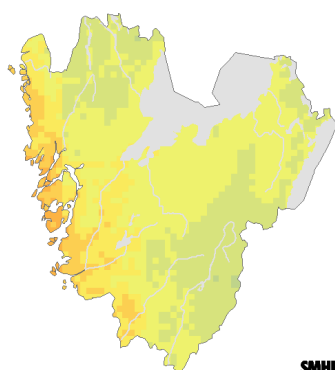
SMHI

Dagnummer

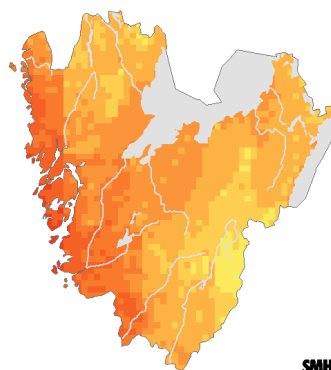


RCP4.5

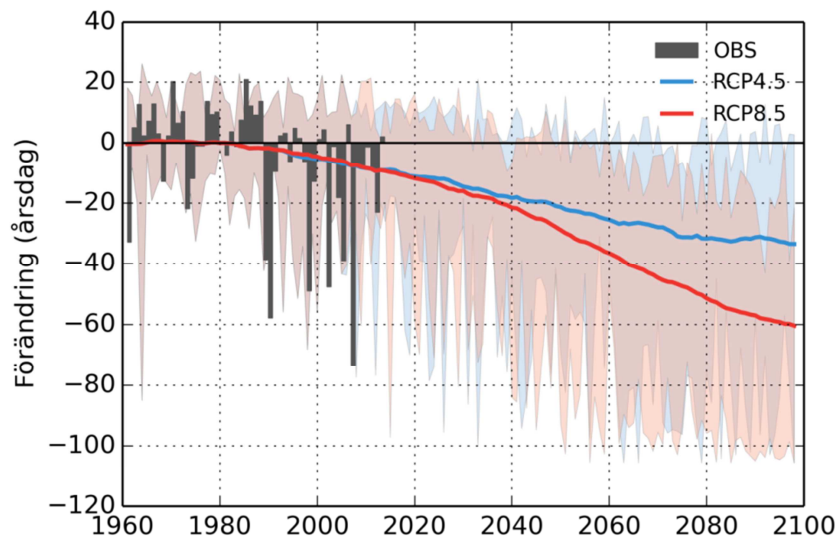
RCP8.5



SMHI



SMHI



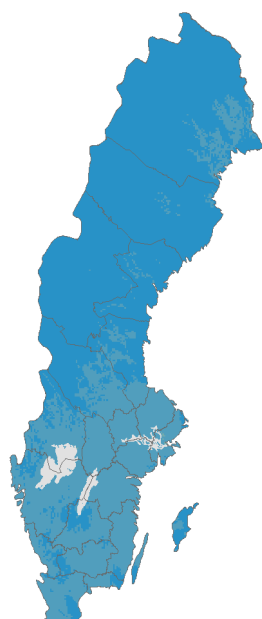
Vegetationsperiodens start definieras här som första tillfället på året när dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C under 4 dagar i följd. Vegetationsperiodens start räknas då från den första av dessa fyra dagar. Starttiden kan variera en del från år till år, beroende på om vintern varit lång och kall eller om mildluft tidigt förs in. Under referensperioden 1961-1990 hamnar medelvärde för starttiden för vegetationen på dagnummer 101, vilket motsvarar första halvan av april. Under 90-talet och 2000-talet tidigarelades vegetationsperiodens start allmänt med några dagar. Trenden håller i sig under resten utav århundradet. I slutet av seklet har starttidpunkten tidigarelagts med ca 1 månad enligt RCP4.5 medan RCP8.5 visar på en förändring med upp mot 2 månader.

Vegetationsperiodens sluttidpunkt senareläggs med nästan drygt 20 dagar enligt RCP4.5 och med drygt 1 månad enligt RCP8.5.

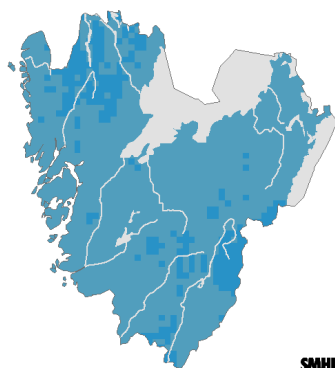
4.8 Värmebölja

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.

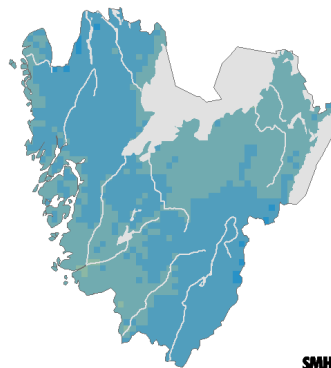


Observerat 1961-1990



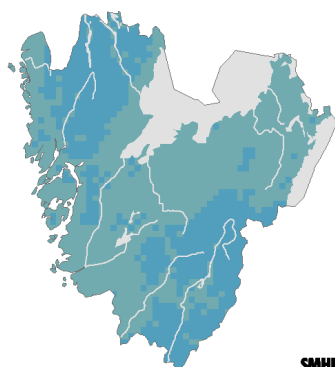
SMHI

Observerat 1991-2013



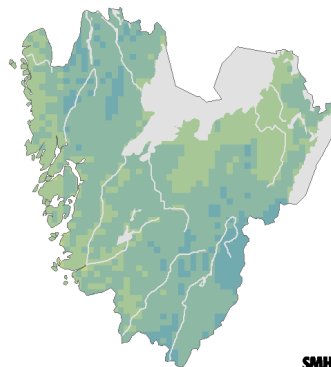
SMHI

Beräknat 2021-2050



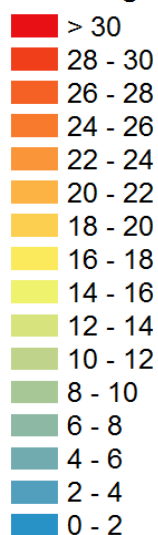
SMHI

Beräknat 2069-2098



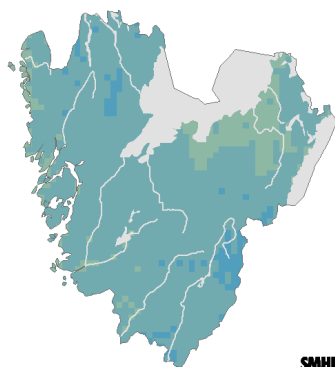
SMHI

Antal dagar

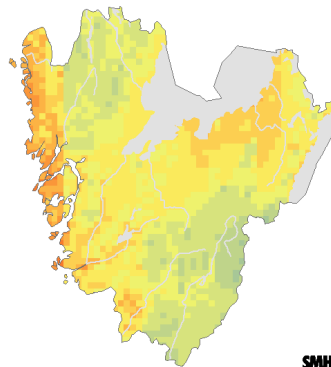


RCP4.5

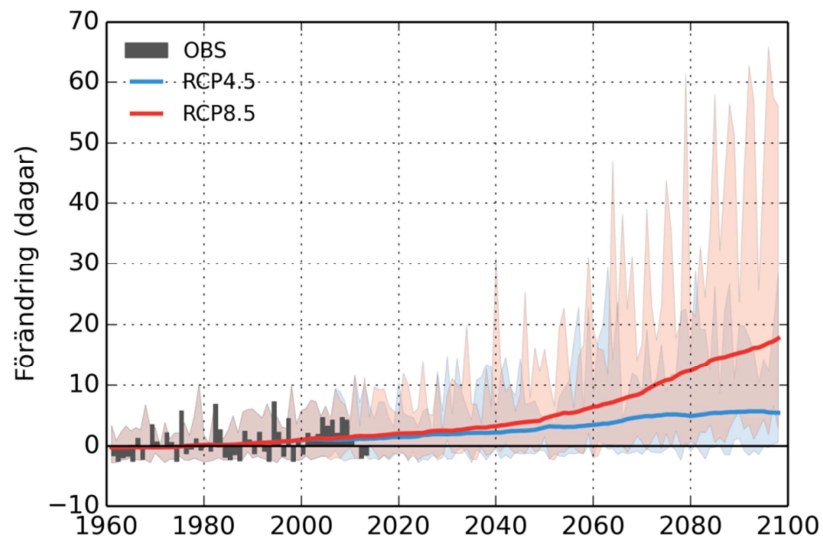
RCP8.5



SMHI



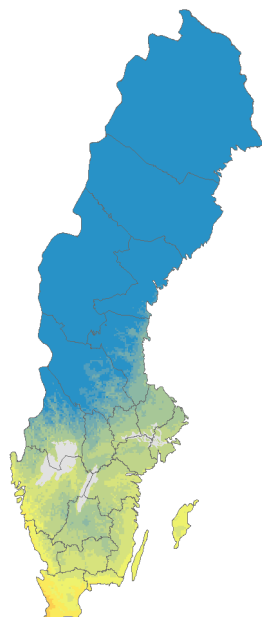
SMHI



Under perioden 1961-1990 var det bara ett fåtal tillfällen varje år som dygnsmedeltemperaturen kom över 20°C. Medelvärdet för länet som helhet var 2,5 dagar. Det har under de senaste drygt 20 åren blivit något varmare men antalet sammanhängande dagar med medeltemperaturer över 20°C har bara ökat med ca 1-3 dagar i länet. Under de kommande åren visar beräkningarna på längre perioder med dygnsmedeltemperaturer över 20°C. Förändringen är störst för RCP8.5, i vilket värmeböljornas längd har ökat med ca 18 dagar vid seklets slut.

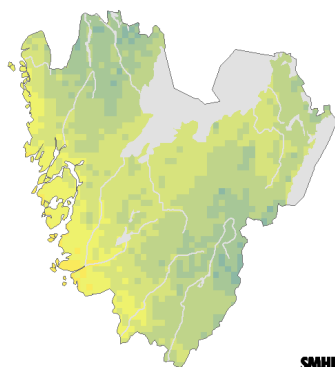
4.9 Graddagar för uppvärmning

Observerat 1961-1990

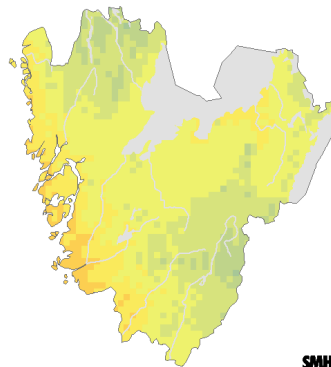


Graddagar för uppvärmning är skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och tröskelvärde 17°C, summerat på ett år. En dygnsmedeltemperatur på 12°C bidrar exempelvis med 5 grader till årssumman. Dygnsmedeltemperaturer över 17°C ger inget bidrag. Graddagar för uppvärmning är ett energimått och används för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

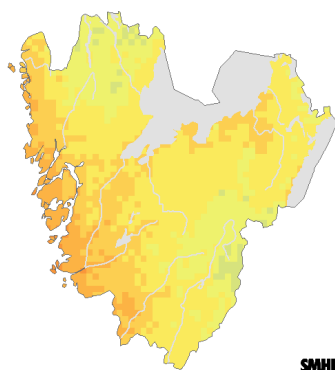
Observerat 1961-1990



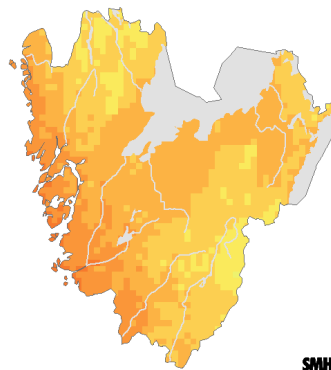
Observerat 1991-2013



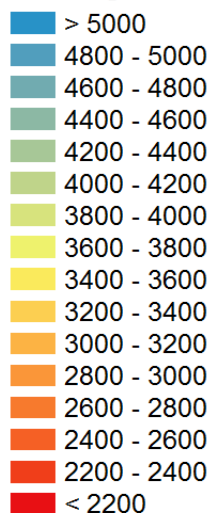
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

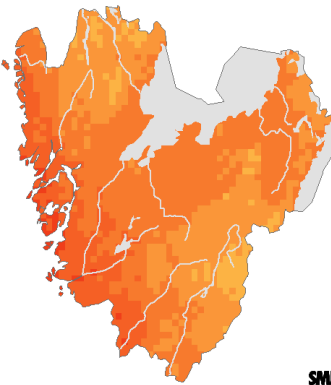
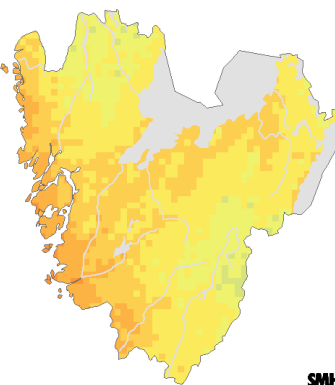


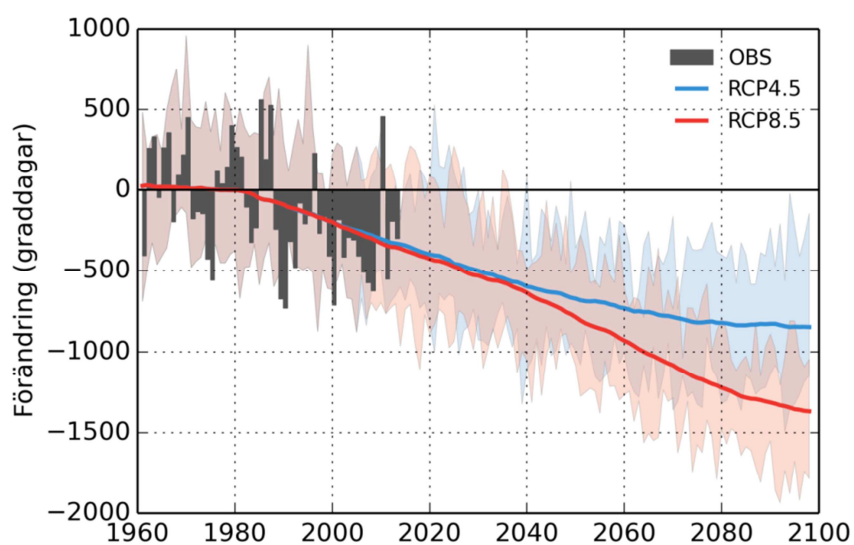
Graddagar



RCP4.5

RCP8.5



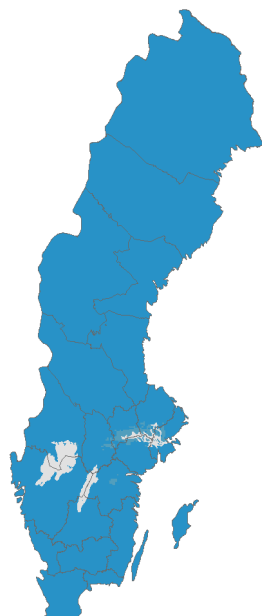


För referensperioden 1961-1990 var antalet graddagar 4017 i genomsnitt för länet. För framtidsscenarierna minskar behovet av uppvärmning och vid mitten av seklet visar båda scenarierna på en minskning med ca 750 graddagar. Behovet av uppvärmning fortsätter att minska succesivt under andra halvan av seklet samtidigt som skillnaden mellan de båda RCP-scenarierna tydliggörs.

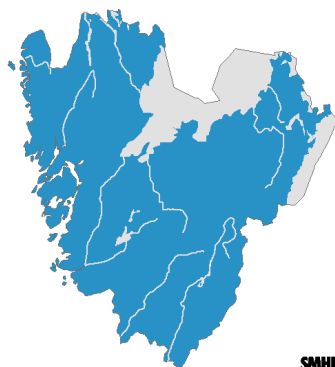
4.10 Graddagar för kylning

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.

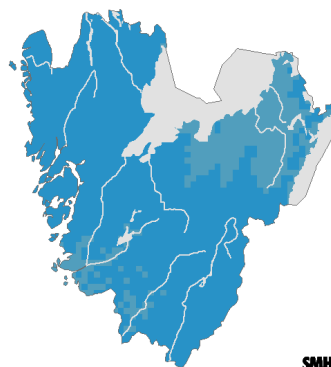


Observerat 1961-1990



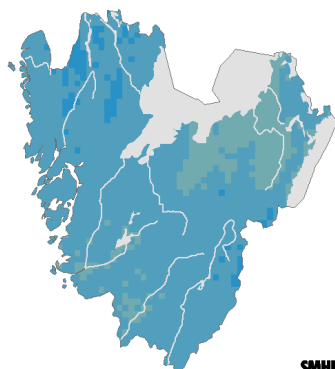
SMHI

Observerat 1991-2013



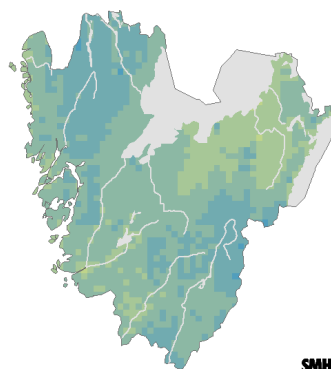
SMHI

Beräknat 2021-2050



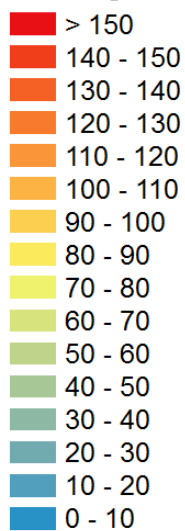
SMHI

Beräknat 2069-2098



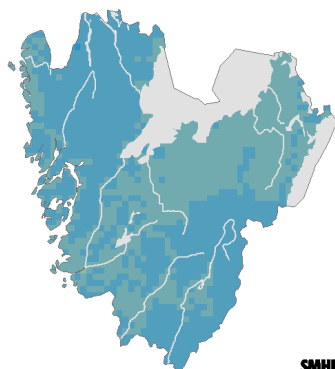
SMHI

Graddagar

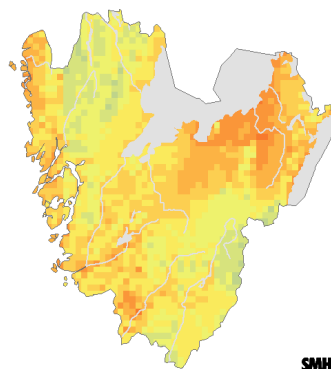


RCP4.5

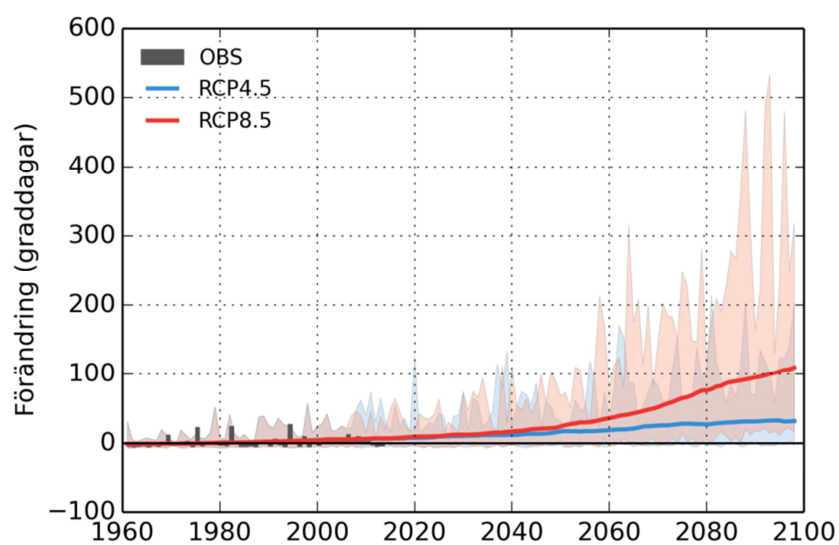
RCP8.5



SMHI



SMHI



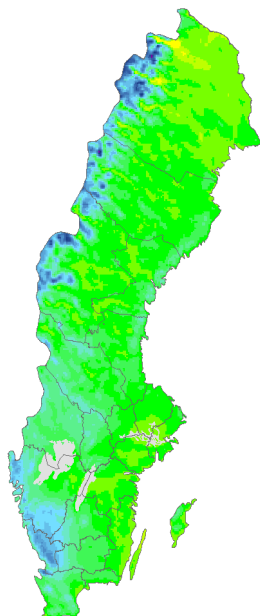
Behoven av kylning har hittills varit små i Sverige. För Västra Götaland var medeltalet för referensperioden 1961-1990 5 graddagar, enligt den definition som här används. Kylbehovet ökar med ökande sommartemperaturer och RCP8.5 visar en markant ökning mot slutet av seklet på drygt 100 graddagar i medeltal men skillnaderna kan vara stora i länet.

5 Nederbörd

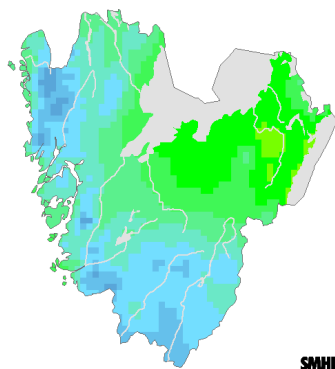
5.1 Årsmedelnederbörd

Observerat 1961-1990

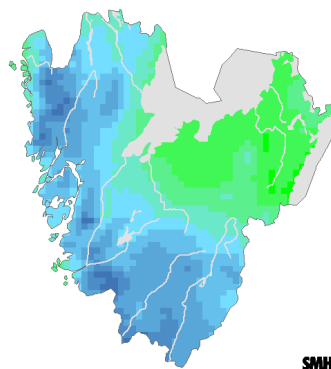
Årsmedelnederbörd är medelvärdet av varje års summerade dygnsnederbörd. Det är tillsammans med årsmedeltemperatur det mest använda klimatindexet för att beskriva klimatet.



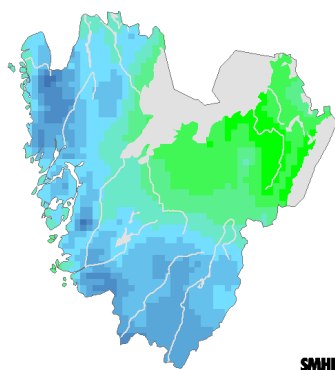
Observerat 1961-1990



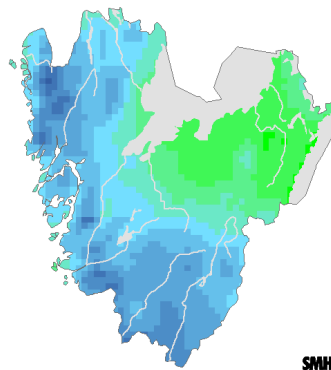
Observerat 1991-2013



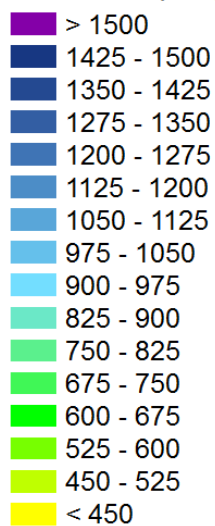
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

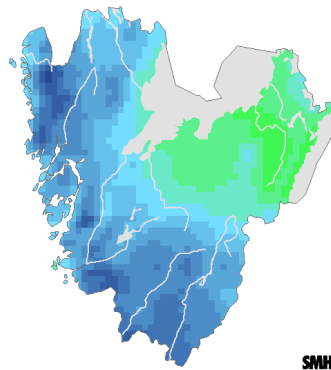
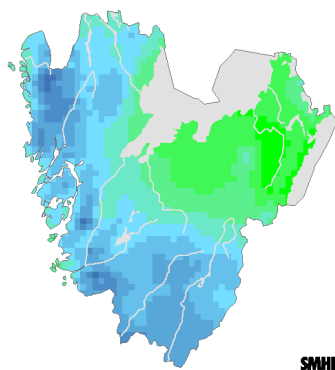


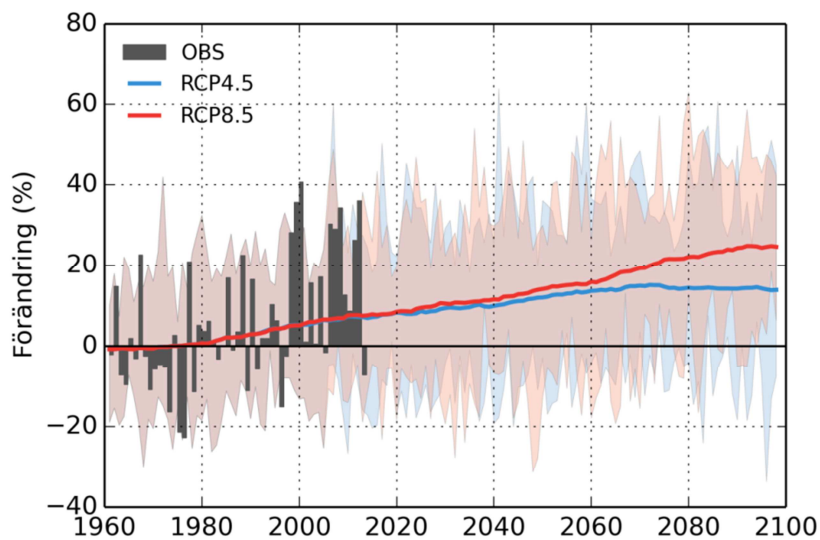
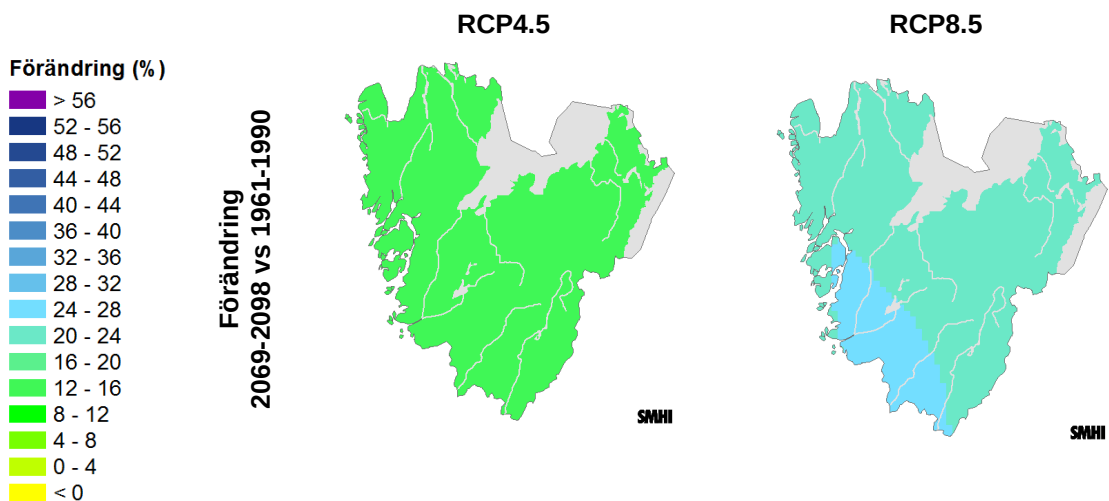
Nederbörd (mm)



RCP4.5

RCP8.5



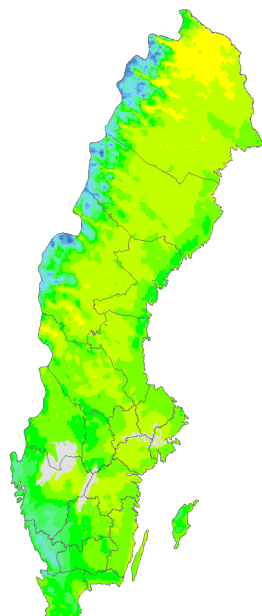


Årsmedelnederbörden i Västra Götalands län var under perioden 1961-1990 795 mm. Mest nederbörd faller längs kusten då våra vädersystem vanligen kommer västerifrån. Diagrammet visar att mellanårsvariationen är stor (se de svarta observationsstaplarna). Under de senaste 23 åren har nederbörden ökat något, främst i länets sydvästra del. I ett framtida klimat väntas nederbörden öka, vilket båda RCP-scenarierna visar. Ökningen är störst i RCP8.5, ca 25 % till slutet av seklet, medan RCP4.5 har en ökning på ca 12 %.

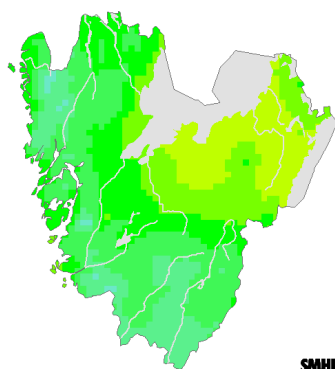
5.2 Medelnederbörd vinter

Observerat 1961-1990

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

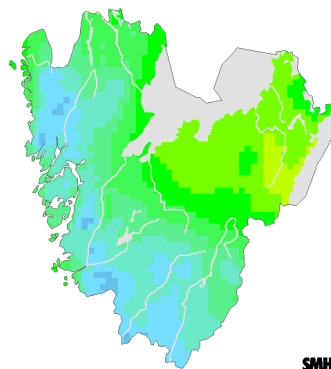


Observerat 1961-1990



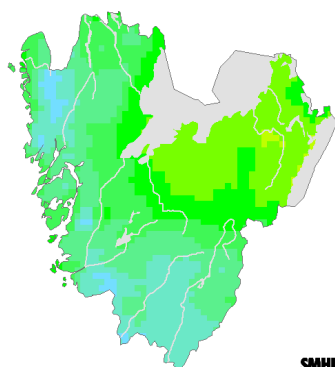
SMHI

Observerat 1991-2013



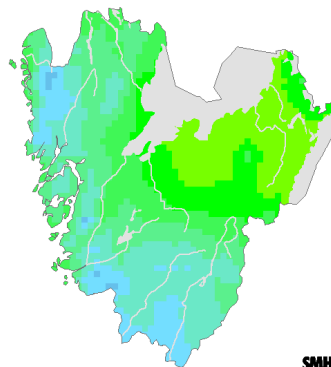
SMHI

Beräknat 2021-2050



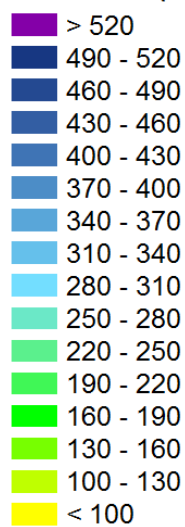
SMHI

Beräknat 2069-2098



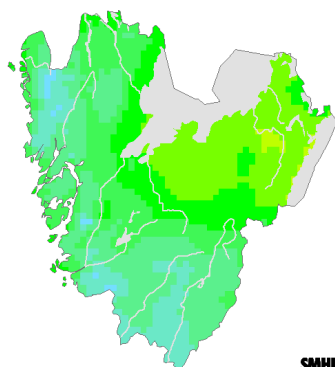
SMHI

Nederbörd (mm)

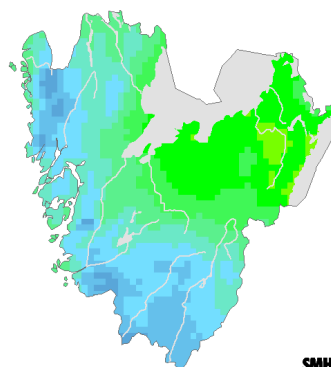


RCP4.5

RCP8.5

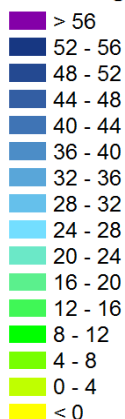


SMHI



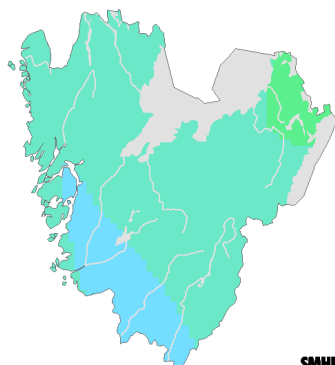
SMHI

Förändring (%)



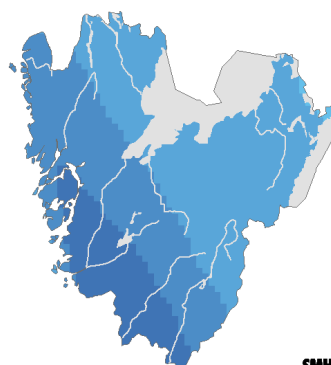
Förändring
2069-2098 vs 1961-1990

RCP4.5

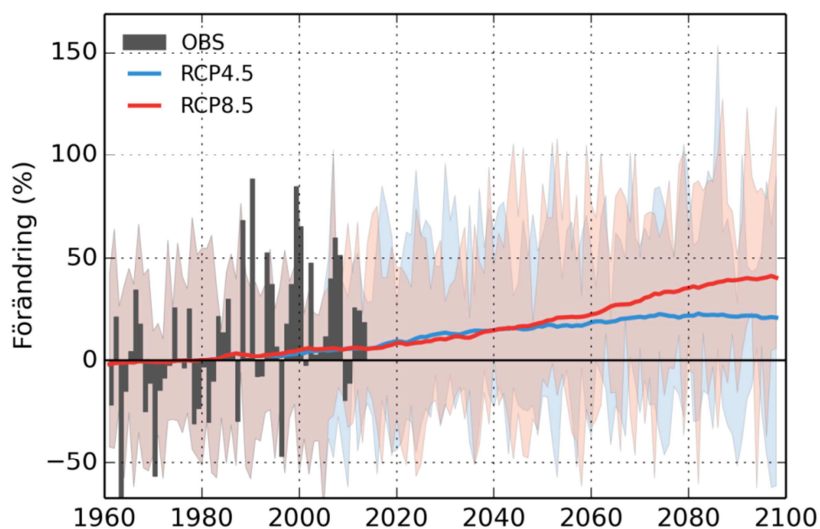


SMHI

RCP8.5



SMHI

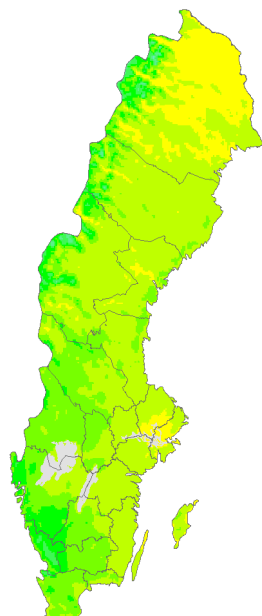


Vinternederbörden i Västra Götaland är störst i de sydvästra delarna av länet och årsmedelvärdet i smält form var under perioden 1961-1990 173 mm. Diagrammet visar att mellanårsvariationen är mycket stor, skillnader på 50 % från år till år är inte ovanlig. Liksom årsmedelnederbörden har vinternederbörden ökat de senaste 23 åren, och då framförallt i länets sydvästra del. RCP8.5 visar på störst ökning till slutet av seklet, upp mot 40 %. RCP4.5 visar på ungefär hälften så stor ökning till slutet av seklet. I och med ett varmare klimat kommer nederbörd som regn i stället för snö att bli allt vanligare vintertid.

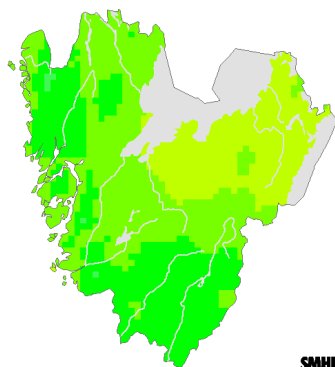
5.3 Medelnederbörd vår

Observerat 1961-1990

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

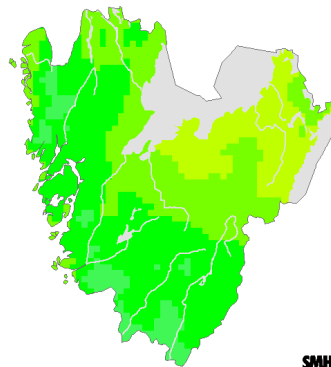


Observerat 1961-1990



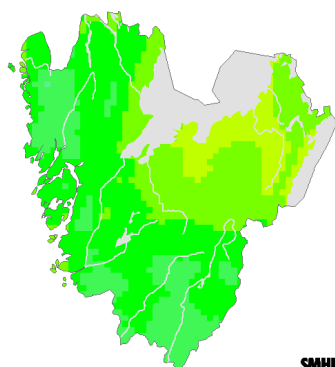
SMHI

Observerat 1991-2013



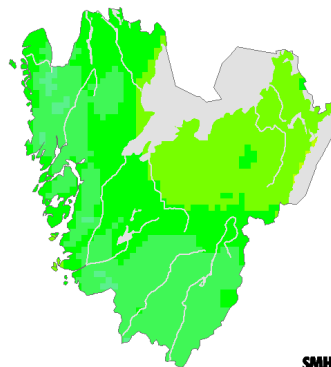
SMHI

Beräknat 2021-2050



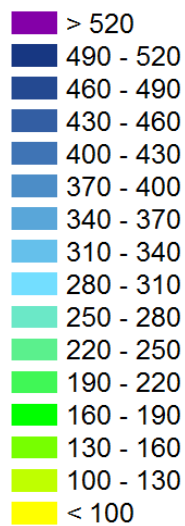
SMHI

Beräknat 2069-2098



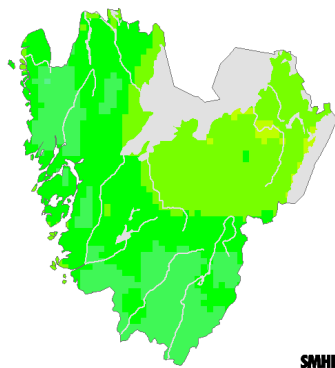
SMHI

Nederbörd (mm)

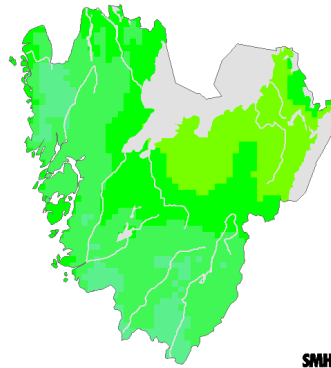


RCP4.5

RCP8.5

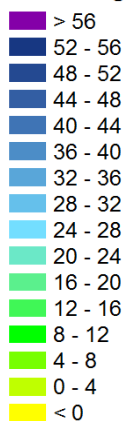


SMHI



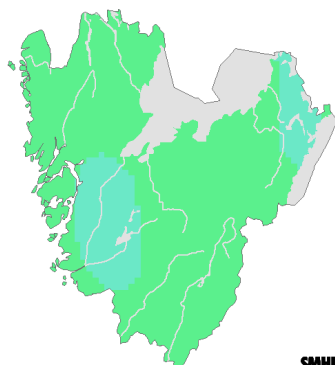
SMHI

Förändring (%)



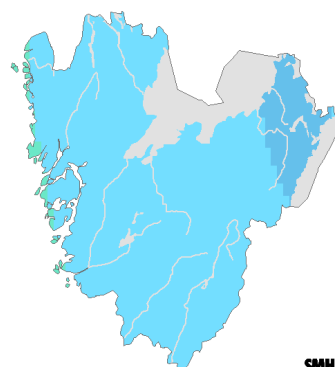
Förändring
2069-2098 vs 1961-1990

RCP4.5

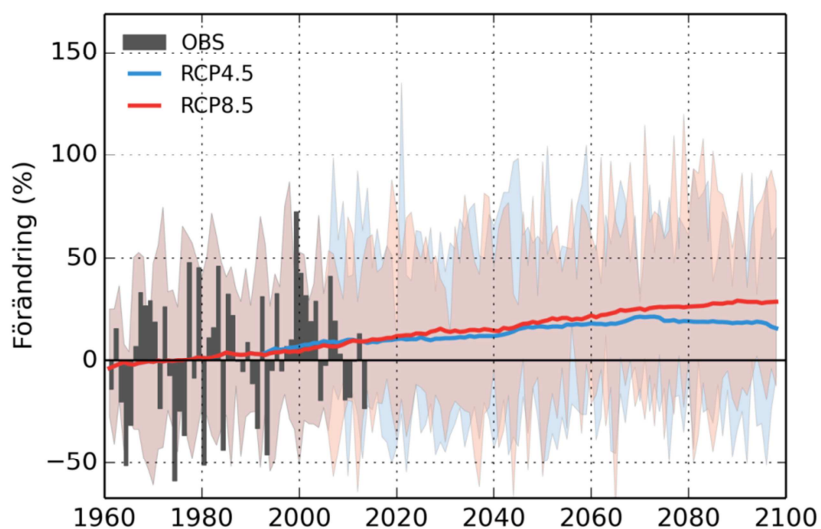


SMHI

RCP8.5



SMHI

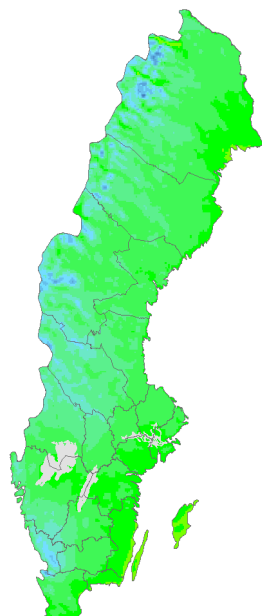


Medelnederbörden under våren för Västra Götalands län summeras till 144 mm för perioden 1961-1990, men mellanårsvariationen är stor och nederbörden störst i den sydvästra delen av länet. I slutet av seklet väntas en ökning av vårnederbörden med ca 15 % enligt RCP4.5 och drygt 25 % enligt RCP8.5.

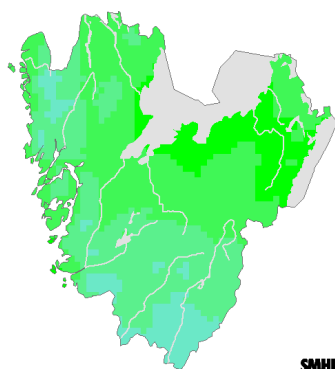
5.4 Medelnederbörd sommar

Observerat 1961-1990

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

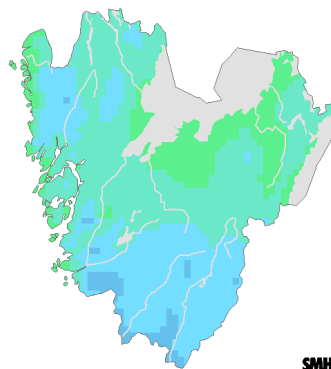


Observerat 1961-1990



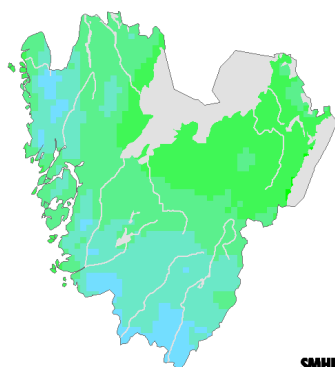
SMHI

Observerat 1991-2013



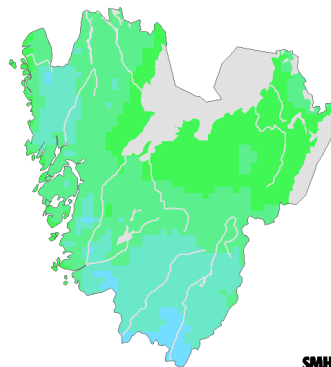
SMHI

Beräknat 2021-2050



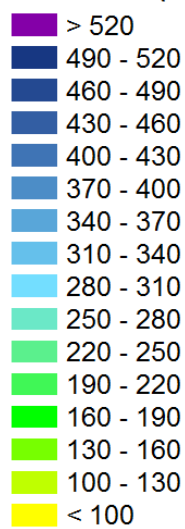
SMHI

Beräknat 2069-2098



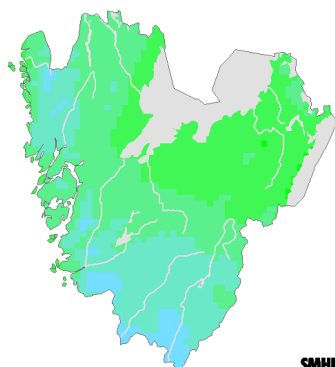
SMHI

Nederbörd (mm)

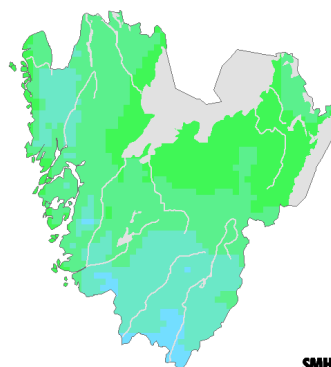


RCP4.5

RCP8.5

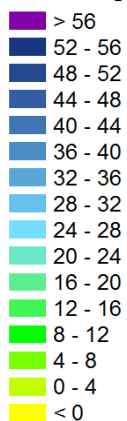


SMHI



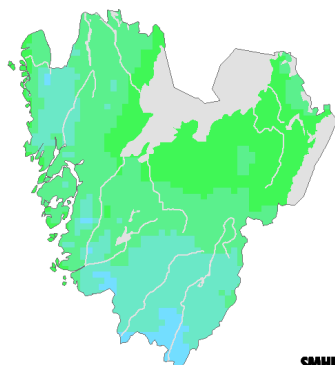
SMHI

Förändring (%)



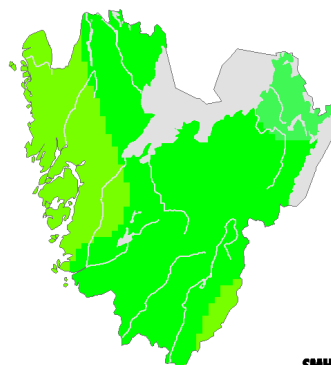
Förändring
2069-2098 vs 1961-1990

RCP4.5

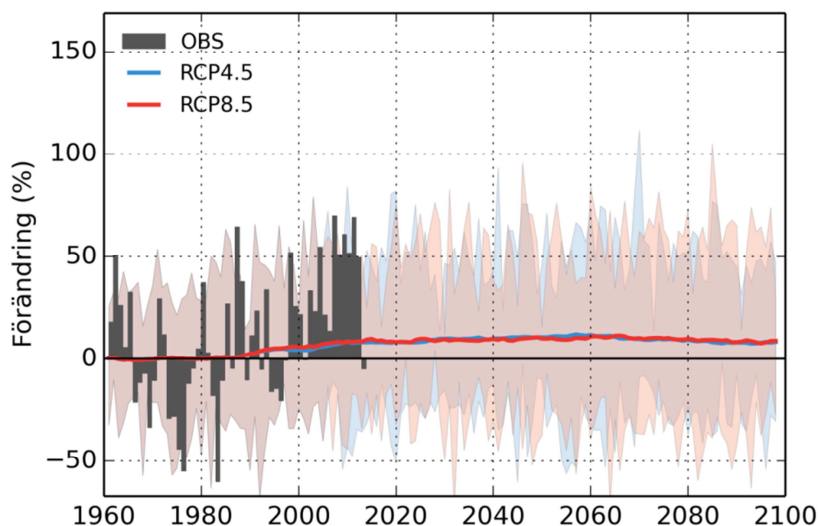


SMHI

RCP8.5



SMHI

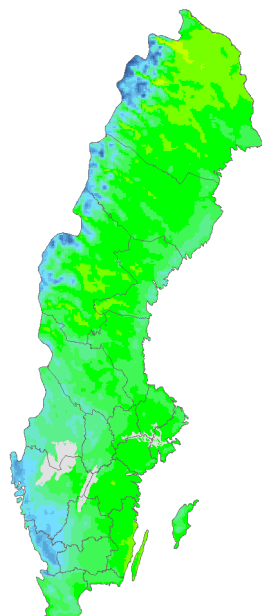


Sommarnederbörden i Västra Götaland är i genomsnitt 213 mm för referensperioden 1961-1990. Störst är nederbörden i de sydvästliga delarna av länet. Enligt klimatscenarierna sker en svag ökning av sommarnederbörden fram till mitten av seklet för att sedan avta något under andra halvan av seklet. Förändringen är ungefär den samma för de två scenarierna.

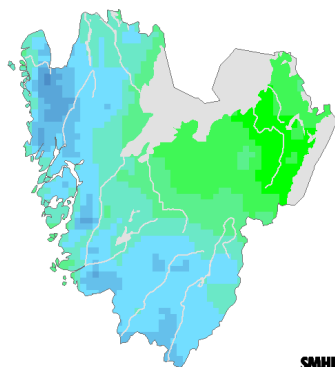
5.5 Medelnederbörd höst

Observerat 1961-1990

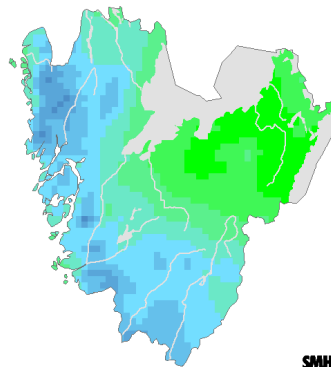
Höst definieras här som perioden september-november. Kartorna visar medelvärdet av varje periods summerade dygnsnederbörd.



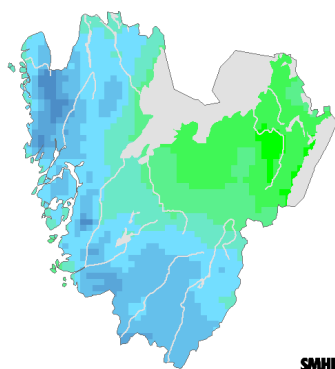
Observerat 1961-1990



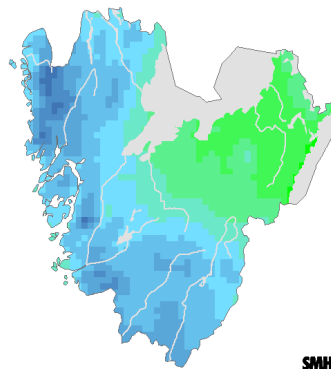
Observerat 1991-2013



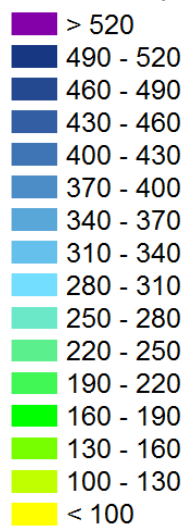
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

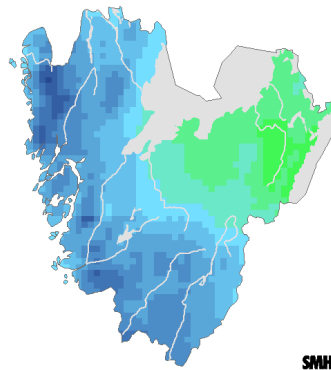
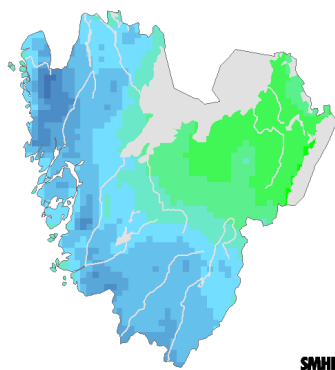


Nederbörd (mm)

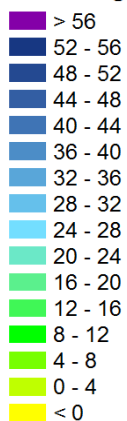


RCP4.5

RCP8.5

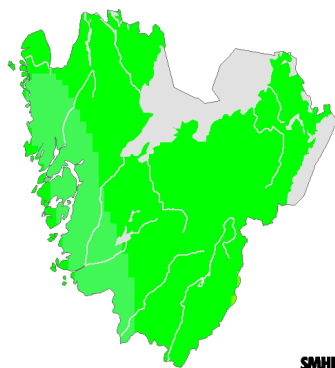


Förändring (%)

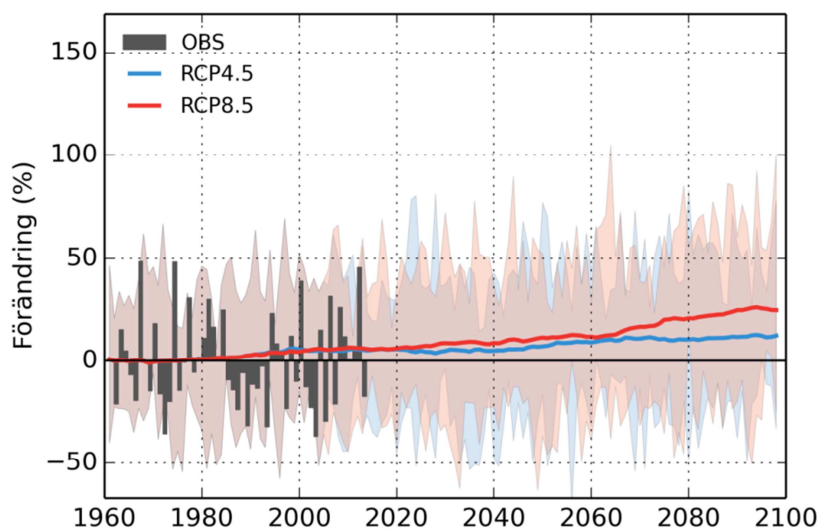
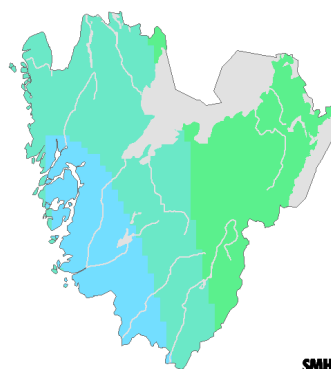


Förändring
2069-2098 vs 1961-1990

RCP4.5



RCP8.5

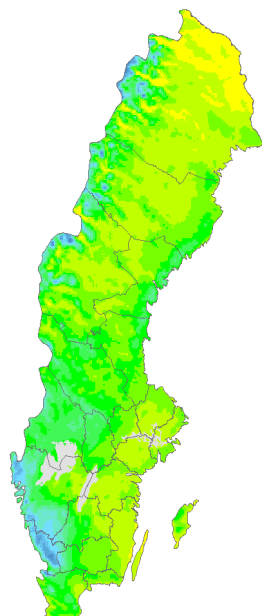


Hösten är årstiden med störst nederbörds mängder i Västra Götaland, i genomsnitt 254 mm under perioden 1961-1990. Till mitten av seklet ger de båda RCP-scenarierna mycket lika resultat, en ökning på ca 10 % väntas. RCP4.5 visar liten förändring till slutet av seklet, medan RCP8.5 visar en ökning med ca 25 % jämfört med perioden 1961-1990.

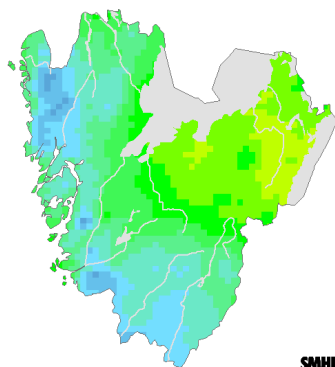
5.6 Antal dagar med mer än 10 mm nederbörd

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.

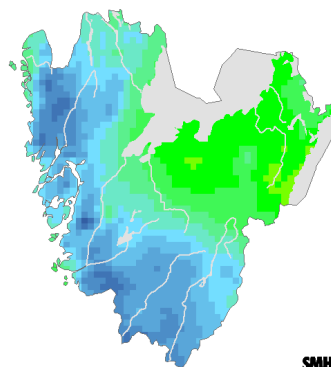


Observerat 1961-1990



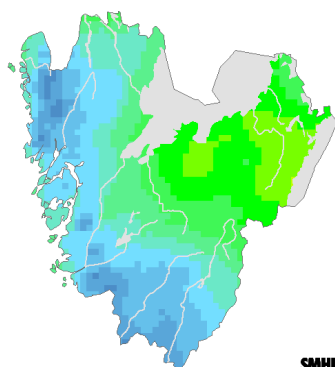
SMHI

Observerat 1991-2013



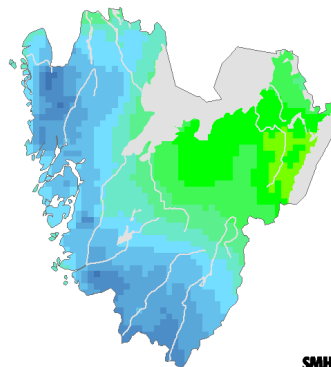
SMHI

Beräknat 2021-2050



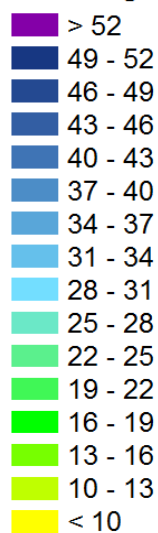
SMHI

Beräknat 2069-2098



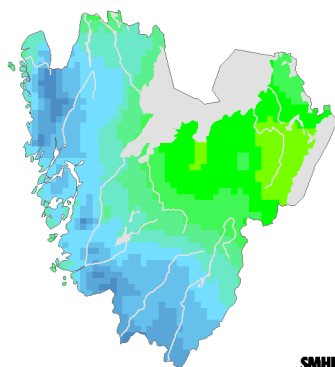
SMHI

Antal dagar

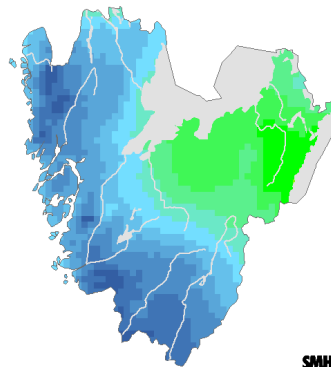


RCP4.5

RCP8.5

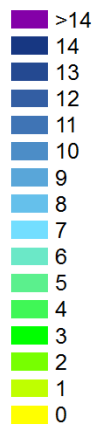


SMHI



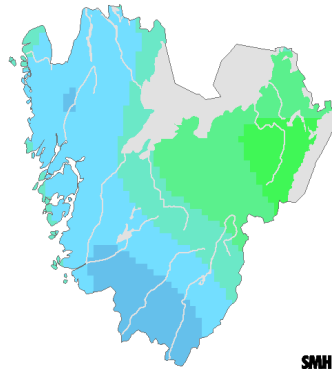
SMHI

Antal dagar



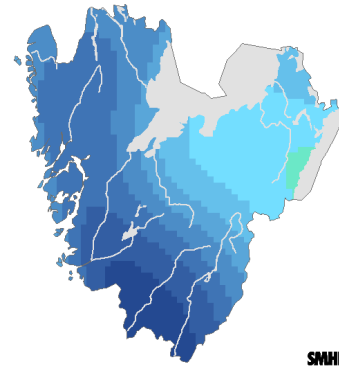
Förändring
2069-2098 vs 1961-1990

RCP4.5

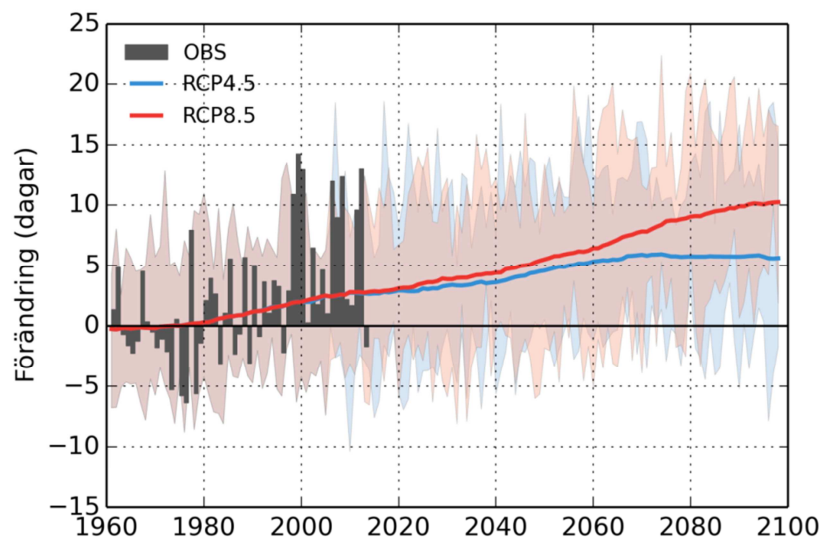


SMHI

RCP8.5



SMHI

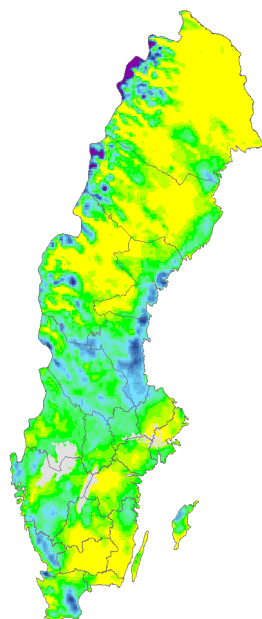


Under referensperioden 1961-1990 uppmättes mer än 10 mm nederbörd på ett dygn i genomsnitt 21 gånger på ett år. Nederbördsmängder över 10 mm per dygn är vanligast i den sydvästra delen av länet. Västra Götaland väntas få fler sådana tillfällen i framtiden, enligt RCP4.5 ökar antalet dagar med drygt 5 och enligt RCP8.5 med ca 10 till slutet av seklet.

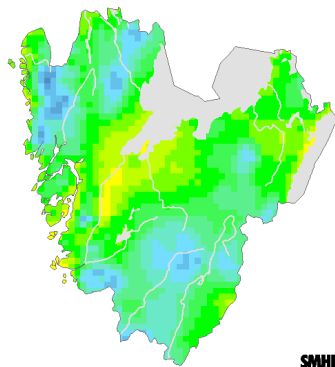
5.7 Maximal dygnsnederbörd

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.

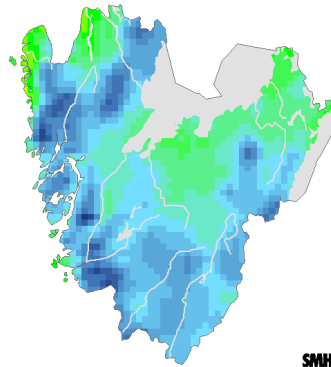


Observerat 1961-1990



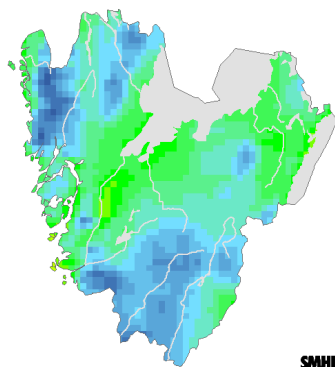
SMHI

Observerat 1991-2013



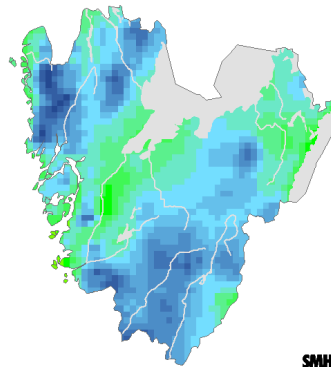
SMHI

Beräknat 2021-2050



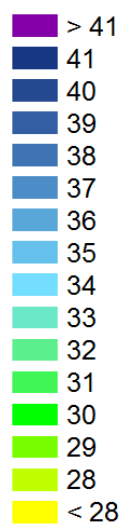
SMHI

Beräknat 2069-2098



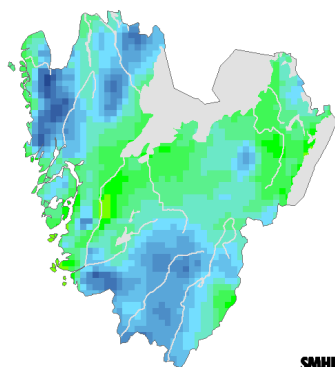
SMHI

Nederbörd (mm)

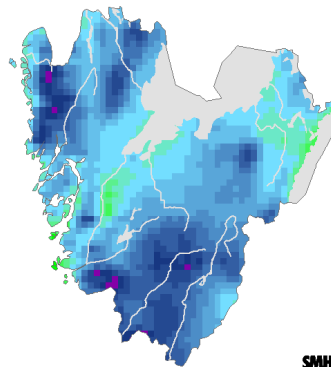


RCP4.5

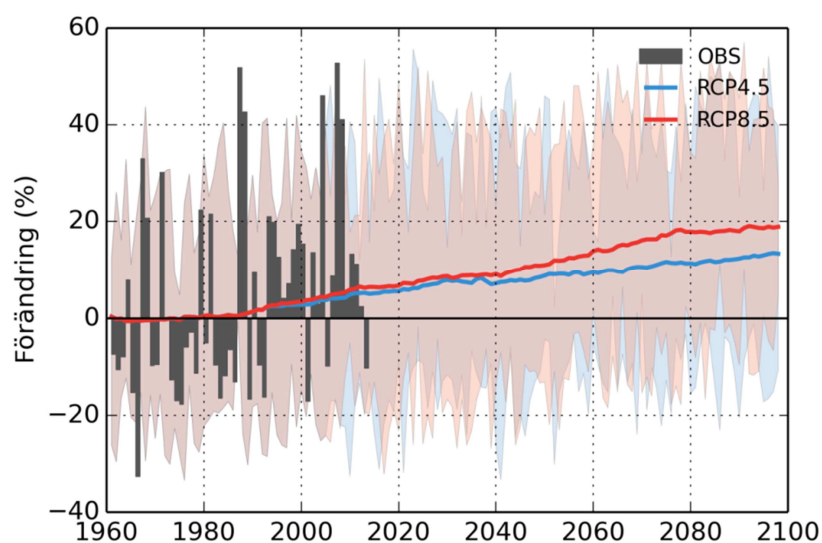
RCP8.5



SMHI



SMHI

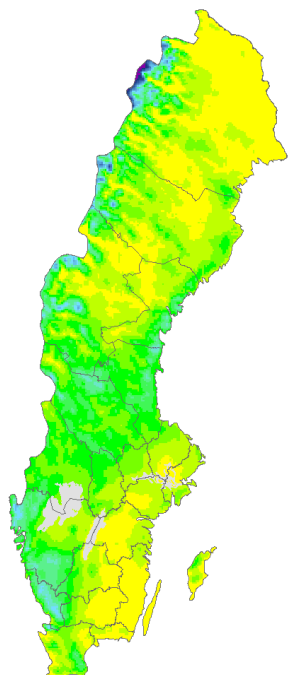


Det geografiska medelvärde av årets största dygnsnederbörd för perioden 1961-1990 är 30 mm, men enligt diagrammet varierar mängden mycket från år till år och ett enskilt regn kan ge betydligt större regnmängder. Scenarierna visar på en tydlig ökning av den maximala dygnsnederbörden, RCP8.5 ger en ökning på 20 % till slutet av seklet. RCP4.5 visar på något mindre förändring. Den geografiska förekomsten av maximal dygnsnederbörd är oregelbunden, vilket betyder att ett kraftigt regn kan förekomma i princip var som helst i länet.

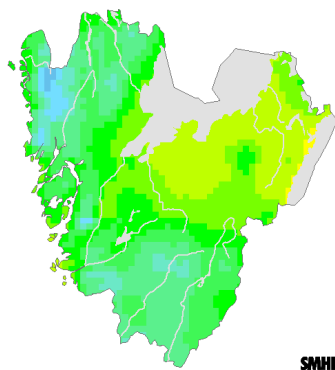
5.8 Maximal 7-dygnsnederbörd

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.

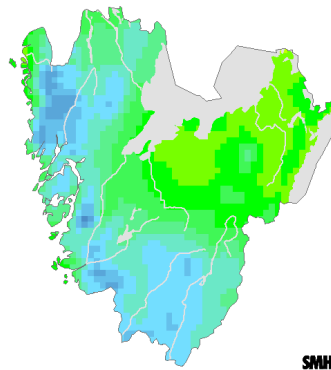


Observerat 1961-1990



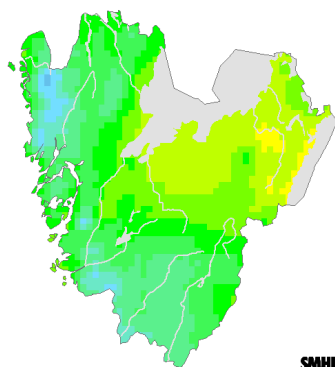
SMHI

Observerat 1991-2013



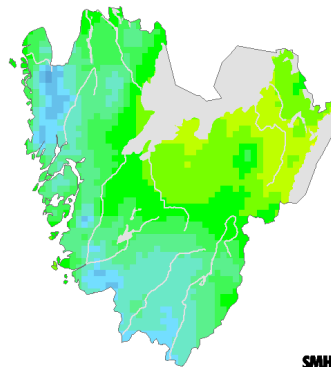
SMHI

Beräknat 2021-2050



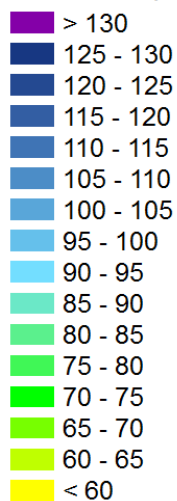
SMHI

Beräknat 2069-2098



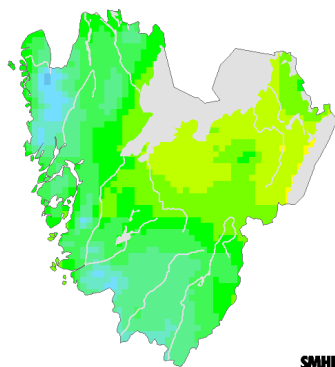
SMHI

Nederbörd (mm)

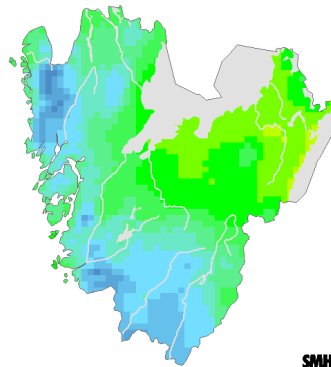


RCP4.5

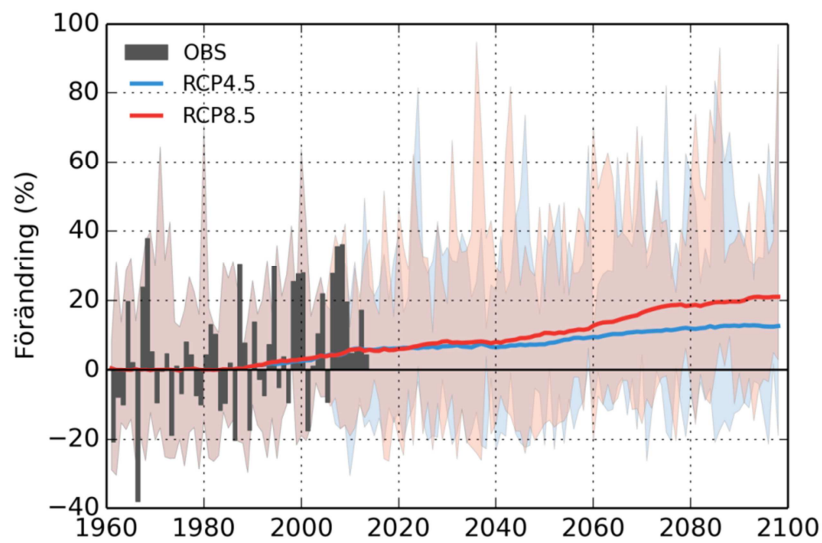
RCP8.5



SMHI



SMHI



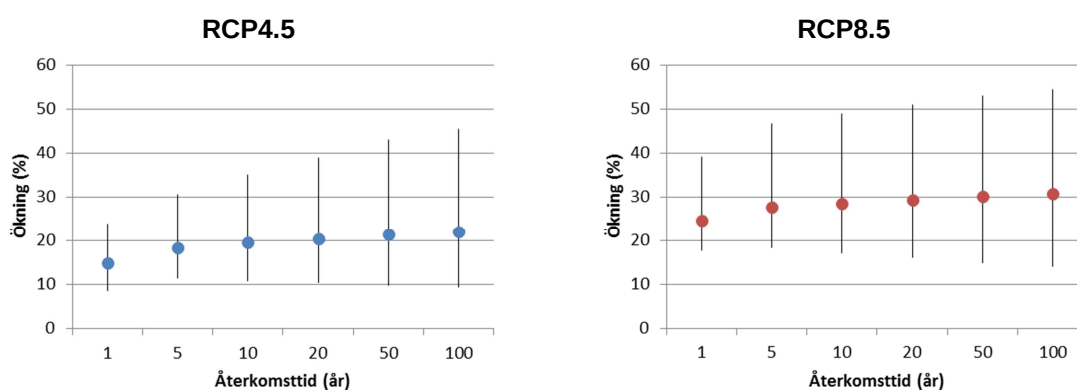
Det geografiska medelvärdet av årets största 7-dygnsnederbörd för perioden 1961-1990 är 73 mm, men som diagrammet visar varierar mängden mycket från år till år. Lokalt kan det förekomma större regnmängder. Scenarierna visar på en ökning av 7-dygnsnederbörden, RCP8.5 ger en ökning på ca 20 % till slutet av seklet jämfört med referensperioden och RCP4.5 visar på ca 15 procents ökning. Enligt båda scenarierna väntas de största mängderna i länets sydliga och västliga delar. Beräkningarna för RCP8.5 vid slutet av seklet har stora likheter med den regnrika perioden 1991-2013.

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 Västra Götalands 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.

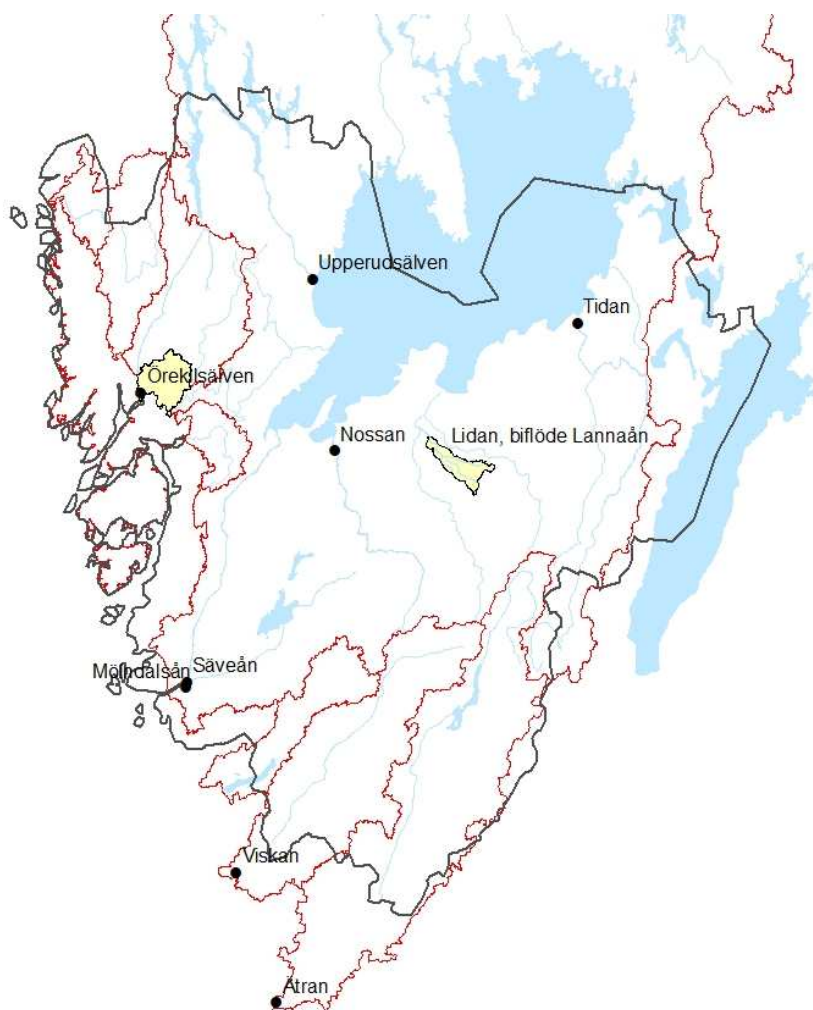


Figur 4. Procentuell förändring av nederbörd med varaktigheten 1 timme mellan perioderna 2069-2098 och 1961-1990 för Västra Götalands län. Punkterna representerar medianvärden och vertikala streck visar spridningen mellan de olika modellberäkningarna.

Den extrema 1-timmesnederbörden förväntas öka, och RCP8.5 visar på större förändring än RCP4.5. Ökningen (och även spridningen mellan de olika modellberäkningarna) är störst för de längre återkomsttiderna, dvs. de mer ovanliga extrema skurarna. Dock visar beräkningarna även på 15-25 % ökning för de årligen återkommande skurarna.

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. Västra Götalands 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 länet ses en ökning av årstillrinningen på 5-15% vid mitten av seklet. Diagrammen visar på en fortsatt ökning av total årsmedeltillrinning mot slutet av seklet men den procentuella ökningen varierar mellan de olika vattendragen.

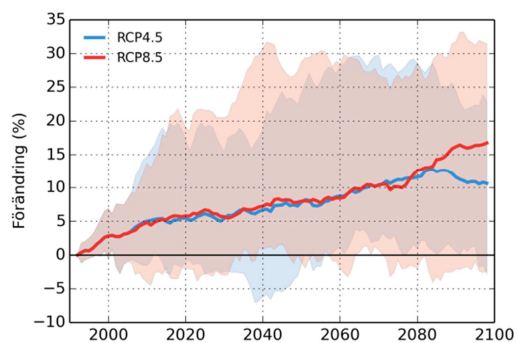
Den största förändringen av totala tillrinningen sker för vinterperioden på grund av mer regn och mildare vintrar. Mot mitten av seklet ses en generell ökning över länet men med variationer. Ökningen för de båda scenarierna är ungefär lika stor fram till mitten av seklet varefter skillnaden mellan dem tydliggörs. Diagrammen visar på en ökning av totala vintermedeltillrinningen på 30-50% vid slutet av seklet för samtliga vattendrag undantaget Upperusälven där ökningen ligger på 60-80%.

För sommaren och våren visar diagrammen på en minskning eller på oförändrade förhållanden för tillrinningen. Förändringen är störst under den andra halvan av seklet. Minskningen beror till största delen på att vinternederbörd i större utsträckning faller som regn och att mindre vatten därmed magasineras som snö till vårperioden samtidigt som avdunstningen ökar i det varmare klimatet.

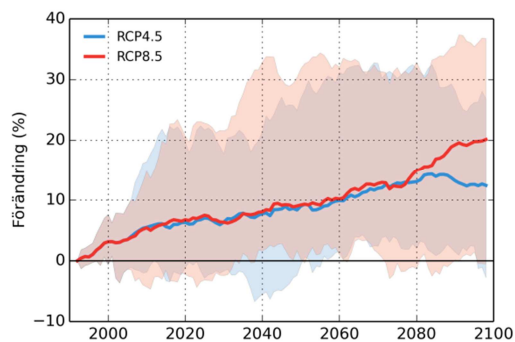
En viss ökad tillrinning ses för större delen av länet under hösten. Skillnaderna mellan de två scenarierna är små.

Förändrad total årsmedeltillrinning

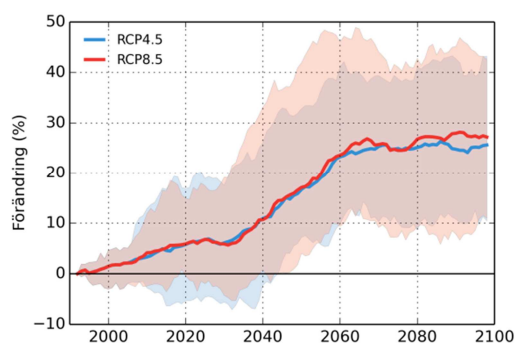
Ätran, mynning i Kattegatt



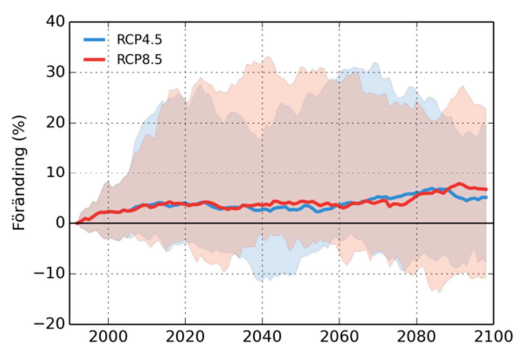
Viskan, mynning i Kattegatt



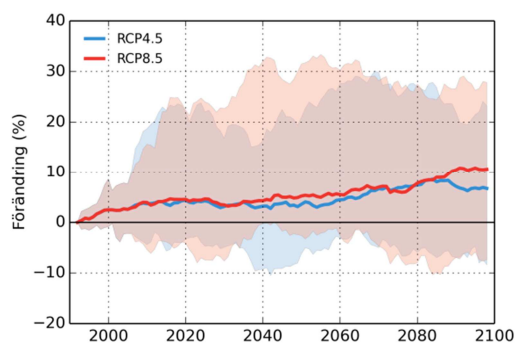
Uppersälven, mynning i Vänern



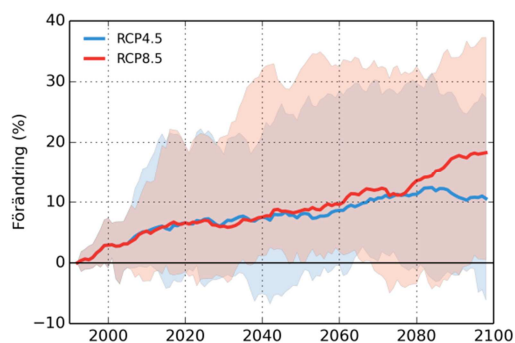
Tidan, mynning i Vänern



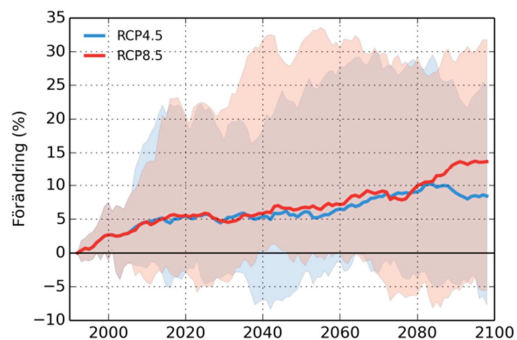
Nossan, mynning i Vänern



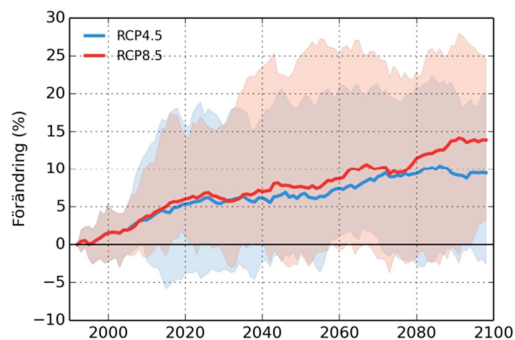
Mölnsån, mynning i Sävån



Sävån, mynning i Göta älv

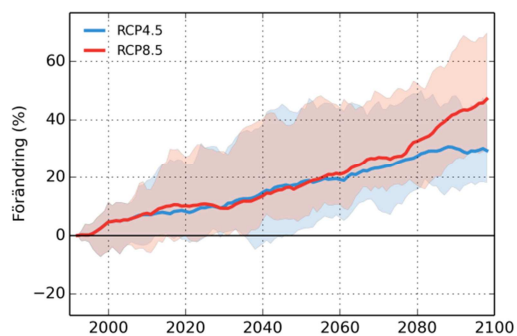


Örekilsälven, mynning i Skagerrak

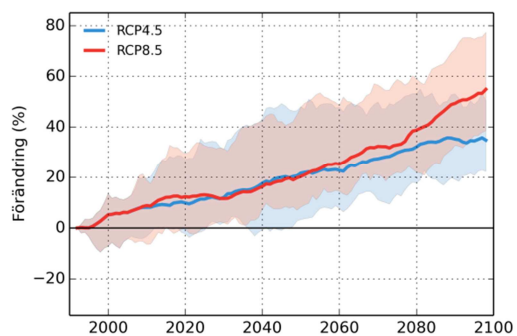


Förändrad total medeltillrinning vinter

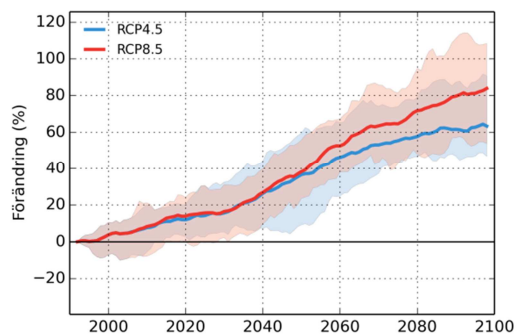
Ätran, mynning i Kattegatt



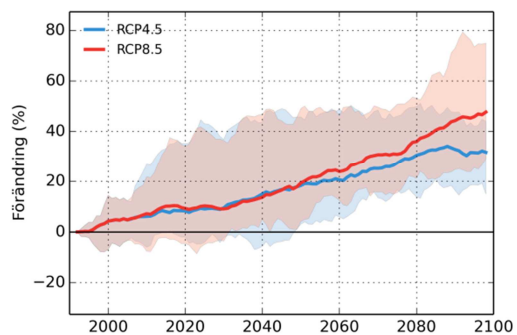
Viskan, mynning i Kattegatt



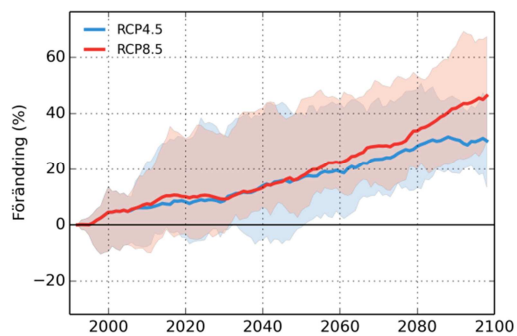
Upperusälven, mynning i Vänern



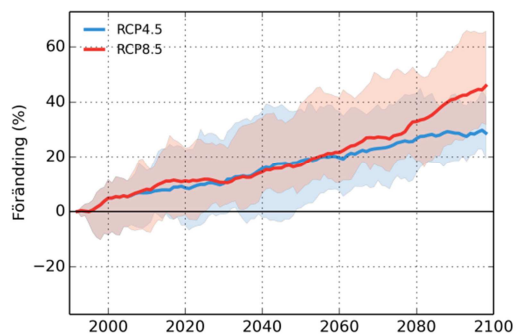
Tidan, mynning i Vänern



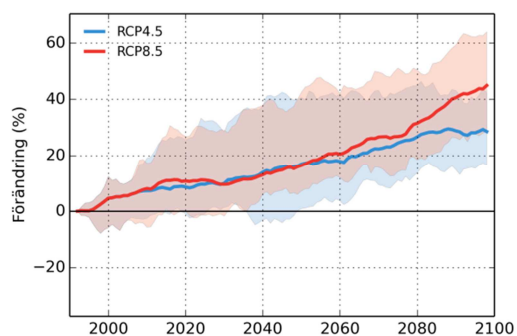
Nossan, mynning i Vänern



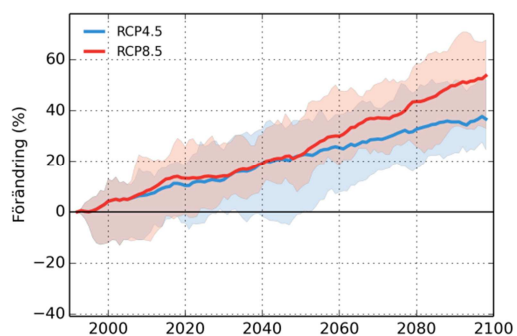
Mölnadsån, mynning i Säreån



Säreån, mynning i Göta älv

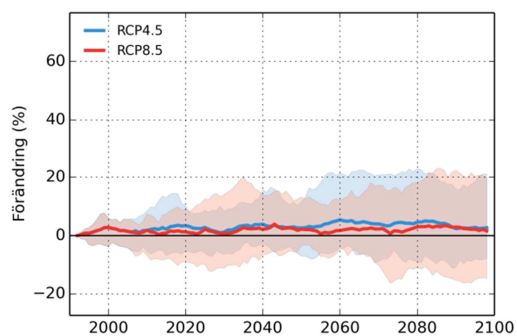


Örekilsälven, mynning i Skagerrak

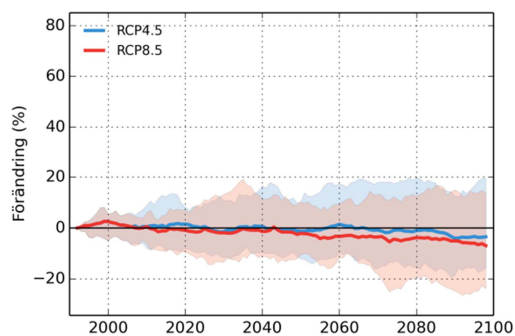


Förändrad total medeltillrinning vår

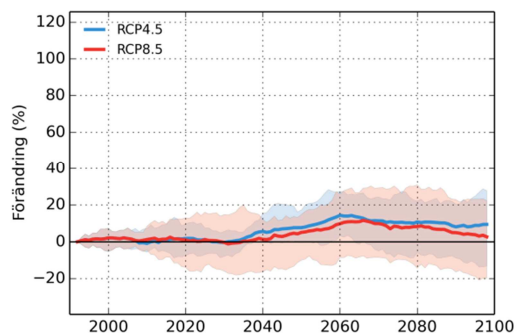
Ätran, mynning i Kattegatt



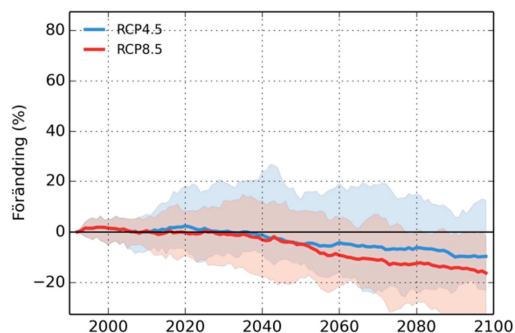
Viskan, mynning i Kattegatt



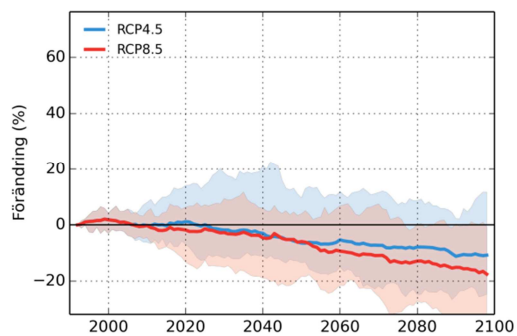
Upperusälven, mynning i Vänern



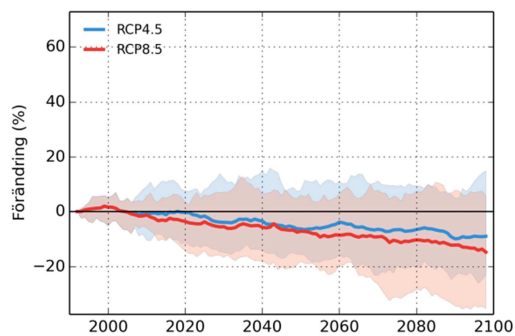
Tidan, mynning i Vänern



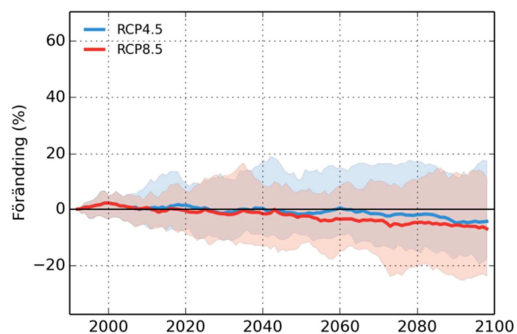
Nossan, mynning i Vänern



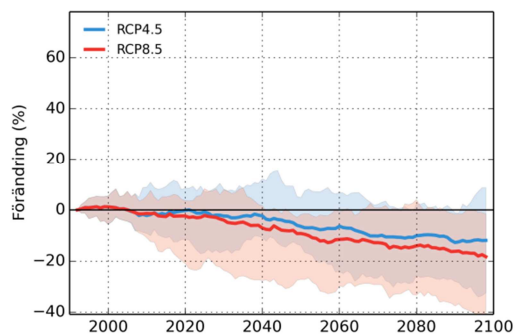
Mölnadsån, mynning i Säreån



Säreån, mynning i Göta älv

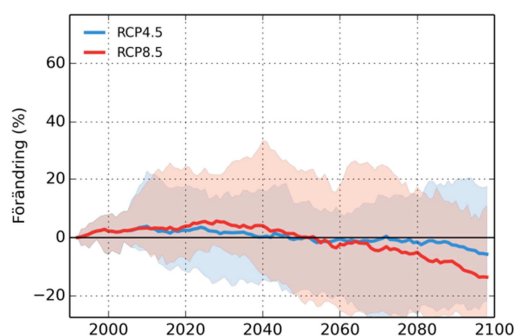


Örekilsälven, mynning i Skagerrak

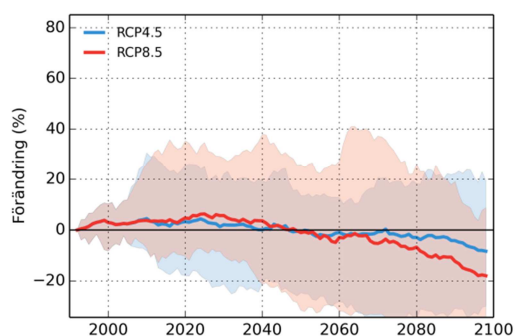


Förändrad total medeltillrinning sommar

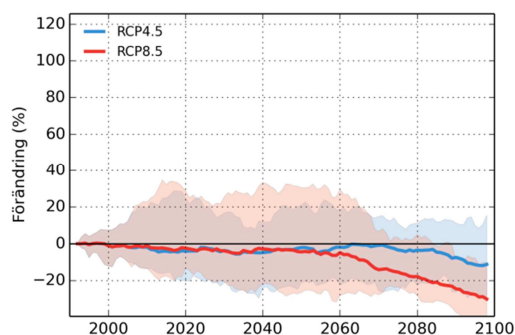
Ätran, mynning i Kattegatt



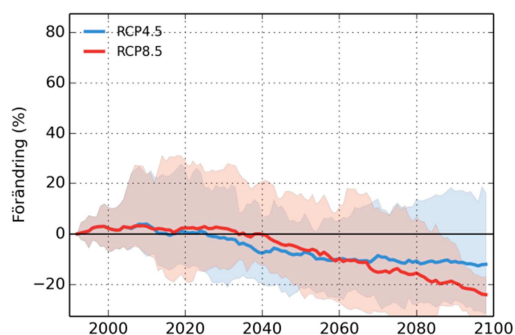
Viskan, mynning i Kattegatt



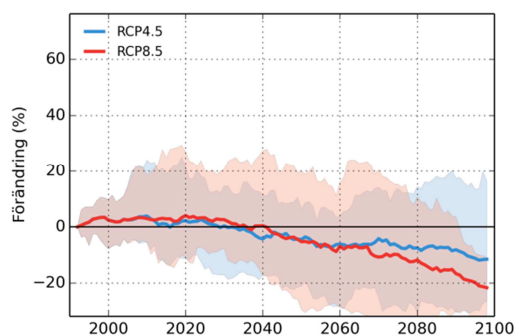
Upperusälven, mynning i Vänern



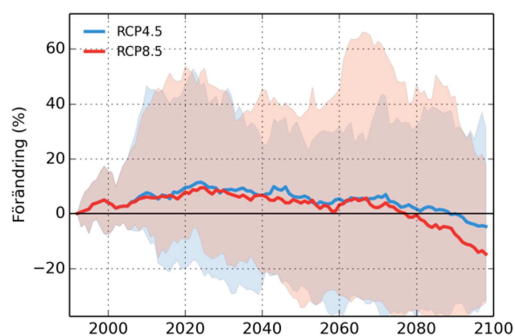
Tidan, mynning i Vänern



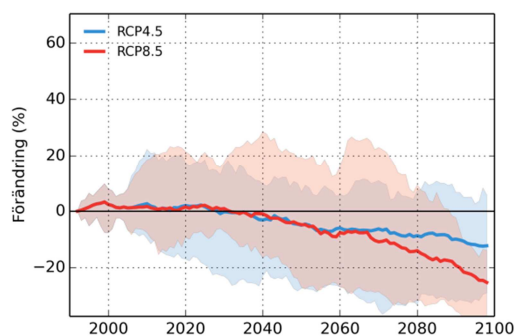
Nossan, mynning i Vänern



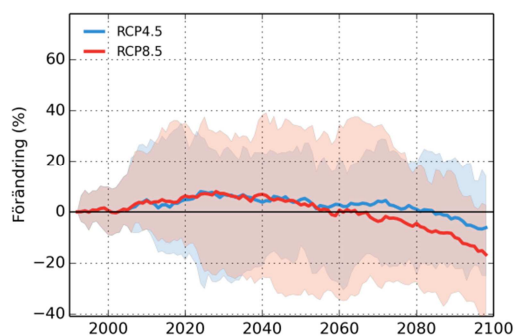
Mölnadsån, mynning i Säreån



Säreån, mynning i Göta älv

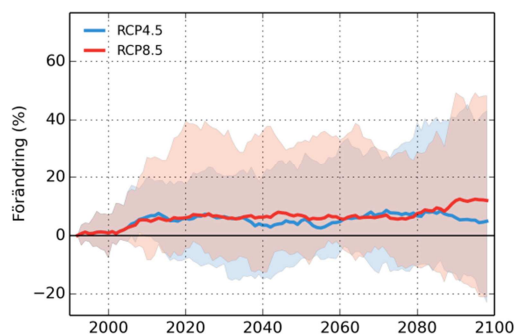


Örekilsälven, mynning i Skagerrak

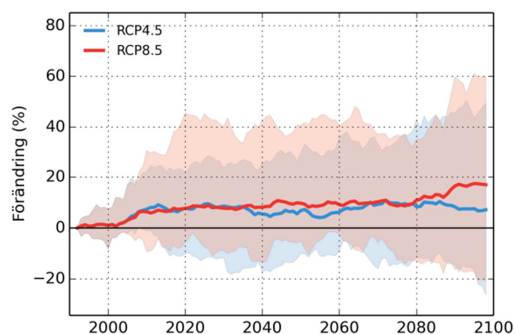


Förändrad total medeltillrinning höst

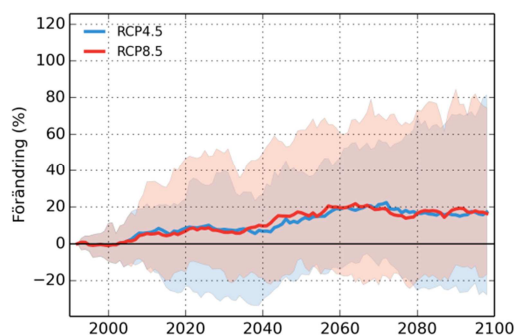
Ätran, mynning i Kattegatt



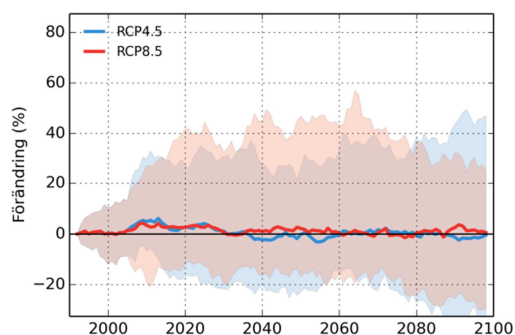
Viskan, mynning i Kattegatt



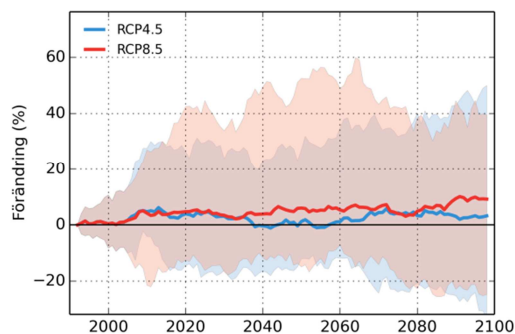
Upperusälven, mynning i Vänern



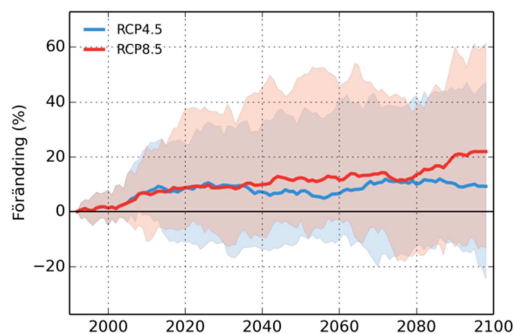
Tidan, mynning i Vänern



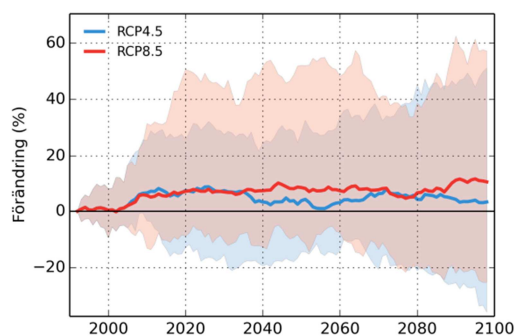
Nossan, mynning i Vänern



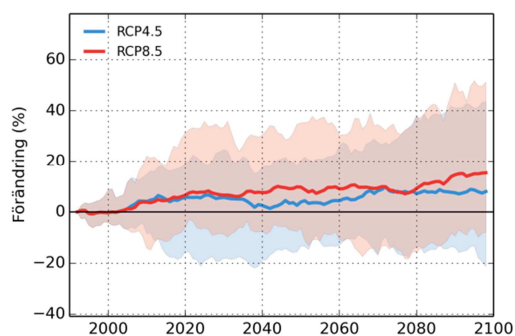
Mölnadsån, mynning i Säreån



Säreån, mynning i Göta älv

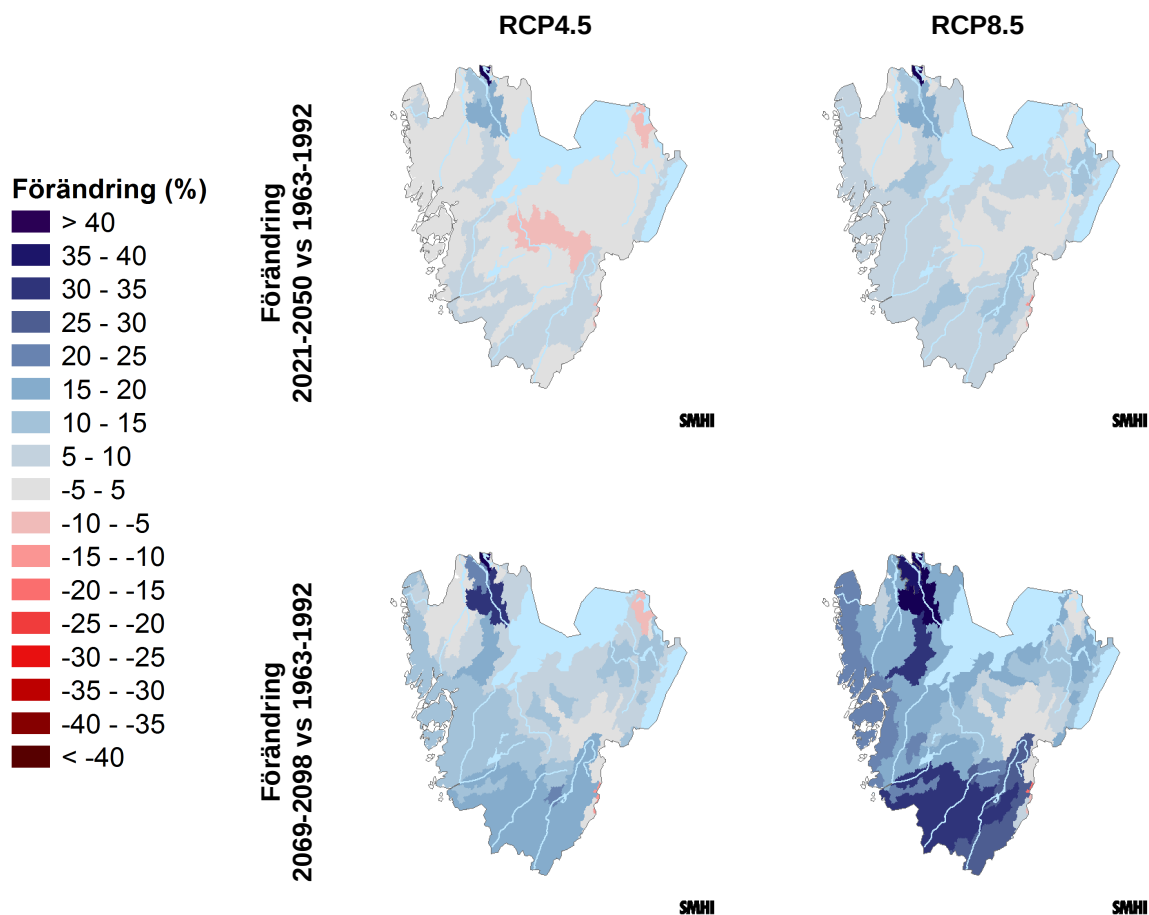


Örekilsälven, mynning i Skagerrak



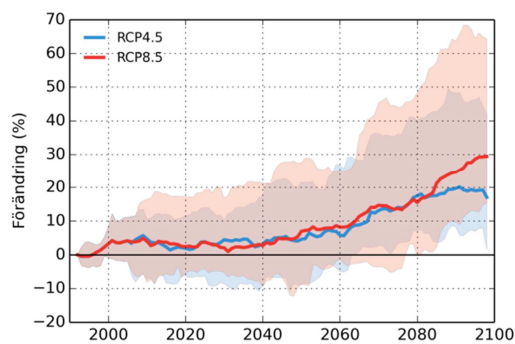
6.2 Förändrad total 10-årstillrinning

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.

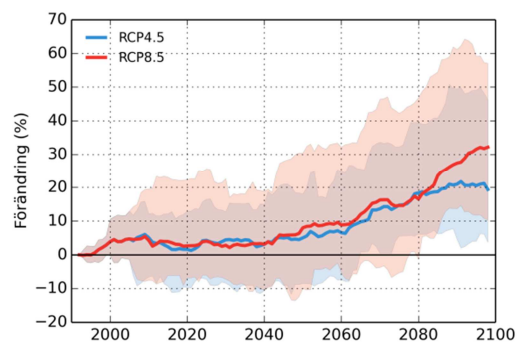


För flöden med återkomsttid 10 år är de beräknade framtida förhållandena i länet lite blandade. Mot slutet av seklet ser de sydliga och västliga delarna av länet ut att få ökade 10-årsflöden. Diagrammen visar på en ökning för samtliga vattendrag men variationerna är stora från år till år.

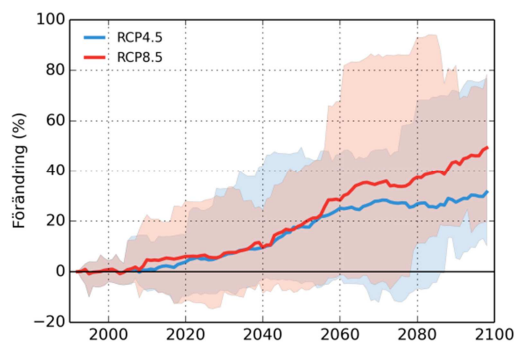
Ätran, mynning i Kattegatt



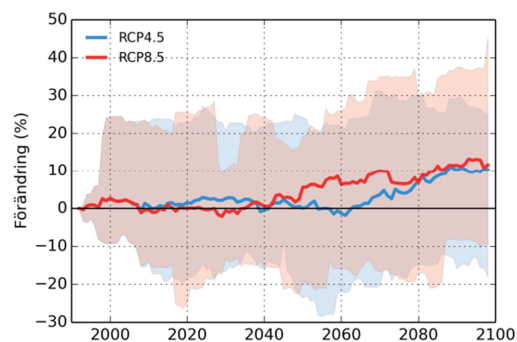
Viskan, mynning i Kattegatt



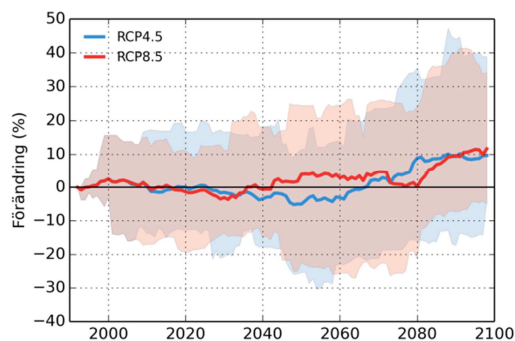
Upperudsälven, mynning i Vänern



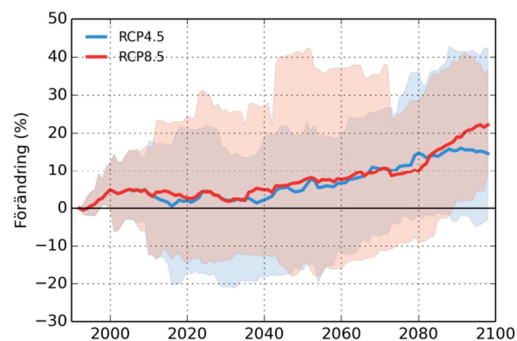
Tidan, mynning i Vänern



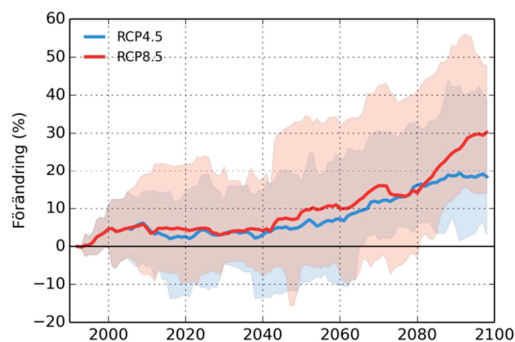
Nossan, mynning i Vänern



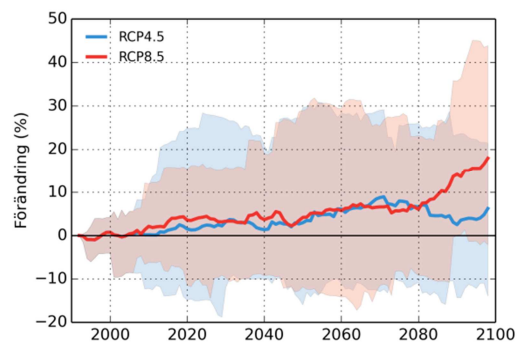
Mölnadsån, mynning i Säreån



Säreån, mynning i Göta älv

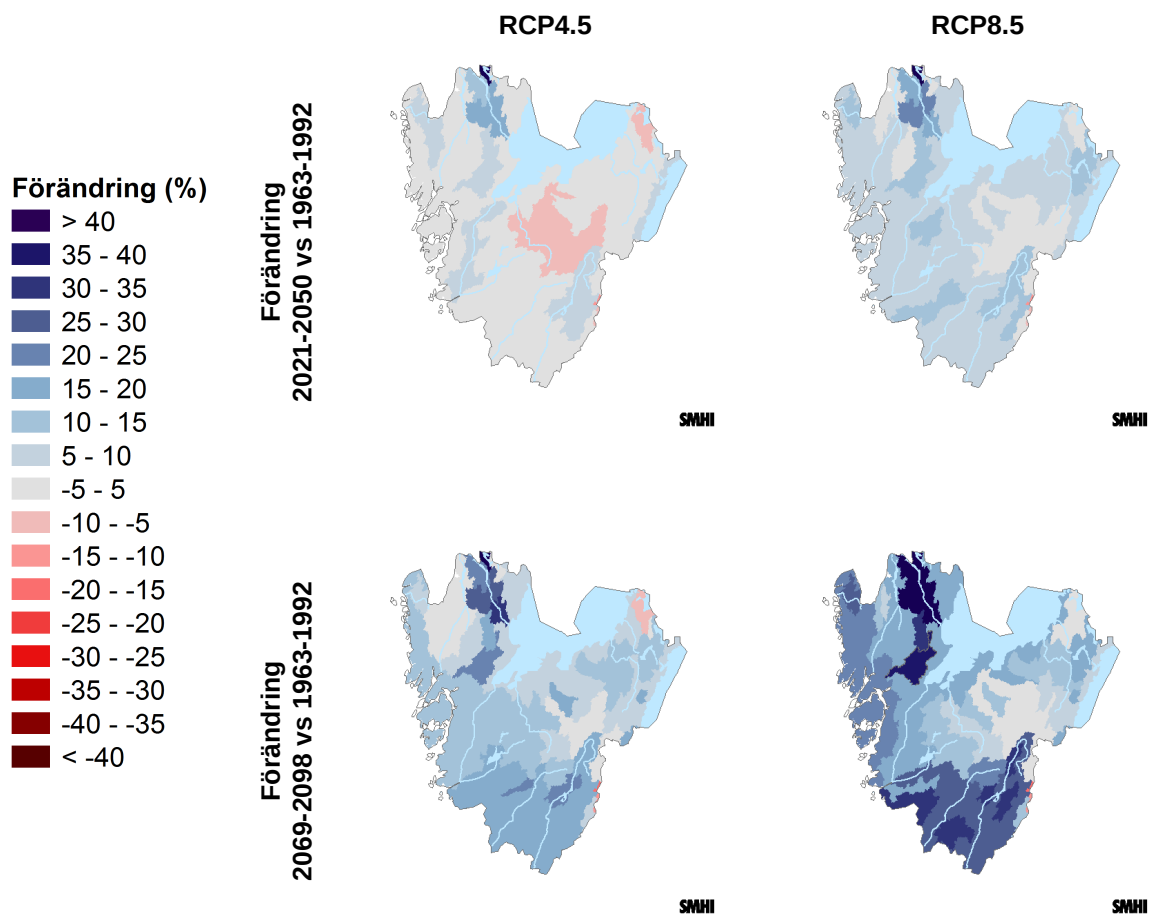


Örekilsälven, mynning i Skagerrak



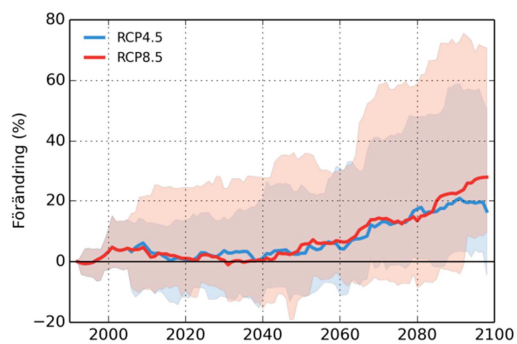
6.3 Förändrad total 100-årstillrinning

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.

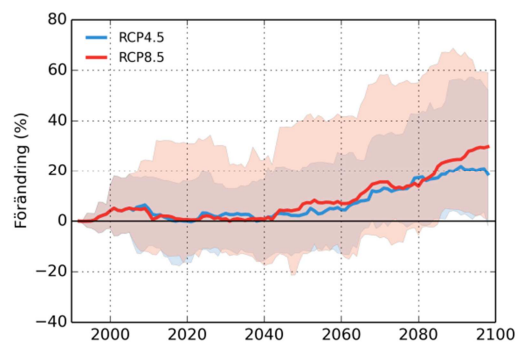


Kartorna uppvisar stora likheter med 10-årstillrinningen med ökande 100-årstillrinning i de sydliga och västliga delarna av länet. Även diagrammen uppvisar samma utveckling som för 10-årstillrinningen med ökande 100-årstillrinning.

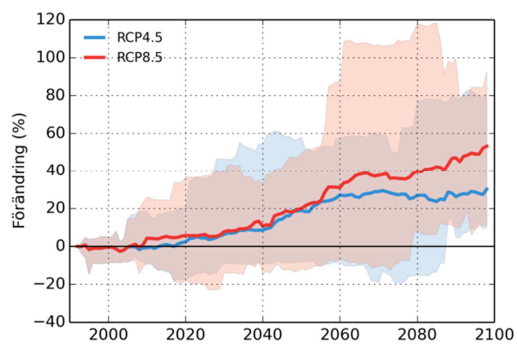
Ätran, mynning i Kattegatt



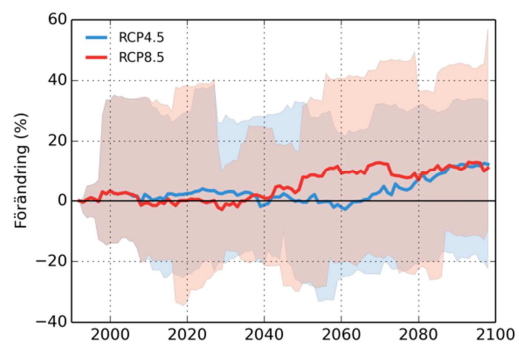
Viskan, mynning i Kattegatt



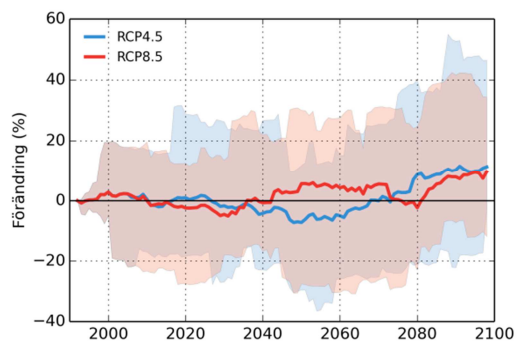
Upperudsälven, mynning i Vänern



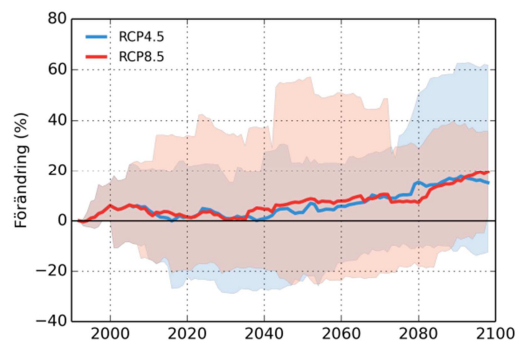
Tidan, mynning i Vänern



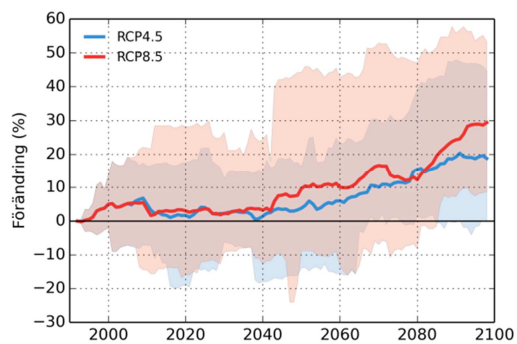
Nossan, mynning i Vänern



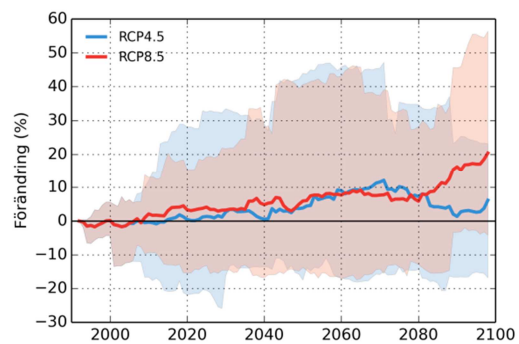
Mölnålsån, mynning i Säreån



Säreån, mynning i Göta älv



Örekilsälven, mynning i Skagerrak



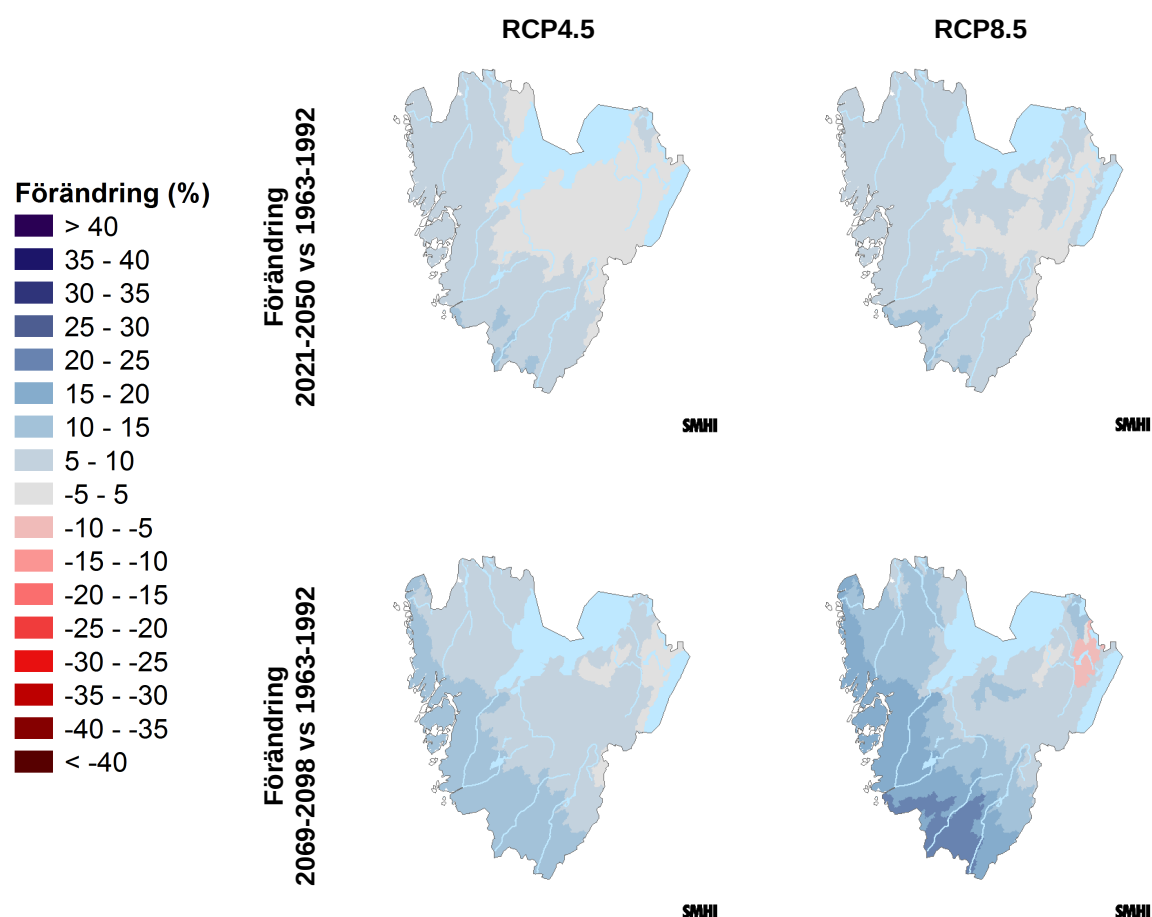
7 Lokal medeltillrinning

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 de två delavrinningsområdena Lidan och Örekilsälven (mynning i Skagerrak), se markeringar i Figur 5.

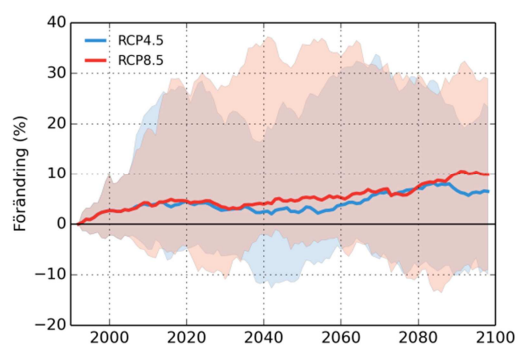
7.1 Förändrad lokal årsmedeltillrinning

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

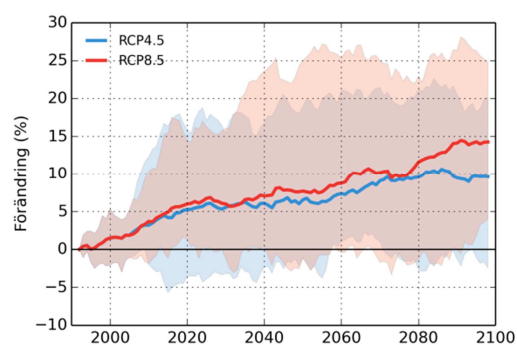


² Med vattenföring eller vattenflöde menas den mängd vatten per tidsenhet som rinner fram i ett vattendrag

Lidan, biflöde Lannaån



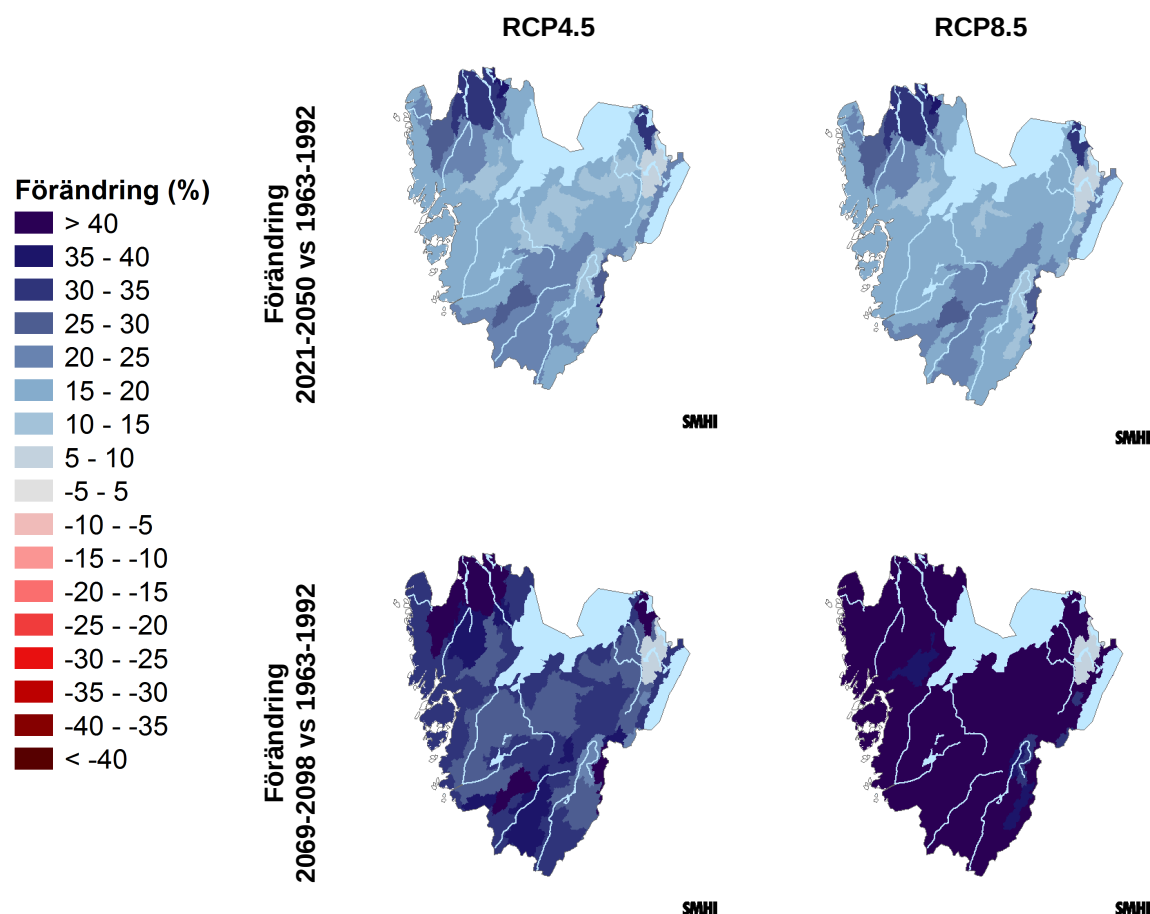
Örekilsälven, mynning i Skagerrak



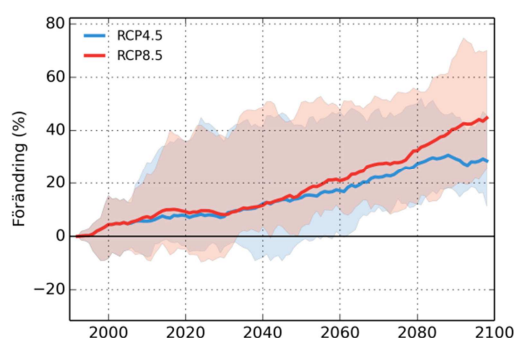
Den lokala årsmedeltillrinningen ökar enligt scenarierna främst i de sydliga delarna medan de nordöstra delarna visar på små förändringar och i vissa fall minskad lokal årsmedeltillrinning. Av diagrammen framgår att tillrinningen ökar både för Örekilsälven och för Lidan. Skillnaderna mellan de båda scenarierna är små.

7.2 Förändrad lokal medeltillrinning vinter

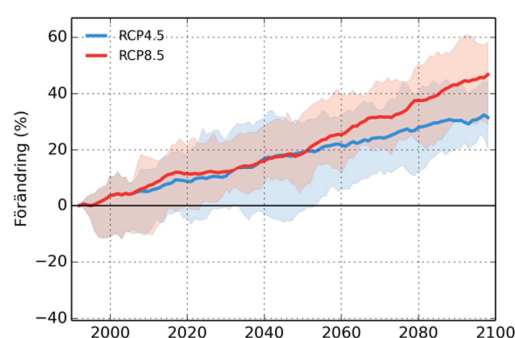
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under vintern, här definierad som perioden december-februari.



Lidan, biflöde Lannaån



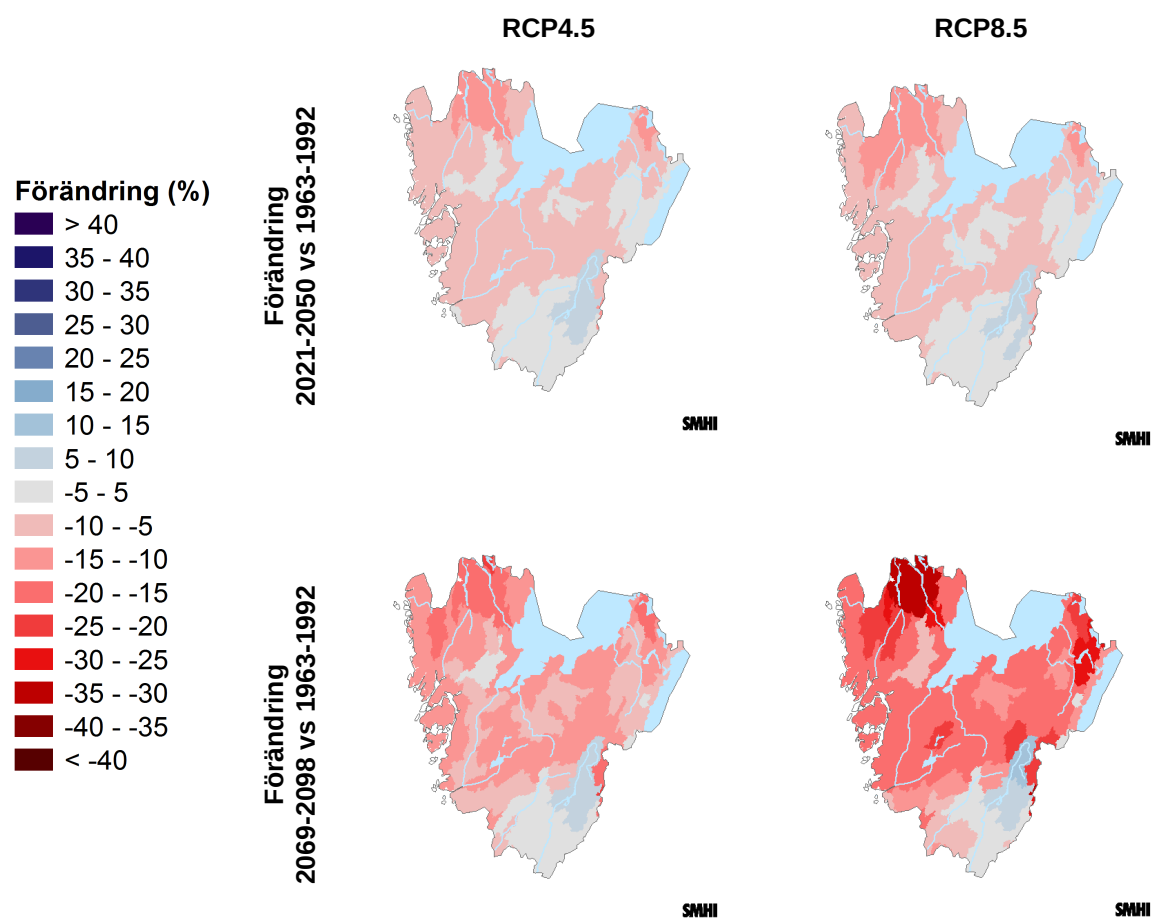
Örekilsälven, mynning i Skagerrak



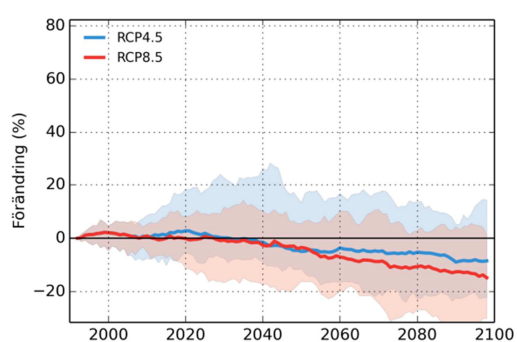
Den största förändringen av lokala tillrinningen sker liksom för den totala tillrinningen under vinterperioden på grund av mer nederbörd och mildare vintrar. Både för Örekilsälven och Lidan följs scenarierna åt till mitten av seklet för att därefter skiljas åt. RCP8.5 visar en ökning med drygt 40 % för båda områdena vid slutet av seklet och RCP4.5 en ökning på ca 30 %.

7.3 Förändrad lokal medeltillrinning vår

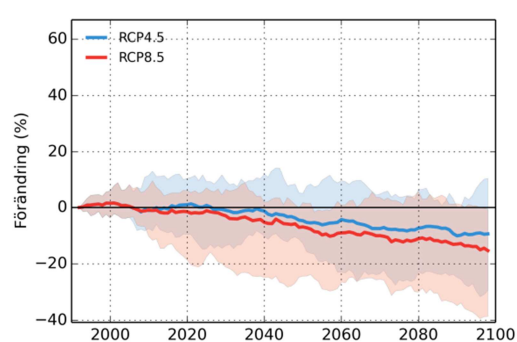
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under våren, här definierad som perioden mars-maj.



Lidan, biflöde Lannaån



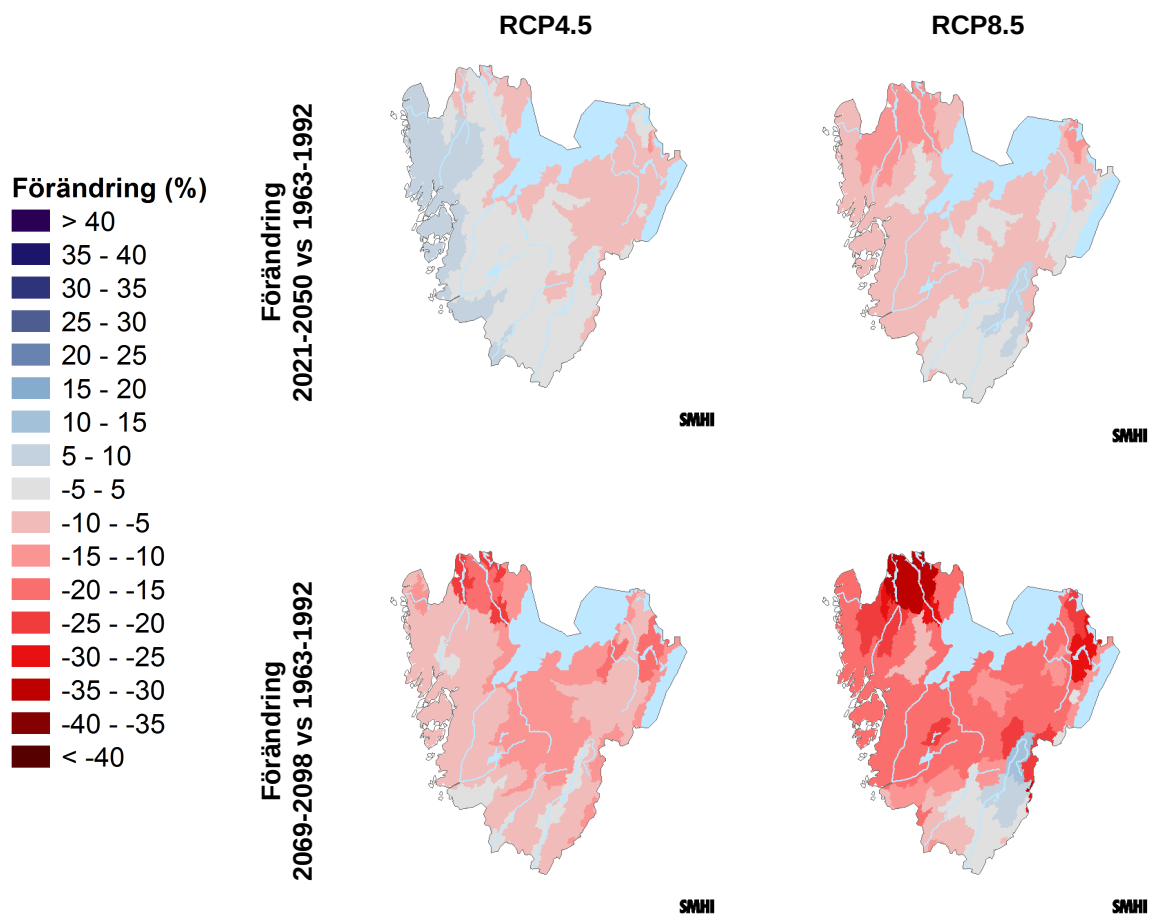
Örekilsälven, mynning i Skagerrak



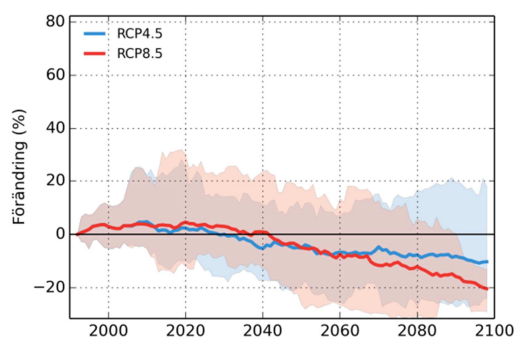
Den lokala tillrinningen under våren minskar för större delen av länet. Minskningen beror till största delen på att vinternederbörd i större utsträckning faller som regn och mindre vatten därmed magasineras som snö till vårperioden. Örekilsälven och Lidan visar på minskande tillrinning under våren och minskningen är störst för RCP8.5.

7.4 Förändrad lokal medeltillrinning sommar

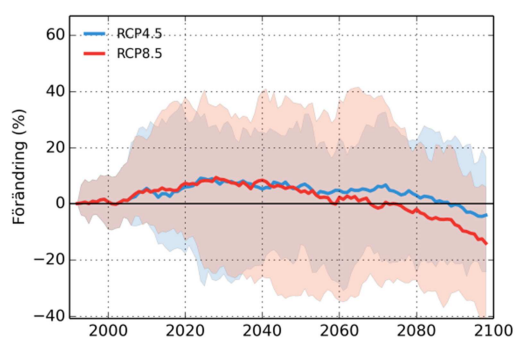
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under sommaren, här definierad som perioden juni-augusti.



Lidan, biflöde Lannaån



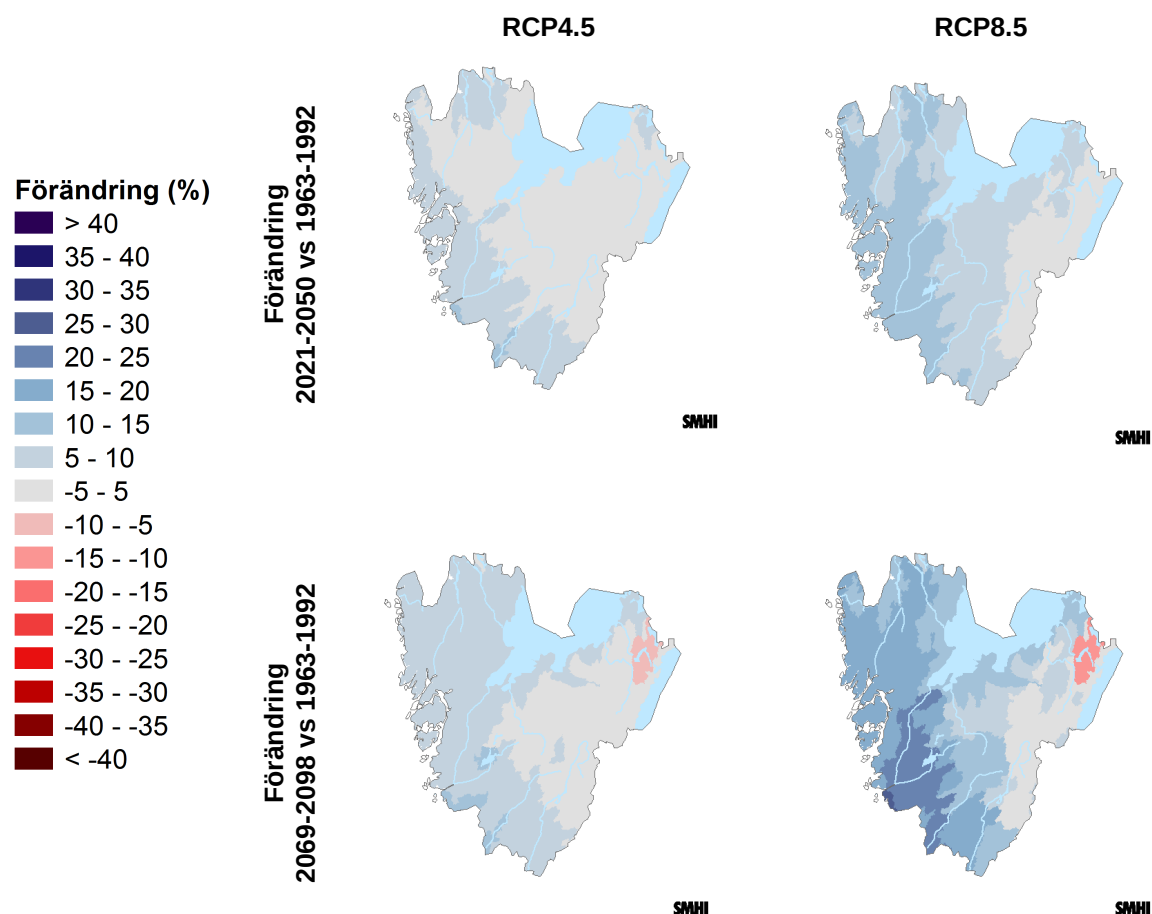
Örekilsälven, mynning i Skagerrak



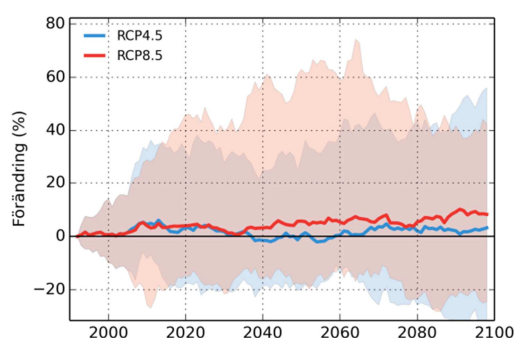
För sommarperioden visar scenarierna generellt på en minskad tillrinning. Minskningen beror på att avdunstningen ökar i det varmare klimatet. Diagrammen visar på små förändringar fram till mitten av seklet. Vid slutet av seklet blir dock trenden med en minskad tillrinning tydlig även i diagrammen.

7.5 Förändrad lokal medeltillrinning höst

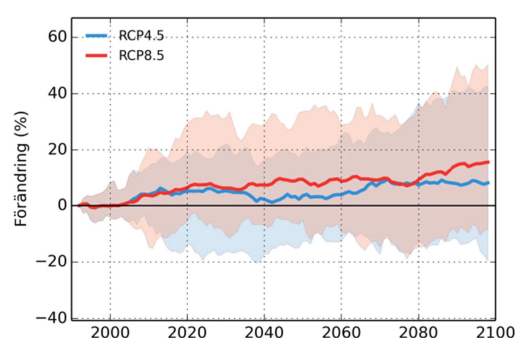
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under hösten, här definierad som perioden september-november.



Lidan, biflöde Lannaån



Örekilsälven, mynning i Skagerrak

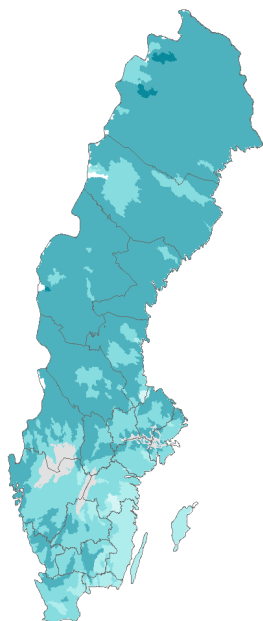


För höstperioden kan ökad lokal tillrinning väntas främst i de västra delarna av länet, dock inte lika stor som under vintern. Lidan uppvisar ingen förändring av flödet under första delen av seklet och för den senare delen små förändringar på maximalt upp mot 10 %. För Örekilsälven syns en succesiv svag ökning av den lokala tillrinningen

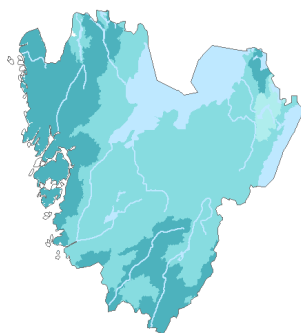
7.6 Antal dagar med lågvatten

Beräknat 1961-1990

Antal dagar då tillrinningen är lägre än medellågtillrinningen för perioden 1963-1992. Indexet är intressant för långtidsplanering av vattentillgångar för dricksvatten och bevattning.

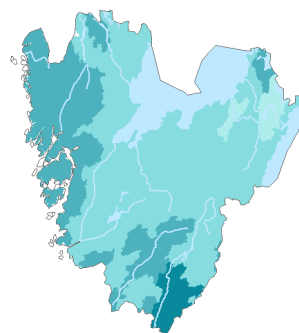


Beräknat 1961-1990



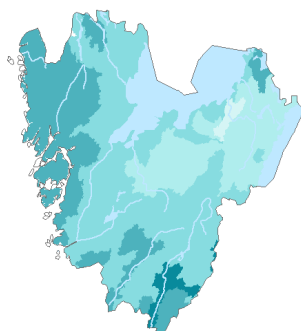
SMHI

Beräknat 1991-2013



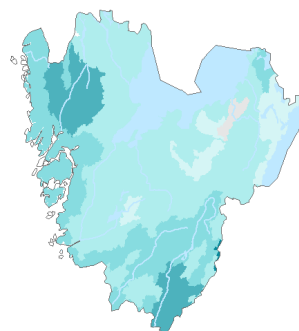
SMHI

Beräknat 2021-2050



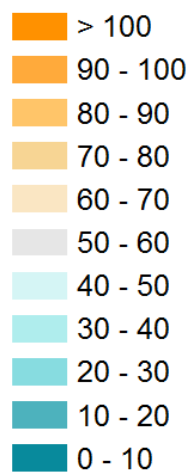
SMHI

Beräknat 2069-2098



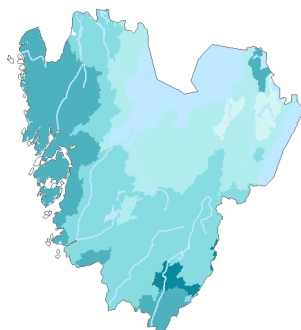
SMHI

Antal Dagar

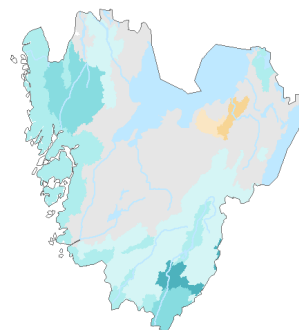


RCP4.5

RCP8.5

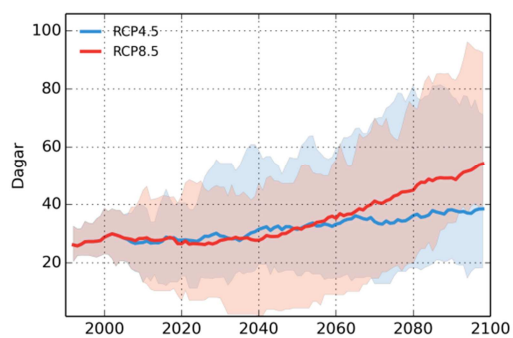


SMHI

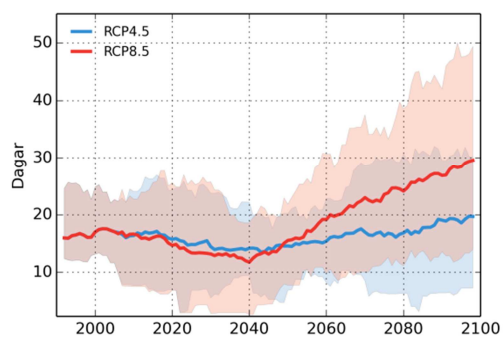


SMHI

Lidan, biflöde Lannaån



Örekilsälven, mynning i Skagerrak



Antalet dagar då tillrinningen är låg ökar under senare delen av seklet och är störst för RCP8.5. För Örekilsälven ökar antalet dagar till 20-30 och för Lidan ökar antalet till 40-55 dagar. Fram till mitten av seklet är förändringarna av tillrinningen ringa och skillnaderna mellan scenarierna små.

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.

Vattendragen uppvisar för södra Sverige typiska drag, med hög vintertillrinning och en relativt lång vegetationsperiod med låga flöden. För avrinningsområdena Upperudsälven, Tidan och Örekilsälven ses en tydlig flödestopp på våren, den s.k. vårfloden.

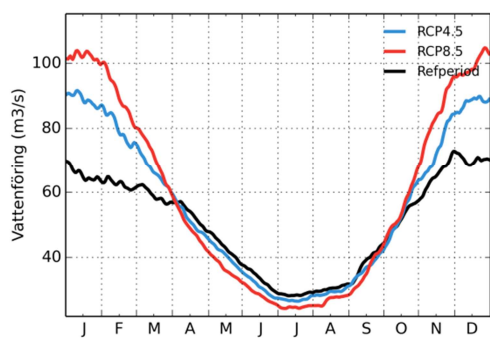
Framtidsscenarierna visar på högre vinterflöden och vårflödestopparna har förvunnit. Det beror på mer nederbörd under vintern och högre temperaturer gör att nederbörden inte lagras som snö utan rinner av vintertid. Därmed uteblir också vårflödestoppen.

Diagrammen visar även på en längre säsong med lägre flöden vilket kan kopplas till en längre vegetationsperiod. Växterna tar upp mer vatten och det når då inte vattendragen.

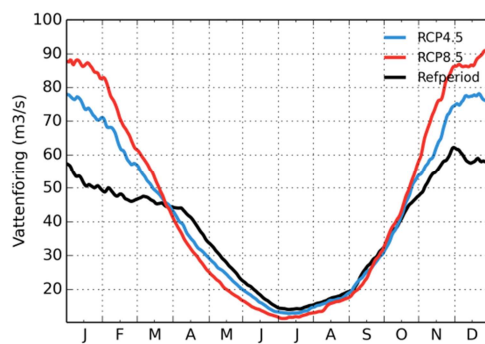
RCP8.5 ger högre vintertillrinning och lägre sommartillrinning samt längre period med låg tillrinning än vad RCP4.5 ger.

Diagrammen visar medelvärden och därmed framträder de typiska dragen tydligare men variationen mellan år är stor.

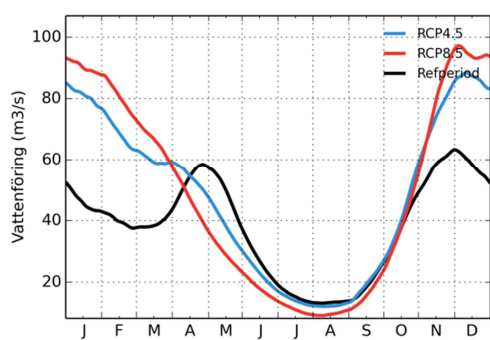
Ätran, mynning i Kattegatt



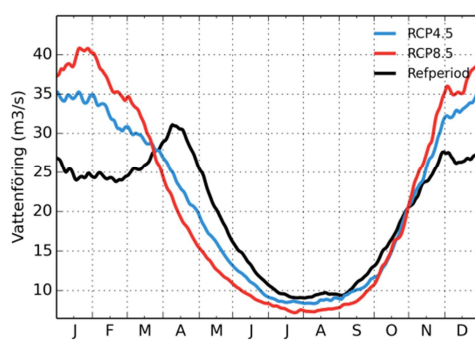
Viskan, mynning i Kattegatt



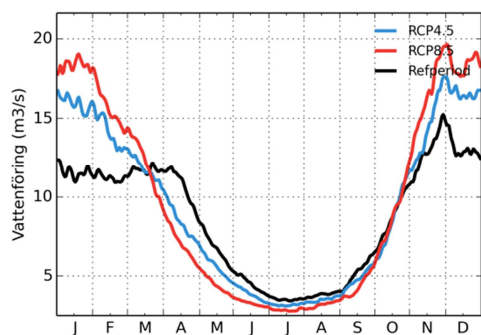
Uppersälven, mynning i Vänern



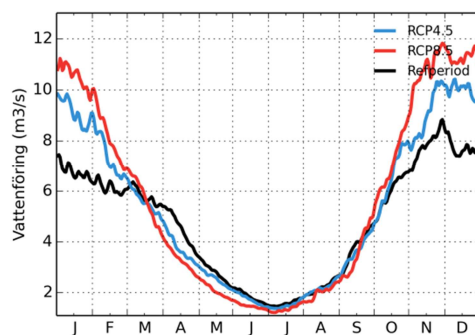
Tidan, mynning i Vänern



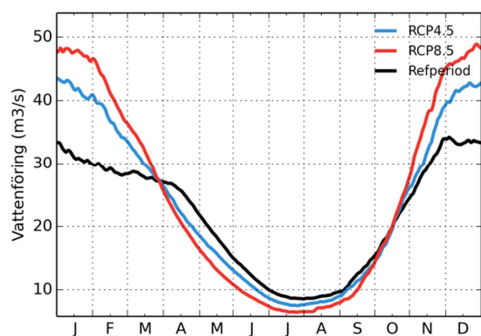
Nossan, mynning i Vänern



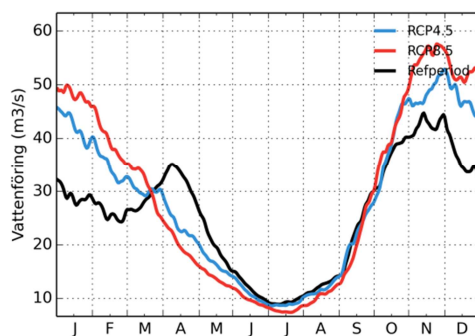
Mölnålsån, mynning i Säreån



Säreån, mynning i Göta älv

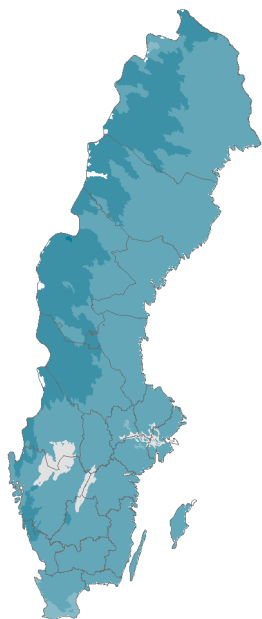


Örekilsälven, mynning i Skagerrak



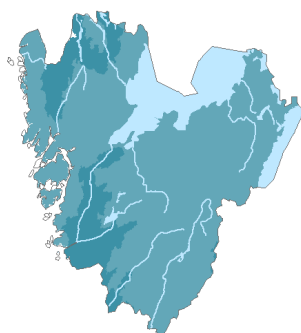
9 Markfuktighet

Beräknat 1961-1990



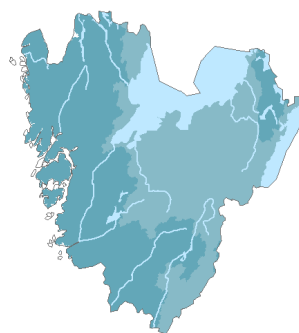
Antal dagar per år med låg markfuktighet. Indexet baseras på referensperiodens medelvärde av varje års lägsta markfuktighet. Indexet kan ha intresse för långtidsplanering av bevattningsbehov och grödval samt skogsbrandriskbedömning och skogsvårdsinsatser.

Beräknat 1961-1990



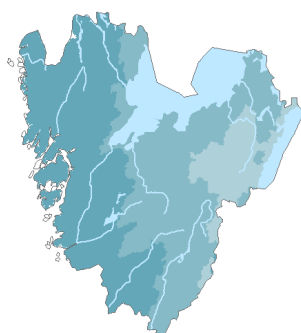
SMHI

Beräknat 1991-2013



SMHI

Beräknat 2021-2050



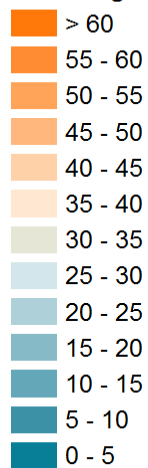
SMHI

Beräknat 2069-2098



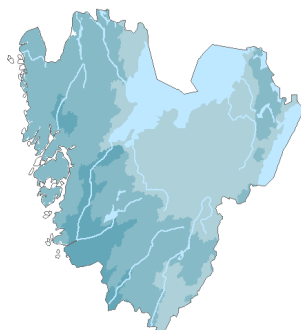
SMHI

Antal dagar

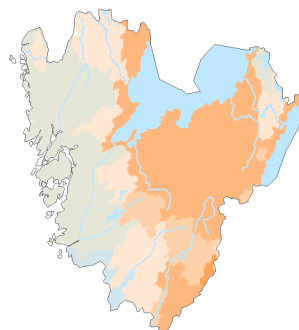


RCP4.5

RCP8.5

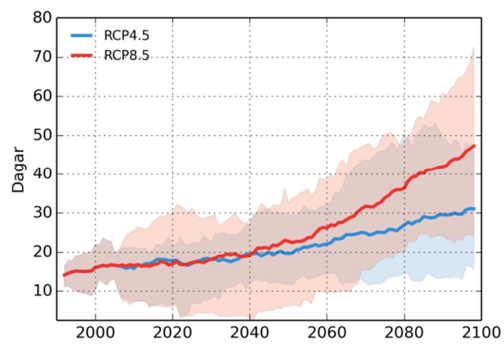


SMHI

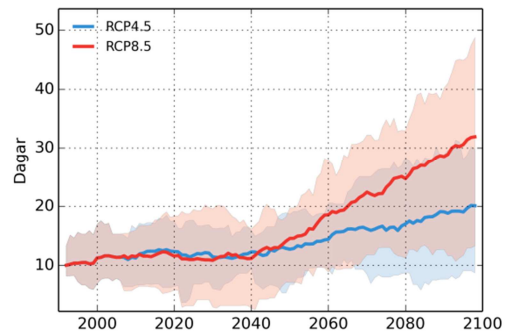


SMHI

Lidan, biflöde Lannaån



Örekilsälven, mynning i Skagerrak



Antal dagar med låg markfuktighet är flest i länets östra delar. Perioden 1991-2013 har haft fler dagar med låg markfuktighet jämfört med 1961-1990. Denna tendens fortsätter under seklet och de två RCP-scenarierna visar på en relativt stor ökning av antal dagar vid seklets slut. I de östra delarna av Västra Götalands län visar RCP8.5 på 35-55 dagar med låg markfuktighet vid seklets slut jämfört med perioden 1991-2013 där antalet dagar ligger på ca 15 dagar i samma område.

Örekilsälvens avrinningsområde har i dagens klimat ca 10 dagar med låg markfuktighet och Lidans avrinningsområde ca 15 dagar. Antalet dagar ökar långsamt men efter mitten på seklet sker ökningen snabbare i båda områdena.

10 Slutsatser

Hur klimatet i Västra Götalands 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 Västra Götaland låg för perioden 1961-1990 på ca 6°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 ca 3 grader medan RCP8.5 hamnar på ca 5 grader.

I och med uppvärmningen ökar **vegetationsperiodens** längd, för RCP4.5 med drygt 50 dagar och för RCP8.5 ca 90 dagar vid slutet av seklet. **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.

En varmare atmosfär innebär högre avdunstning och snabbare cirkulation vilket ger mer nederbörd. Analyserna av års**medelnederbörd** bekräftar större regnmängder i det framtida klimatet. Årsmedelnederbörden väntas öka med 12 % för RCP4.5 och ca 25 % för RCP8.5. Nederbörden ökar mest vintertid och vid slutet av seklet visar RCP8.5 på ca 40 % ökning. Den kraftiga nederbörden ökar också, maximal dygnsnederbörd kan öka med 10- 20% beroende på RCP-scenario.

För länet ses en ökning av totala årstillrinningen med 5-15 % vid mitten av seklet. Ökningen fortsätter mot slutet av seklet men den procentuella ökningen varierar mellan de olika vattendragen. Den procentuellt största ökningen sker vintertid. För sommaren och våren visar diagrammen på en minskning eller på oförändrade förhållanden för tillrinningen. Förändringen är störst under den andra halvan av seklet.

Tillrinning med **återkomsttid** 10 år respektive 100 år beräknade för framtida förhållandena är lite blandade. I länets sydvästliga delar ser dock tillrinningen för återkomsttiderna ut att öka.

Framtidsscenarierna visar på högre vinterflöden och vårflodestopparna har försvunnit. Diagrammen visar även på en längre säsong med lägre flöden under sommaren.

Antalet dagar med låg markfuktighet ökar i framtiden. Från dagens 5-15 dagar till 20-50 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>
- 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., Maskell, K. and Johnson, 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>
- Persson G., Andréasson J., Eklund D., Hallberg K., Nerheim S., Sjökvist E., Wern L. och Åström S. 2011. Klimatanalys för Västra Götalands län. SMHI rapport nr 2011-45.
- 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:

- | | |
|--|---|
| <p>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</p> <p>2 Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>5 Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012</p> | <p>6 Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige</p> <p>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)</p> <p>8 Att begränsa klimatförändringar (2014) (Ej publicerad)</p> <p>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</p> <p>10. Risker och konsekvenser för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt (2014)</p> <p>11. Gunn Persson (2015)
Vägledning för användande av klimatscenarier</p> <p>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</p> |
|--|---|

13. Gunn Persson (2015)
Sveriges klimat 1860-2014. Underlag till Dricksvattenutredningen.
14. Anna Eklund (2015)
Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattensutredningen.
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.
18. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Örebro län – enligt RCP-scenarier.
19. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västmanlands län – enligt RCP-scenarier.
20. Elin Sjökvist, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson (2015)
Framtidsklimat i Uppsala län – enligt RCP-scenarier.
21. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier.
22. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Södermanlands län – enligt RCP-scenarier.
23. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Östergötlands 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