

Rapport

Diarienummer
424-5040-2013



Klimatanalys för Jämtlands län

SMHI rapport 2013:69



Länsstyrelsen
Jämtlands län

Omslagsbild

Hotagens sameby. Fotograf: Christer Olofsson

Utgiven av

Länsstyrelsen Jämtlands län
Januari 2014

Beställningsadress

Länsstyrelsen Jämtlands län
831 86 Östersund
Telefon 010-225 30 00

Ansvarig

Elin Andersson

Innehåll och analys

SMHI: Gunn Persson, Dan Eklund, Alexandra Ohlsson, Elin Sjökvist och Magnus Asp

Löpnummer

2014:4

Diarienummer

424-5040-2013

Publikationen kan laddas ner från Länsstyrelsens hemsida
www.lansstyrelsen.se/jamtland



Författare:
Gunn Persson m.fl.

Uppdragsgivare:
Länsstyrelsen Jämtland

Rapportnr:
2013-69

Granskningsdatum:
2014-01-08

Granskare:
Johan Andréasson

Dnr:
2013/1310/9.5

Version:
1.2

Klimatanalys för Jämtlands län

Uppdragstagare
SMHI
601 76 Norrköping

Projektansvarig
Lennart Larsson
011-495 8430
lennart.larsson@smhi.se

Uppdragsgivare
Länsstyrelsen Jämtland

Kontaktperson
Elin Andersson

Distribution

Klassificering
(x) Allmän

Nyckelord
Klimatanalys, klimatsammanställning, klimatscenarier, hydrologiska förändringar

Övrigt

Sammanfattning

Länsstyrelsen Jämtland har av SMHI beställt en klimatanalys inriktad på meteorologiska parametrar och vattenflöden. SMHI har utfört en regional klimatanalys för perioden fram till slutet av detta sekel för Jämtlands län. Syftet var att klargöra konsekvenserna av ett förändrat klimat, speciellt med avseende på temperatur, nederbörd och vattenföringsdynamik utgående från ett underlag baserat på tillgängliga nedskalade regionala klimatscenarier applicerade på länet. Klimatanalysen kompletteras med sammanställningar av tidigare rapporter om framtida klimatförändringar i fjällområdet, tjäle och brandrisker. Rapporten har utarbetats vid SMHIs avdelning för Affärsverksamhet.

Arbetet grundar sig på observationer, beräkningar och analyser från SMHI, klimatscenarier från den internationella klimatforskningen samt tidigare studier av klimatförändringarnas konsekvenser. Framtidsberäkningarna avser tidsperioden fram till år 2100. För att ge en bild av de osäkerheter som råder om framtidens klimat har ett flertal klimatscenarier använts. De flesta baseras på utsläppsscenario SRES A1B. I studien används den internationella standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod. Följande huvuddrag framgår av beräkningarna för Jämtlands län:

För perioden 1961-1990 var länets årsmedeltemperatur 1,0°C. Klimatberäkningarna visar en successiv och tydlig ökning av årsmedeltemperaturen under det innevarande seklet med i medeltal ca 4°C. Alla säsonger visar en temperaturuppgång men den är mest framträdande för vintern med i medeltal ca 6 grader över länet. Det regionala temperaturmönstret kvarstår med varmare förhållanden i de östra delarna av länet och svalare på de mer höglänta områdena.

Framtidsberäkningarna visar på en allt tidigare start och allt senare slut av vegetationsperioden. Vid slutet av seklet börjar vegetationsperioden i slutet av april och slutar i slutet av oktober, en ökning med ca 50 dagar i genomsnitt.

Årsmedelnederbörden ökar successivt till ca +20% vid seklets slut i relation till referensperioden 1961-1990, men med stor variation mellan åren. Den tydligaste nederbördsökningen ses för vintern med uppemot 40%. För sommaren ses ingen markant framtida nederbördsökning. De kraftiga regnen beräknas dock öka. För regn med 30 minuters varaktighet beräknas ökningen bli ca 30%. För regn med längre varaktigheter ses en ökning med ca 20%.

Årsmedelvattenföringen ökar generellt i länet. Vårflödestopparna minskar och förskjuts till tidigare på säsongen. För samtliga vattendrag ökar flödet under vintern. Framtida 100-årsflöden ser ut att minska något i jämförelse med dagens situation (ca 10-20% minskning).

Snötäcket minskar i länet både avseende antal dagar med snötäcke (45-75 dagars minskning) och det maximala vatteninnehållet i snötäcket (minskar med 25-45%) mot slutet på seklet. Den islagda perioden i fjällsjöarna minskar med mellan 40 och 60 dagar i medeltal.

Brandrisksäsongen bedöms öka (undantaget fjällområdena). Frekvensen av år med minst en högriskperiod ökar med uppemot 40% i de sydöstliga delarna av länet.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	8
2	BAKGRUND	8
3	JÄMTLANDS LÄN	8
3.1	Vattenområden.....	9
3.2	Klimatet idag	10
3.2.1	Temperatur	11
3.2.2	Nederbörd	12
3.2.3	Extrem nederbörd	13
3.2.4	Snö och is	17
3.2.5	Avrinning	17
3.2.6	Vindar.....	18
4	METOD FÖR FRAMTIDSANALYS	19
4.1	Studerade parametrar	20
4.2	Geografiskt analysområde och tidsperioder.....	20
4.3	Variation och osäkerhet	20
4.4	Beräkningsmodeller	21
4.5	Klimatdata för effektstudier	23
4.6	Utsläppsscenarier.....	24
4.7	Klimatscenarier	24
5	JÄMTLANDS FRAMTIDSKLIMAT.....	27
5.1	Temperatur	27
5.1.1	Medeltemperatur för år och säsong.....	27
5.1.2	Varma perioder	29
5.1.3	Vegetationsperiod	32
5.1.4	Behov av uppvärmning och kylning	36
5.2	Nederbörd.....	39
5.2.1	Medelnederbörd för år och säsong.....	39
5.2.2	Kraftig nederbörd	41
5.2.3	Extrem nederbörd	44
5.2.4	Perioder utan nederbörd	46
5.3	Vattenföring.....	47
5.3.1	Vattenföringens säsongsvariation.....	50
5.3.2	Medelvattenföring	59
5.3.3	100-årsflöden	84
5.4	Snö	95
5.4.1	Snöns maximala vatteninnehåll	95

5.4.2	Antal dagar med snö.....	97
6	KLIMATANALYS AV FJÄLLKEDJAN.....	99
6.1	Temperatur och vegetationsperiod.....	99
6.2	Nederbörd.....	109
6.3	Isläggning och Islossning.....	114
7	TJÄLE	121
8	BRANDRISK	124
9	SLUTSATSER	126
10	REFERENSER	129
11	BILAGOR	132

1 Inledning

SMHI har på beställning av Länsstyrelsen Jämtland utfört en regional klimatanalys för Jämtlands län. Analysen omfattar en stor mängd data och beräkningar som syftar till att ge en översiktlig bild av klimatförhållandena i länet såväl under dagens klimatförhållanden som i framtidens klimat. Arbetet är baserat på observationer och beräkningar från SMHI samt klimatscenarier från den internationella klimatforskningen. Framtidsberäkningarna avser tidsperioden fram till år 2100. Föreliggande rapport har utarbetats vid SMHIs avdelning för affärsverksamhet.

2 Bakgrund

Planering i långa tidsperspektiv baseras med fördel på ett underlag som tar hänsyn till de osäkerheter som ofrånkomligen finns i alla förutsägelser om framtiden. Ett sätt att ta hänsyn till osäkerheterna är att arbeta med så kallade scenarier som beskriver olika möjliga framtidsutvecklingar. Inom det internationella forskningssamhället genomförs stora ansträngningar för att beräkna och tolka utvecklingen av det framtida klimatet.

Dynamiken och förekomsten av vatten kommer att förändras eftersom ett förändrat klimat innebär väsentliga skillnader i årstidernas karaktär, speciellt med avseende på temperatur och nederbörd. Säsongsvariationen i vattenföring drivs till stor del av nederbördsmönster och lagring av vatten i landskapet som snö, i mark eller i sjöar. I de områden i Sverige som har längre köldperioder lagras betydande mängder vatten under vintern i form av snö. Dessa snömagasin smälter under en relativt kort period när temperaturen stiger under vår och försommar. I ett klimat med högre temperaturer än idag kan denna säsongsvariation förändras och bli mindre tydlig, samtidigt som höga flöden kan uppträda vintertid. Intensiva skyfall uppträder idag främst sommartid och orsakar ibland översvämningar. Det gäller speciellt för vattensystem som inte dimensionerats för extrema flöden som exempelvis kombinerade dag- och spillvattensystem samt dränering i anslutning till infrastruktur. I ett framtida varmare klimat med ökad konvektiv nederbörd kan riskerna för skyfall öka.

Beräkningar av framtida klimat har tidigare genomförts i bland annat den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007a). För dessa analyser användes sex klimatscenarier framtagna av SMHI (se mer beskrivning av dessa i kapitel 4.7). Ett delbetänkande berörde även översvämningssproblematiken där de faktorer som leder till höga flöden identifierades; exempelvis extrem nederbörd och intensiv snösmältning (SOU, 2006). Underlag till detta delbetänkande levererades av SMHI (Bergström m.fl., 2006). Klimat- och sårbarhetsutredningen sammanställde även riskerna för naturolyckor i ett förändrat klimat (SOU, 2007b).

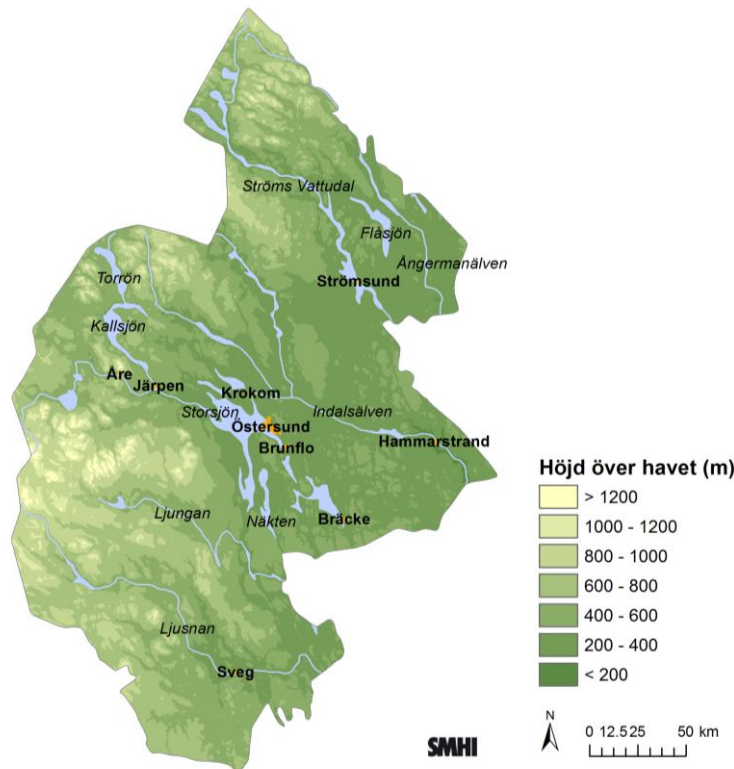
Inom det EU-finansierade projektet ENSEMBLES (van der Linden and Mitchell, 2009) har ett ensemblesystem utvecklats för beräkning av klimatförändringar baserat på de bästa europeiska globala och regionala klimatmodellerna med hög upplösning. Idag finns fler klimatscenarier tillgängliga än tidigare, och för analysen av temperatur, nederbörd och klimatpåverkade flöden i denna rapport har 16 olika klimatscenarier använts. Dessa scenarier kommer både från ENSEMBLES-projektet och från Rossby Centre vid SMHIs forskningsenhet. Att analysera en samling klimatscenarier ger nya och bättre möjligheter att behandla de osäkerheter som är nära förknippade med frågeställningen.

SMHI har under senare år också utvecklat tekniken att använda resultat från klimatscenarierna, vilket beskrivs i kap 4.5, och att presentera klimatdata i diagram och kartor.

3 Jämtlands län

I detta kapitel beskrivs Jämtlands läns landskap och klimat översiktligt. Beskrivningen baseras främst på faktablad från SMHI och de klimatkartor som tillsammans med information i Kunskapsbanken finns publicerat på www.smhi.se.

Jämtland läns areal är 49 343 km² (2007) (se figur 3-1). Länet är uppdelat i 8 kommuner med totalt ca 127 000 invånare. Östersund är residensstad (och kommun). Övriga kommuner är Strömsund, Krokom, Åre, Berg, Ragunda, Bräcke och Härjedalen. (Uppgifterna är tagna från länsstyrelsernas GIS-tjänster.) Jämtlands län utgör alltså ca 12% av Sveriges yta och är till ytan det tredje största länet, men det är jämförelsevis glest befolkat.



Figur 3-1. Jämtlands län, dess topografi, större orter, vattendrag och sjöar. Kartan är producerad med Lantmäteriets data under Länsstyrelsens tillstånd för publicering av data och med data från SMHI.

3.1 Vattenområden

I Sverige har totalt för landet 119 huvudavrinningsområden definierats som vattendrag vilka rinner ut i havet och med avrinningsområden större än 200 km². Jämtlands län berörs huvudsakligen av fyra; Ångermanälven, Indalsälven, Ljungan och Ljusnan. Procentuellt uttryckt dräneras 97,5% av länets avrinningsområden via dessa vattendrag, varav Indalsälven står för 42,1% (SMHI, faktablad nr 44, 2010 och nr 10, 2002).

I listan över största vattenflöden vid mynningen för Sveriges vattendrag återfinns Ångermanälven på 3:e plats (medelvattenföring 500 m³/s), Indalsälven på 4:e plats (medelvattenföring 455 m³/s) och Ljusnan på 9:e plats (medelvattenföring 230 m³/s). Vad gäller största avrinningsområden placerar sig Ångermanälven som nr 3 efter Göta älv och Torneälven. Indalsälven återfinns som nr 6 och Ljusnan som nr 9 (SMHI, faktablad nr 44, 2010).

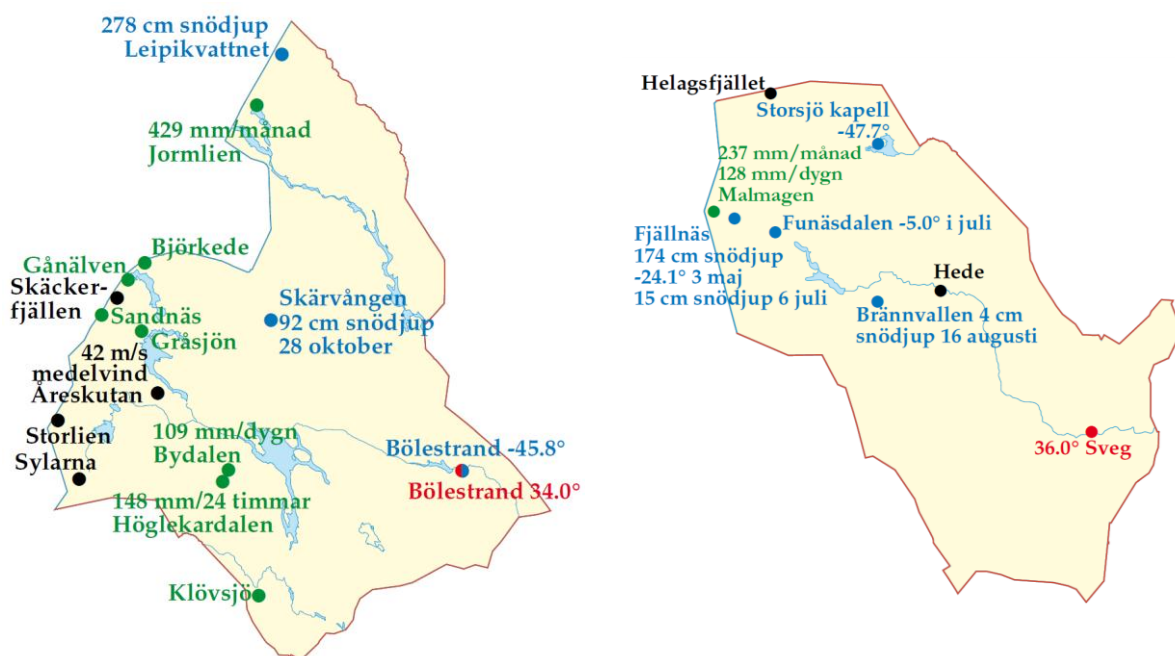
Jämtlands län ligger inom Fjällområdet, Förfjällens slättområden samt Mellersta och norra skogsområdena. Sjöarna i Fjällområdet är många men små eller medelstora och marktypen är kalfjäll och morän. Inom Förfjällens slättområden är sjöarna relativt få men stora och marktypen domineras av myrar och morän. I skogsområdena finns många små sjöar omgivna av myrar och morän. Totala antalet sjöar bedöms vara 13 581 varav fem är över 100 km² (SMHI, faktablad nr 10, 2002). Jämtlands största sjö, Storsjön är 456 km² och därmed den 5:e största sjön i Sverige. Kallsjön har en yta på 159 km² och hamnar på 15:e plats (SMHI, faktablad nr 39, 2008).

Tabell 3-1. Avrinningsområden i Jämtlands län, deras totala areal, den andel av totala arealen som är inom länet (%) och hur stor del av totala arealen som är i Norge (%). (SMHI, faktablad nr 20, 2004 och SMHI statistikdatabas)

Avrinningsområde	Total areal (km ²)	Areal i länet (%)	Areal i Norge (%)
Ångermanälven	31 865	34,2	4,8
Indalsälven	26 727	85,3	7,6
Ljungan	12 851	61,8	0
Ljusnan	19 829	56,3	0
Dalälven	28 954	1,6	3,9
Göta älv	50 229	0,6	14,9

3.2 Klimatet idag

Klimatet i Jämtland påverkas av dess relativt stora höjdskillnader. Årsnederbörden varierar från 500 mm till 1500 mm i Skäckerfjällen. De atlantiska vindarna för med sig mycket nederbörd framförallt till de västliga Jämtlandsfjällen (SMHI faktablad nr 42, 2009).



Figur 3-2. Landskapen Jämtland och Härjedalen, väderextremer. (Källa: SMHI faktablad nr 42, 2009)

Eftersom det är landskapsklimat och inte länsklimat som beskrivs i faktablad nr 42, som här används som referens, visas olika mått på väderextremer för de två landskapen Jämtland och Härjedalen (figur 3-2). Landskapen utgör huvuddelen av länets yta. Vad gäller temperaturvärden visar Härjedalen både det högsta och det lägsta uppmätta värdet; 36,0°C i Sveg den 8 juli 1933 och -47,7°C vid Storsjö kapell den 10 januari 1987. En anmärkningsvärd spännvidd för svenska förhållanden. Även i Jämtland har extrema värden uppmätts och det på samma plats, i Bölestrand noterades 34,0°C den 30 juni 1947 och -45,8°C den 6 januari 1950. De svenska köldrekorden återfinns vanligen i norra Norrland men för månaderna maj och juli ligger rekorden i Härjedalen. Fjällnäs hade -24,1°C den 3 maj 1981(!) och den 14 juli 1893 noterades -5,0°C i Funäsdalen.

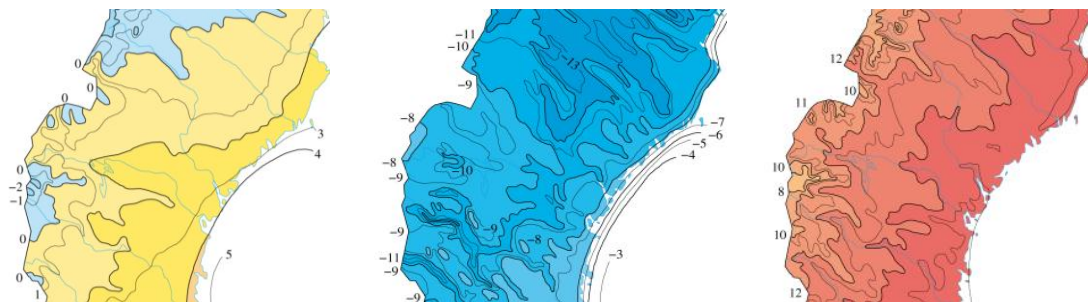
Vad gäller nederbörd så har jämtländska stationer flera Sverigerekord avseende månadmängder; februari (311mm i Gräsjön 1943), mars (312 mm i Gånälven 1938), april (308 mm i Sandnäs 1943), juni (278 mm i Klövsjö 1987), september (301 mm i Höglekardalen 1984) och december (373 mm i

Björkede 1975). Flertalet stationer ligger nära Skäckerfjällen. Toppnoteringen gäller dock januari 1989 då Jormlien fick 429 mm, vilket är mest i Sverige oavsett månad.

Dygnsrekordet (dvs. över mätperioden kl 08-08) sattes i samband med regnet som orsakade katastrofflödet på Fulufjället i Dalarna. Malmagen vid norska gränsen drabbades då av 128 mm. Höglekardalen fick dock 148 mm på 24 timmar under 11-12 september 1988.

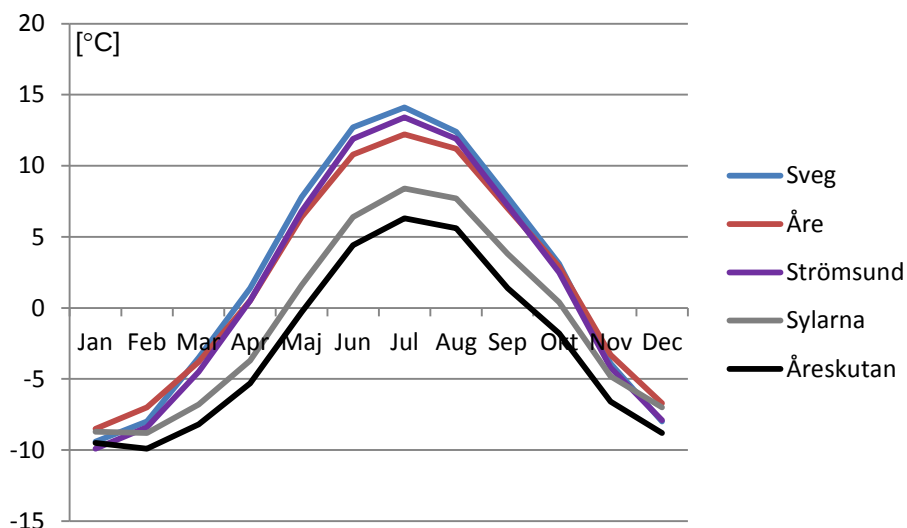
3.2.1 Temperatur

Klimatet i Jämtland är starkt påverkat av Atlanten. Det beror på närheten till Norge och att passen i norska fjällkedjan, i höjd med Jämtland, är många och lägre belägna än de är längre söderut respektive norrut. Denna påverkan av Atlanten märks tydligast under vinterhalvåret. I januari är det varmast (ca -7°C) i de västliga fjällen vid Storlien och en del höjdlägen i söder. Kallast (ca -13°C) är det mellan Hede och Funäsdalen. I juli är det varmast i de lägre dalgångarna (ca 14 °C) och kallast i fjällen med ned mot 5°C på topparna. I figur 3-3 ses medeltemperaturen för året, januari respektive juli.



Figur 3-3. Årsmedeltemperatur, medeltemperatur i januari respektive juli. Samtliga kartor gäller medelvärden för 1961-1990 och uttrycks i °C. Källa: www.smhi.se > Klimatdata.

Mätstationerna Sveg, Åre, Strömsund, Sylarna och Åreskutan är här valda att representera länets temperaturvariationer under året för perioden 1961-1990 (figur 3-4). Lägst årsmedeltemperatur har Åreskutan (-2,7°C), Sylarna har -1,0°C, Strömsund 1,6°C, Åre 1,8°C och Sveg 2,2°C. Kallast är givetvis de högst belägna stationerna Åreskutan och Sylarna. Det är dock intressant att konstatera att för januari är Strömsund kallast i medeltal och Sveg har samma månadsmedelvärde som Åreskutan. Åre uppvisar de högsta månadsmedelvärdena för december-februari men Sveg är varmast under sommarmånaderna juni-augusti.

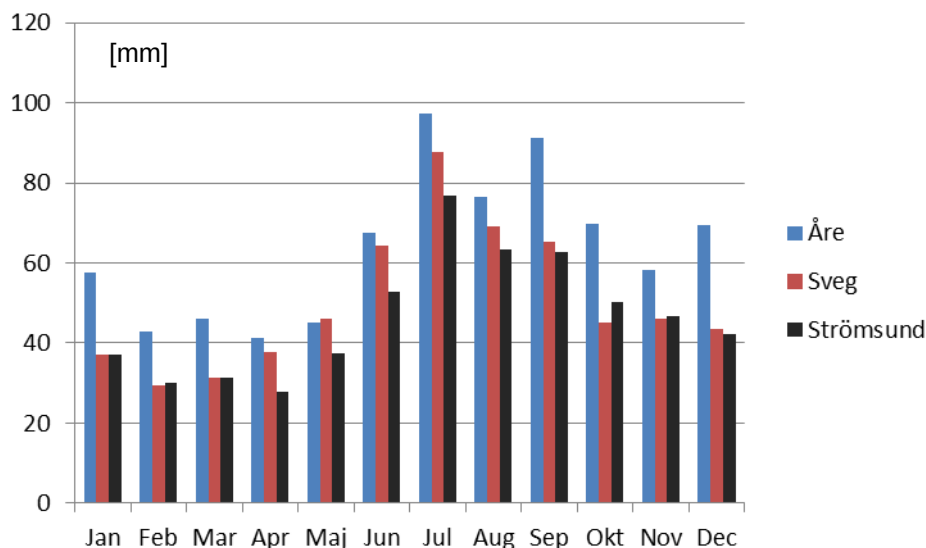


Figur 3-4. Månadsmedeltemperaturer (°C) för perioden 1961-1990 (s.k. normalperiod) för mätstationerna Sveg, Åre, Strömsund, Sylarna och Åreskutan. Källa: SMHI:s Klimatarkiv.

3.2.2 Nederbörd

Topografin har en avgörande betydelse för hur nederbörden fördelas. I figur 3-5 visas den uppmätta månadsmedelnederbörden vid mätstationer i Jämtland.

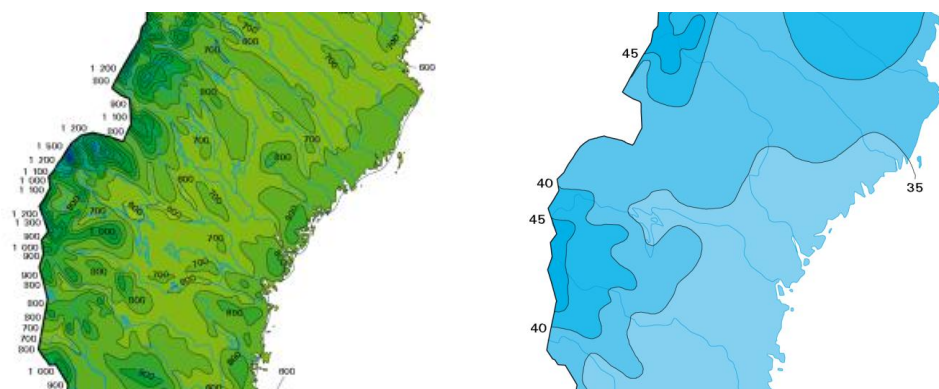
Som för större delen av Sverige är sommarmånaden juli den nederbördsrikaste tiden på året men även höstmånaderna visar relativt höga nederbördsmängder. Perioden februari-mars är den nederbördsfattigaste. Figuren illustrerar det generella mönstret, men det är stora variationer mellan åren.



Figur 3-5. Uppmätt månadsmedelnederbörd (mm) 1961-1990 för stationer i Jämtland. Källa: SMHI's Klimatarkiv.

Mätstationerna i figur 3-5 har valts för att representera länets nederbördsvariation. Åre har uppmätt årsmedelnederbörd 762 mm, Sveg 602 mm och Strömsund 559 mm. Som ytterligare jämförelse kan nämnas att Östersund har 564 mm och Frösön 484 mm i årsmedelnederbörd. Samtliga siffror avser perioden 1961-1990.

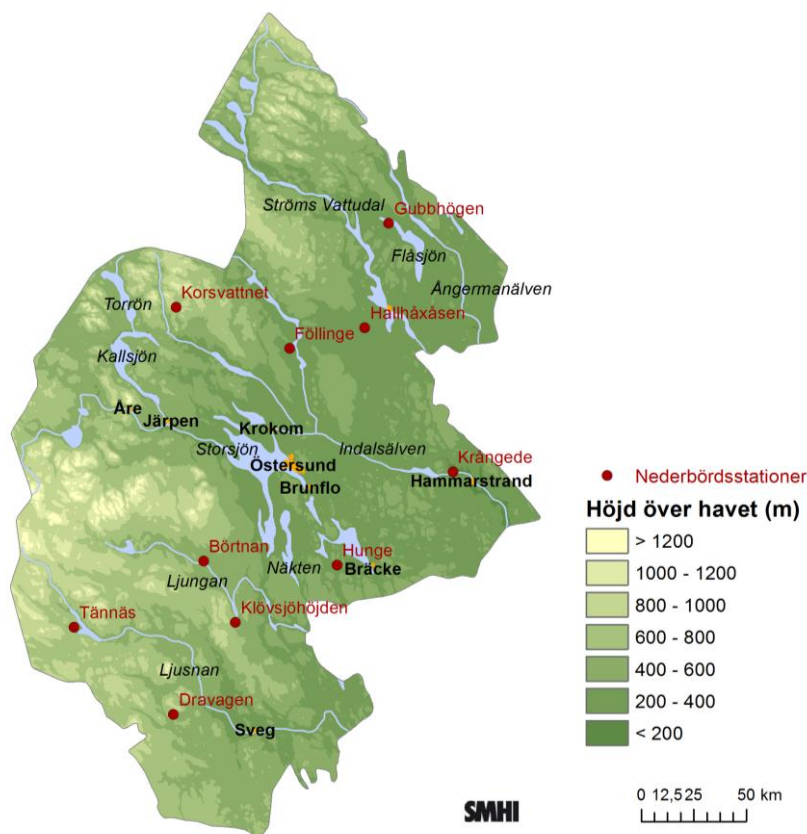
I figur 3-6 visas den uppskattade verkliga nederbörden i hela området med hänsyn taget till mätförluster och olika terrängförhållanden. Den verkliga nederbörden är högre än den uppmätta. Andelen av nederbörden som faller som snö varierar mellan 35-45% i länet (figur 3-6).



Figur 3-6. Den vänstra kartan visar den uppskattade verkliga årsmedelnederbörden (mm) 1961-1990 och den högra kartan visar andelen snö (%) av årsnederbörden, för perioden 1961-1990. Källa: Klimatdata (www.smhi.se)

3.2.3 Extrem nederbörd

I en rapport om extrem nederbörd i Sverige (Wern, L. 2012) skriver författaren att generellt sett har extrem nederbörd ökat från 1900 fram till 1930- och 1940-talet. Därefter ses en minskning till 1970-talet för att sedan öka fram till idag. Författaren konstaterar vidare att det är mer extrem nederbörd idag än på 1930-talet. De största nederbördstillfällena sker vanligen i juli eller augusti. Framförallt är det Norrlandskusten, Svealand, östra Götaland samt Skåne som drabbats av de värsta skyfallen under ett dygn.



Figur 3-7. Nederbördsstationer med 15-minutersmätningar i Jämtlands län markerade i rött.

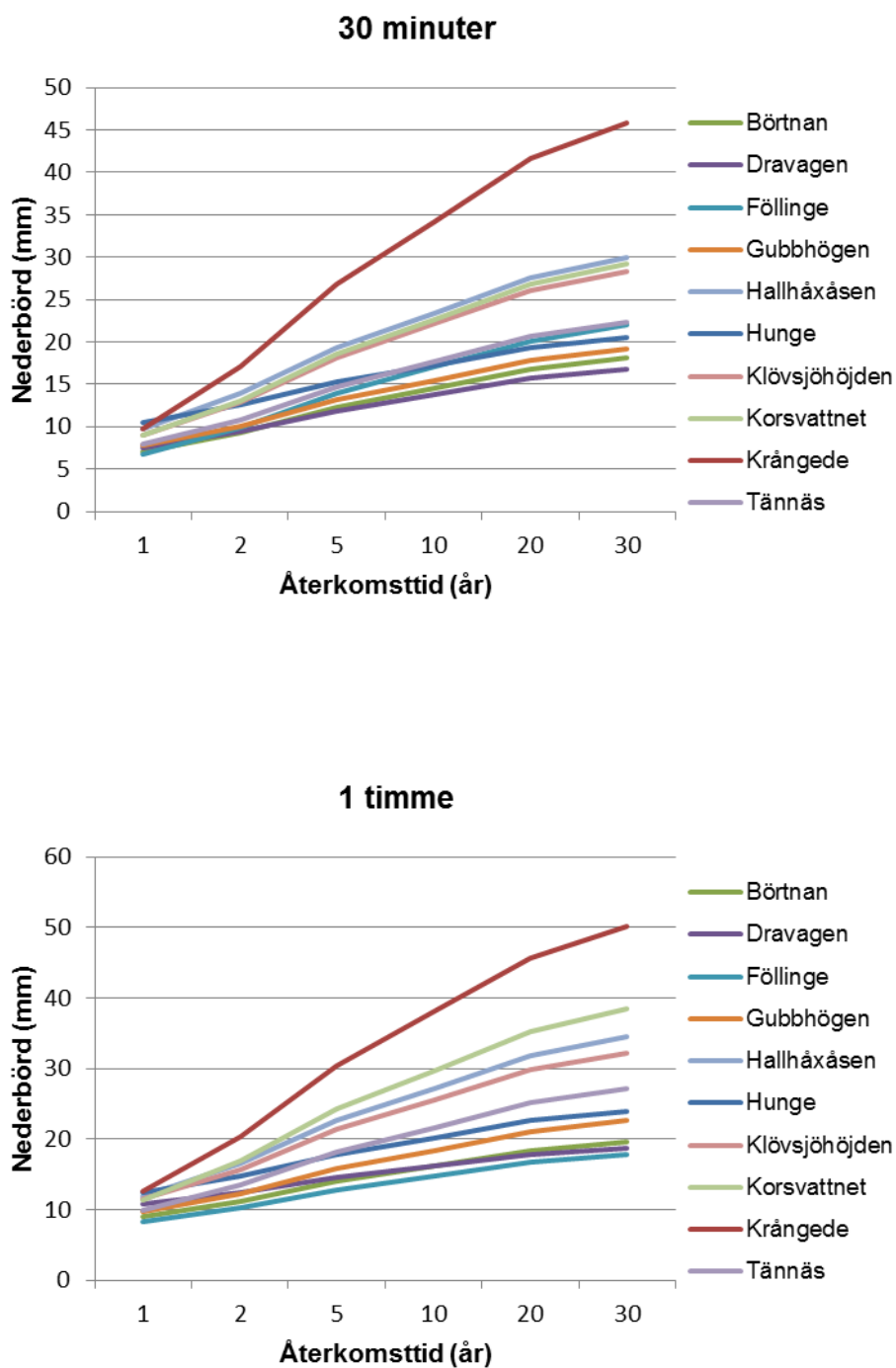
En analys av extrem korttidsnederbörd för Jämtlands län i dagens klimat har gjorts som underlag till föreliggande rapport. Analysen baseras på nederbördsmätningar utförda var 15:e minut med fasta intervall (00, 15, 30, 45 minuter varje timme) från 10 stationer i Jämtlands län; Börtnan, Dravagen, Föllinge, Gubbhögen, Hallhåxåsen, Hunge, Klövsjöhöjden, Korsvattnet, Krångede och Tännäs (figur 3-7).

För de utvalda stationerna har beräkningar av återkomsttider för tidsintervallen (varaktighet) 30 min, 1 tim, 2 tim, 6 tim, 12 tim och 24 tim nederbörd utförts. Stationerna upprättades mellan 1996 och 1998, vilket innebär att 14-17 års data har kunnat utnyttjas beroende på station. Vid statistisk återkomsttidsanalys av tidsserier brukar tumregeln vara att begränsa sig till dubbla tidsseriens längd. Därför redovisas inte resultat för återkomsttider längre än 30 år. Ju högre återkomsttid desto större osäkerhet och för 30-årsvärdena är osäkerheten relativt stor.

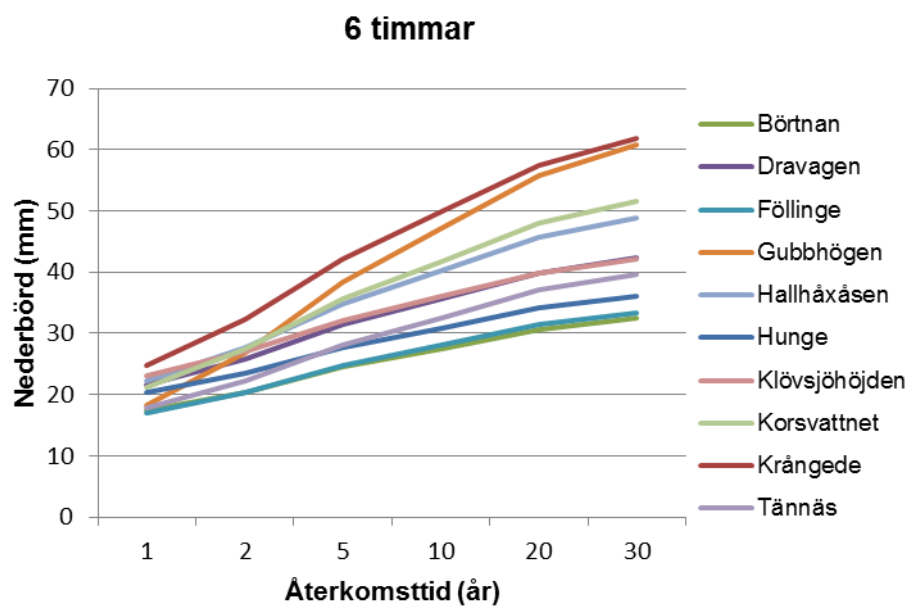
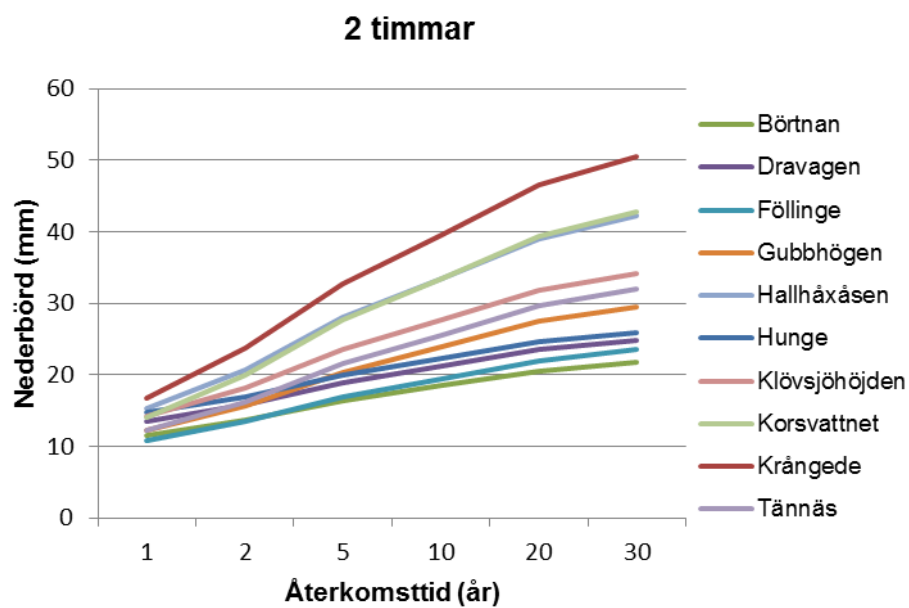
Den statistiska extremvärdesanalysen baseras på varje års maximala nederbördsmängd för respektive varaktighet. Det finns olika sätt att matematiskt beskriva karaktären av extrema nederbördshändelser för en viss mätstation, s.k. statistiska fördelningsfunktioner. I denna rapport redovisas värden från Gumbelfunktionen.

Resultaten presenteras som nederbördsmängder för respektive varaktighet för de tio stationerna och för återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år (figur 3-8, 3-9 och 3-10). I bilaga 1 redovisas värdena i tabellform. Samtliga analyserade stationer har mer eller mindre vindutsatta lägen vilket gör att nederbördsmängden i många fall underskattas. En del av nederbörden blåser helt enkelt förbi

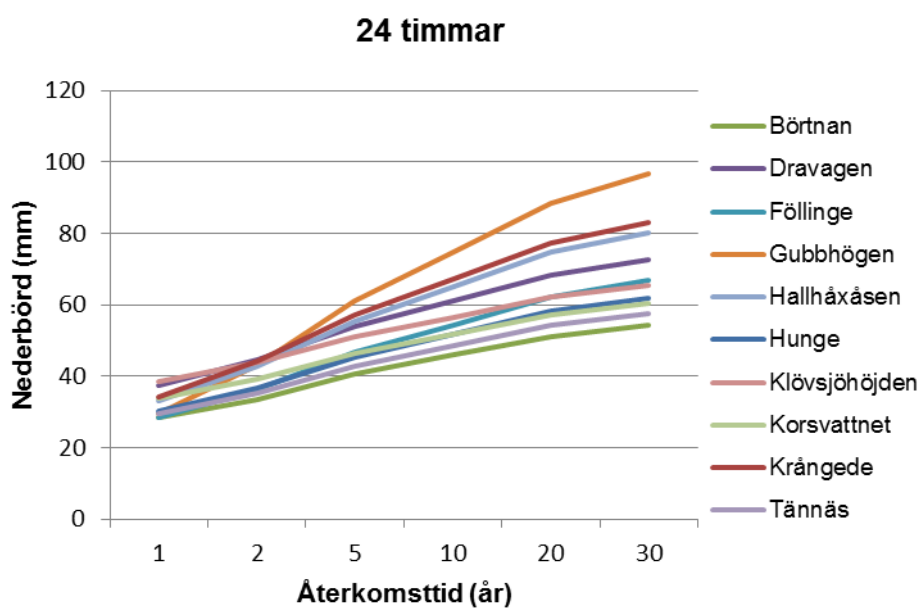
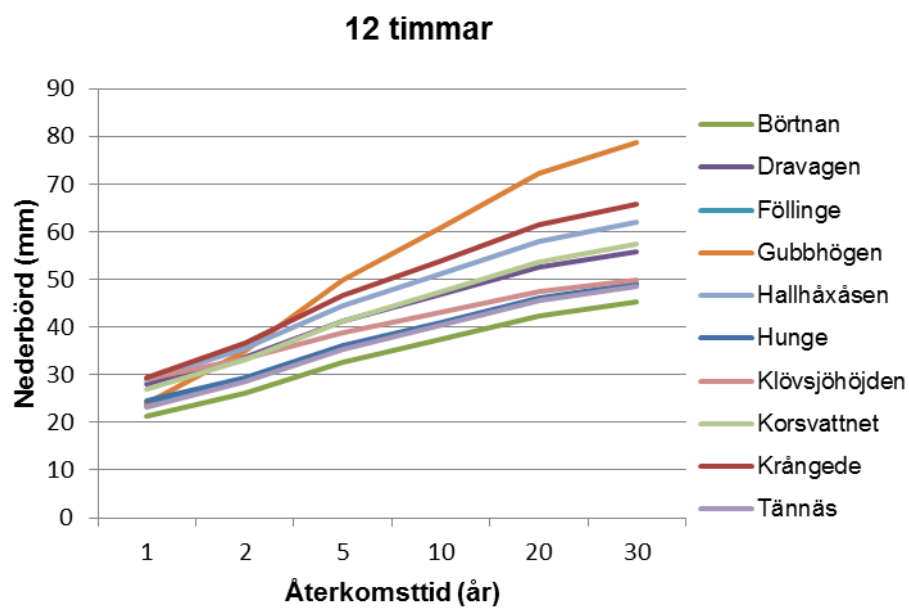
nederbördsräsknaren. Detta gäller särskilt nederbörd som faller som snö, vilket gör att de längre varaktigheterna (6-24 timmar) påverkas mest av underskattningen. För de korta varaktigheterna (30 minuter-2 timmar) infaller årsmaxima, i de flesta fall, i samband med kraftiga regnskurar sommartid. Därmed är underskattningen sannolikt inte lika stor.



Figur 3-8. Nederbördsmängd (mm) med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år för tio meteorologiska stationer. Varaktigheterna är 30 minuter respektive 1 timme.



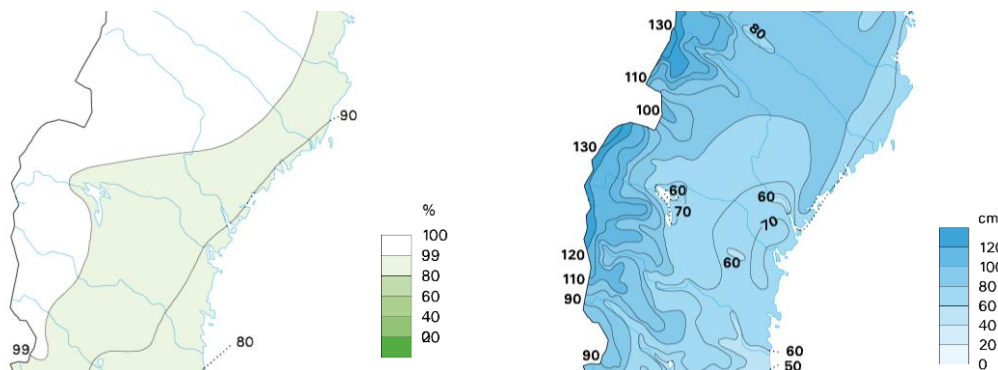
Figur 3-9. Nederbörds mängd (mm) med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år för tio meteorologiska stationer. Varaktigheterna är 2 timmar respektive 6 timmar.



Figur 3-10. Nederbördsmängd (mm) med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år för tio meteorologiska stationer. Varaktigheterna är 12 timmar respektive 24 timmar.

3.2.4 Snö och is

Chansen att vakna på julafton med snötäcke på marken är i Jämtlands län mycket stor. Frekvensen av vita jular var under perioden 1931-1980 klart över 90% och för stora delar av länet 99%. Medelvärdet av största snödjup under vintern för perioden 1961-1990 varierade från 60 cm i de östra delarna av länet till uppåt 130 cm i fjällområdena (figur 3-11).



Figur 3-11. Vänstra kartan visar frekvensen (%) av vita jular 1931-1980 och högra kartan visar medelvärdet av största snödjupet under vintern (cm) 1961-1990. Källa: Klimatdata > Snö (www.smhi.se).

Fjällen får mycket nederbörd vintertid, vilket ger stora snödjup. I Leipikvattnet uppmättes 278 cm den 22 februari 1989, som är det största uppmätta snödjupet i länet. Ovanligt mycket snö kunde noteras i Skärvången nordväst om Föllinge den 28 oktober 2006 då snödjupet var hela 92 cm. I Härjedalen finns flera fall av extremt tidiga och sena snöfall rapporterade t.ex. 17 augusti 1949 i Brännvallen 2 mil västsydväst om Hede och 6 juli 1964 rapporterades 15 cm snödjup i Fjällnäs. Att Härjedalen kan ha snö på dessa något udda tidpunkter förklaras av landskapets stora höjd över havet (SMHI faktablad nr 42, 2009).

Tidpunkter för isläggning och islossning sjöarna varierar mellan åren, men för Kallsjön sker i medeltal isläggningen 6 januari och islossningen 21 maj (1960-1990). Motsvarande tidpunkter för Storsjön är 16 december respektive 17 maj enligt mätningar vid Flaket och 6 december respektive 14 maj vid Brunflovisen (SMHI faktablad nr 30, 2006).

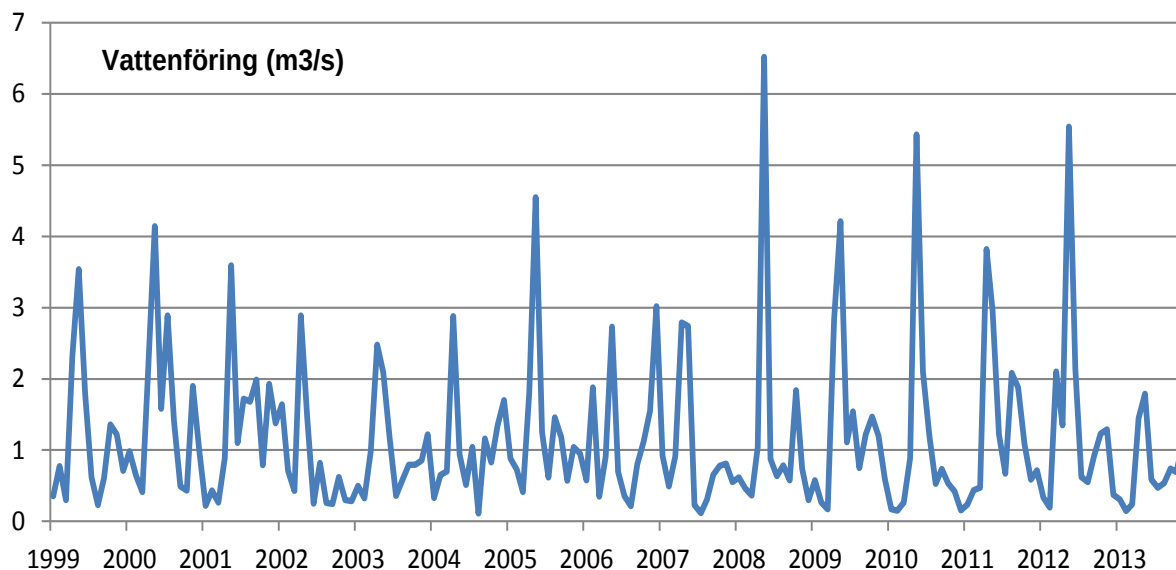
3.2.5 Avrinning

Vattenflödet från ett område i naturen som orsakas av regn eller snösmältning kallas avrinning. Avrinningens storlek bestäms av nederbördens storlek och av hur mycket vatten som magasineras i området eller återgår till atmosfären genom avdunstning från våta ytor och genom växtlighetens transpiration. Avrinningen uttrycks ofta som specifik avrinning, dvs. avrinning per ytenhet, och är ett mått på den långsiktiga vattentillgången i området.

Vattenföring är benämningen för den mängd vatten som rinner fram i ett vattendrag och mäts ofta i kubikmeter per sekund (m^3/s). Varje vattendrag har sin egen rytm och storleken på flödet varierar under året. Sjöar har en utjämnande effekt på vattenföringen i ett vattendrag, vilket beror på att en sjös utlopp på ett naturligt sätt begränsar utflödet. Under perioder med hög tillrinning kommer således vatten att magasineras i en sjö, sjöns nivå stiger, och flödet ur sjön blir mindre än det totala tillflödet. Den dämpande effekten styrs framförallt av sjöns areal och utloppets avbördningsförmåga, dvs. utformningen av utloppet och förhållandena nedströms sjön.

Vattenföringen varierar kraftigt mellan åren men har tydliga förlopp av växlingar mellan hög och låg vattenföring inom året. I figur 3-12 visas ett exempel på vattenföringens variation under knappt 15 år. Lägsta vattenföringen är vanligen i juli-augusti då växterna är som mest aktiva och därför omhändertar nederbörden. Flödestopparna uppträder oftast i samband med snösmältningen, men höga flöden kan även uppstå till följd av rikligt regnande under andra tider på året. Ett exempel är augusti 1998 då Ängermanälven hade höga flöden med översvämningar till följd (SMHI faktablad nr 21, 2004). Ett

annat exempel är september 2013, då SMHI utfärdade en klass 2- varning för mycket höga flöden i Ångermanälven.



Figur 3-12. Exempel på vattenföringens variation mellan olika år. Modellberäknad vattenföring (m^3/s) för ett delavrinningsområde (21969) till Indalsälven och som mynnar i Kallsjön. Området är $28,9 \text{ km}^2$ med $0,6 \%$ sjöareal. Källa: vattenweb.smhi.se

3.2.6 Vindar

Wern och Barring (2009) har studerat hur vinden varierat i Sverige under perioden 1901-2008. Studien har kompletterats med ett faktablad som även omfattar 2009-2010 (SMHI faktablad nr 51, 2011). Vindmätningar har i Sverige gjorts sedan 1800-talet men först på 1950-talet standardiserades mätningarna. Det saknas alltså långa homogena mätserier av vindhastighet i Sverige. Analysen baserades därför på förändring i geostrofisk vind, som utgår från tryckmätningar. Dessa observationer är mer homogena eftersom mätningarna inte störs av omgivningens förändringar eller byten av instrument.

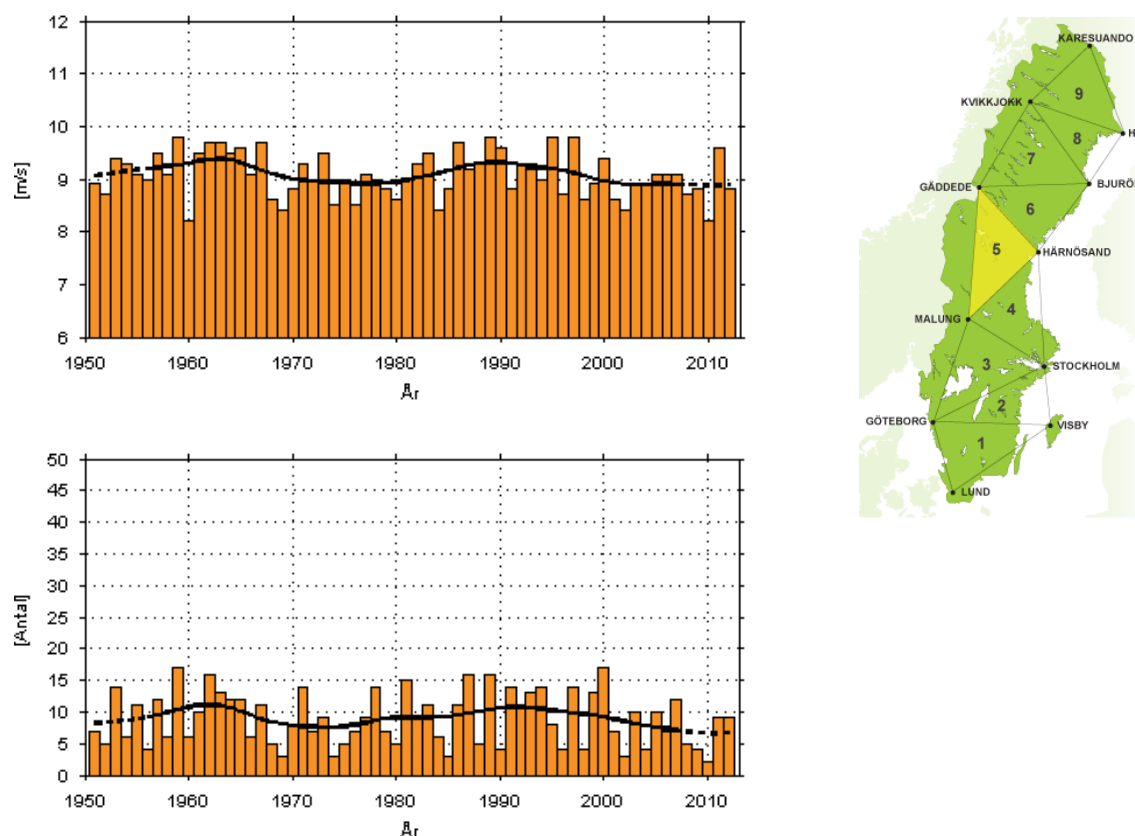
För analysen användes lufttrycksobservationer från 11 platser över landet, som indelas i nio trianglar. Geostrofisk vind i en triangel är beräknad från lufttrycksobservationer i triangelns hörn samt latituden och luftens densitet för stationerna. Geostrofisk vind är en genomsnittlig vind inom triangeln opåverkad av markens friktion, som har en uppbromsande effekt. Därför är den geostrofiska vinden betydligt större än den vanliga vinden, som SMHI mäter på väderstationer. Den geostrofiska vinden är alltså inte helt jämförbar med vinden från väderstationerna. Fördelen med geostrofisk vind är att den är i stort sett helt homogen sedan mätningarna startade och man kan därför jämföra denna vind i långa tidsserier.

På www.smhi.se finns en webbapplikation där grafer över olika vindmått kan laddas ned för de i studien använda nio trianglarna över landet. Webbapplikationen är i dagsläget uppdaterad t.o.m. 2012. SMHI påpekar att första halvan av tidsperioden innehåller osäkrare värden än den senare halvan (figur 3-13).

Jämtlands län ligger delvis inom triangel 5. I figur 3-13 visas årsvärden, avseende triangel 5, för den geostrofiska medelvindhastigheten och antal tillfällen per år då den geostrofiska vindhastigheten varit minst 25 m/s . Det senare kan betraktas som ett mått på antal stormtillfällen inom triangeln.

Linjär förändring av geostrofisk vindhastighet 1951-2010 visar för triangel 5 en minskad medelvind på -3% , ökad maxvind på 4% och minskat antal tillfällen med vindar över 25 m/s -14% . Dessa värden är dock icke-statistiskt signifikanta på nivån 5% (SMHI faktablad nr 51, 2011). Linjära trender i tidsserier påverkas mycket av vilken period som analyseras och variationen mellan år är stor. Författarna (Wern och Barring, 2009) är därför försiktiga med slutsatsen om säkerställda förändrade

vindförhållanden. De anser dock att det finns en långsiktig trend mot lugnare vindklimat sedan 1900-talets början, men att den beror på blåsigare förhållanden under de första årtiondena av 1900-talet.



Figur 3-13. Geostrofisk medelvindhastighet (överst) och antal fall då den geostrofiska vindhastigheten varit minst 25 m/s (nederst) per år (m/s). Den svarta kurvan visar ett utjämnat förlopp motsvarande ungefär 10-årsmedelvärden. Diagrammet avser triangeln Malung-Gäddede-Härnösand (triangel 5) 1951-2011. Källa: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/vind/1.3971>

Svåra stormar kan drabba fjällområdena i Sverige vilket t.ex. skedde den 3 januari 1719, då ca 4 000 svenska och finska soldater miste livet på väg från Trondheim till Handöl. En annan klassisk storm ödelade den då nybyggda Sylstationen den 10 januari 1932. I nyare tid kan nämnas 5 december 1979 då byvindarna på Åreskutan nådde 54 m/s och 1 februari 1993, då medelvinden på samma plats var 42 m/s (SMHI faktablad nr 42, 2009). Ett mycket färskt exempel är stormen Hilde som drog in den 16 november 2013 med ett nytt svenskt vindrekord. Mellan klockan 19 och 20 registrerades en högsta medelvind på hela 47 m/s vid stationen Stekenjokk på lite drygt 1000 meters höjd i sydligaste Lapplandsfjällen. På Frösön var den högsta byvinden under Hilde 29 m/s (www.smhi.se).

4 Metod för framtidsanalys

Analys av klimatscenarier för Jämtlands län har gjorts avseende temperatur, nederbörd, snö och vattenföring. De studerade parametrarna, inklusive de klimatindex som baseras på temperatur och nederbörd, beskrivs kortfattat i kap 4.1. Resultat från den tidigare publicerade klimatanalysen för den svenska fjällkedjan, har sammanställts avseende Jämtlands län. Tidigare studier har även använts för att beskriva kunskapsläget avseende tjäle och brandrisk.

4.1 Studerade parametrar

Beräkningar och analyser av framtida klimatscenarier har gjorts för olika meteorologiska och hydrologiska parametrar. Resultaten presenteras i kapitel 5. I kapitlen 6-8 görs sammanställningar av andra studier.

- Kapitel 5.1 **Temperatur** (medeltemperatur för år och säsong; högsta dygnsmedeltemperatur; värmeböljor definierade som antal sammanhängande dygn med temperatur $>20^{\circ}\text{C}$; vegetationsperiodens längd och vegetationsperiodens start- och sluttidpunkt; uppvärmnings- och kylbehov uttryckt som graddagar).
- Kapitel 5.2 **Nederbörd** (medelnederbörd för år och säsong; kraftig nederbörd i form av antal dagar med $> 10\text{ mm}$; största 1-dygnsnederbörd och 7-dygnsnederbörd; perioder utan nederbörd dvs. maximalt antal dygn i följd med nederbörd $< 1\text{ mm/dygn}$).
- Kapitel 5.3 **Vattenföring** (säsongsvariation och medelvattenföring; flöden med 100 års återkomsttid).
- Kapitel 5.4 **Snö** (uttryckt som snöns maximala vatteninnehåll och som varaktighet dvs. antal dagar med snö).

I kapitlen 6-8 presenteras sammanställningar av kunskapsläget baserat på tidigare studier.

- Kapitel 6. **Fjällkedjan**, avseende temperatur, vegetationsperiod, nederbörd samt isläggnings- och islossningstidpunkter.
- Kapitel 7. **Tjäle**. Tjälldjup och tjälsäsong.
- Kapitel 8. **Brandrisk**. Säsong och frekvens.

4.2 Geografiskt analysområde och tidsperioder

Det analyserade området avser Jämtlands län (figur 3-1) och resultaten presenteras främst i form av kartor för att beskriva den rumsliga variationen (ex. bilaga 2-21, 23). I diagrammen visas resultat för hela länet. Analyser gällande vattenföring presenteras för utvalda punkter i vattendragen, men även i kartformat. Det område eller den plats som avses för respektive karta, diagram eller tabell framgår i figurerna eller i figurtexterna.

De studerade tidsperioderna är 1961-1990 för dagens klimat och för analys av framtidsklimatet har två perioder valts; 2021-2050 och 2069-2098. Samtliga tidsperioder omfattar 30 år.

I klimatstudier jämförs aktuella värden med medelvärden för en längre period, en referensperiod. I enlighet med internationell praxis används i denna rapport den så kallade standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod. Nästa standardnormalperiod kommer att bli 1991-2020. För att ge så nutidsnära information som möjligt har även perioden 1991-2010 tagits med (se bilaga 2-6 och 14-19).

Referensperiod och analysperiod för olika undersökta parametrar i denna utredning kan variera med ett par år beroende på datatillgång och den tid det tar för modellerna att nå ett rimligt starttillstånd.

4.3 Variation och osäkerhet

Det är viktigt vid tolkning av resultat från analyser av förändringar i ett framtida klimat att ursprunget till de variationer och osäkerheter som förekommer tydligt framgår och även hur denna variation kan bidra med information. Tolkningen av rapportens grafer bör koncentreras till långsiktiga trender snarare än till absoluta värden. Där det är tillämpligt presenteras spridningsmått i form av percentiler för att indikera spridningen i resultat mellan olika klimatmodeller. I denna rapport används vanligen 25:e respektive 75:e percentilen, vilket betyder att i princip all data förutom de fyra lägsta och de fyra högsta scenarierna innefattas i datamängden när 16 olika scenarier används. Därmed fås en

uppfattning av klimatscenariernas spridning. Detta underlättar tolkningen då det ger en mer samlad bild av den tänkbara framtidsutvecklingen.

Metoden som använts karakteriseras av att flera möjliga klimatscenarier ingår, en så kallad *ensemble*, och att resultaten bearbetas statistiskt. Syftet är att öka kvalitén i analysen och att identifiera trender som är generella mellan olika scenarier. För att utnyttja fördelarna med ensembleanalys bör det finnas ett visst mått av variation. Speciellt gäller detta klimatsimuleringar, då det är önskvärt att täcka in ett stort antal möjliga och olika scenarier som kan medföra mycket olika effekter. Hydrologisk respons som uppträder i flera olika klimatscenarier bedöms således mer trolig än hydrologisk respons som uppträder sporadiskt.

Osäkerheter i den typ av resultat som presenteras i denna analys påverkas av:

- Val av utsläppsscenarier
- Val av global klimatmodell
- Val av regional klimatmodell
- Naturlig variabilitet

Spridningen i resultat kan vara betydande för en del klimatvariabler, vilket delvis beror på att olika modeller beskriver klimatologiska processer på olika sätt, exempelvis återkopplingen mellan atmosfärisk koncentration av växthusgaser och temperatur.

Det ligger i frågeställningens natur att det är svårt att på förhand definiera ett mått på responsen för ökade emissioner av växthusgaser, då detta är en effekt som modellerna syftar till att studera. Således är tillgången till flera olika klimatmodeller en stor fördel. Trender i respons som observeras i flertalet klimatmodeller och för flertalet utsläppsscenarier är därför att betrakta som mer robust eftersom samma resultat uppnått från olika oberoende förutsättningar. Om resultaten från olika modeller och utsläppsscenarier är mycket olika är osäkerheten större.

Det klimat som beskrivs av en klimatmodell kan inte förväntas vara i fas med det verkliga klimatet på kort tidsskala, ett fenomen som benämns naturlig variabilitet (variation). En väl fungerande klimatmodell ska dock kunna beskriva medelvärden och variabilitet med tillräckligt precision, t.ex. korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod. Dessa vintrar kan infalla i en annan sekvens än i det observerade klimatet.

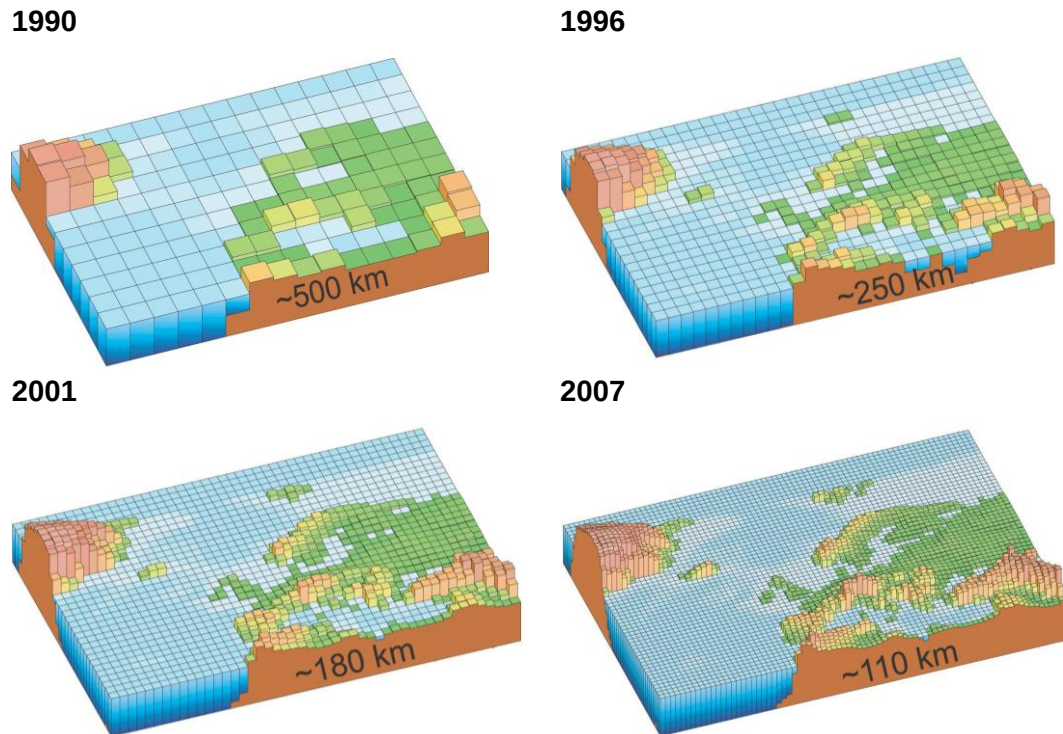
4.4 Beräkningsmodeller

För att få en översiktlig bild av framtida klimat används globala klimatmodeller (GCM) som beskriver luftströmmar och väderfenomen över hela jorden. Dessa drivs bland annat med antaganden om framtidens utsläpp av växthusgaser, så kallade utsläppsscenarier. Figur 4-1 visar hur upplösningen i de globala klimatmodeller som använts av IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, även kallad FN:s klimatpanel) utvecklats under de senaste 20 åren.

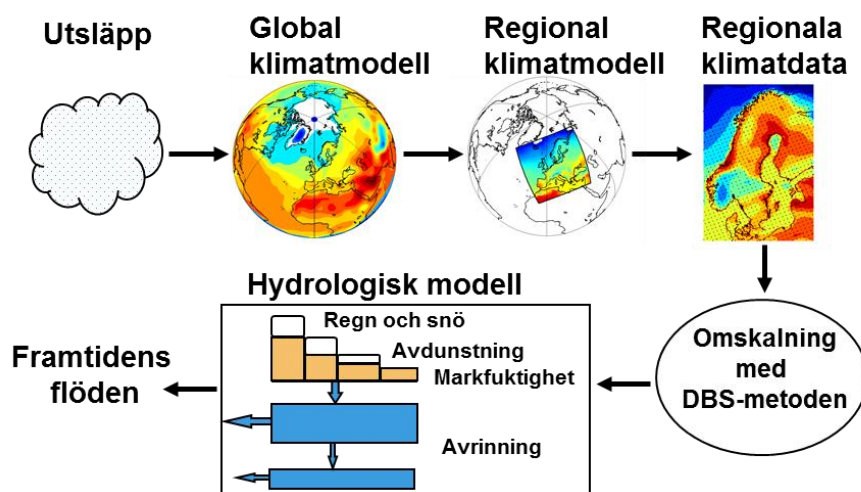
För mer detaljerade regionala analyser krävs en bättre beskrivning av detaljer som påverkar det regionala klimatet. Därför kopplas de globala klimatberäkningar till regionala klimatmodeller (RCM) med bättre upplösning och beskrivning av detaljer som exempelvis Östersjön och den Skandinaviska bergskedjan. Den regionala klimatmodellen drivs av resultat från den globala modellen på randen av sitt modellområde. Det gör att valet av global modell får stor betydelse för slutresultatet även regionalt. Globala och regionala klimatmodeller finns bland annat vid forskningsenheten Rossby Centre på SMHIs forskningsavdelning. Figur 4-2 visar hur dataflödet ser ut mellan klimatmodeller på olika skalor och hur indata levereras till en hydrologisk modell där det är möjligt att studera effekter på vattenföring, magasinering etc.

Den hydrologiska modell som använts i föreliggande studie är HBV-modellen. Det är en konceptuell avrinningsmodell utvecklad vid SMHI sedan slutet av 1970-talet (Lindström, et al., 1997). Modellen byggs upp av beräkningsrutiner för markfuktighet, snöackumulation och snösmältning, grundvatten och routing (beskrivning av vattnets väg). Indata till modellen har i denna studie hämtats från regionala klimatmodeller efter DBS-skalering, som beskrivs i avsnitt 4.5.

Analysen med HBV-modellen är gjord för oreglerade förhållanden. Det innebär att sjöar och reglerade magasin beskrivs som om de hade haft naturliga utlopp och inte aktivt reglerats för exempelvis vattenkraftsproduktion. Effekten av dessa reglerade magasin är dock begränsad för riktigt stora flöden, eftersom de måste släppas fram, oavsett reglering. Analyserna är gjorda för oreglerade förhållanden av flera skäl. Dels är det svårt att överblicka hur magasinerna regleras. Dessutom kan de regleringsstrategier som tillämpas under nuvarande klimatförhållanden komma att ändras när klimatet ändras. Andra faktorer, som exempelvis ändrade marknadsstrategier hos kraftproducenterna, kan ha minst lika stor effekt på vattenhushållningen som klimatförändringarna.



Figur 4-1. Horisontell upplösning i olika generationer av klimatmodeller som använts inom IPCC (modifierad efter IPCC, 2007). Vertikal upplösning visas inte i figuren men följer en liknande utveckling mot finare upplösning.



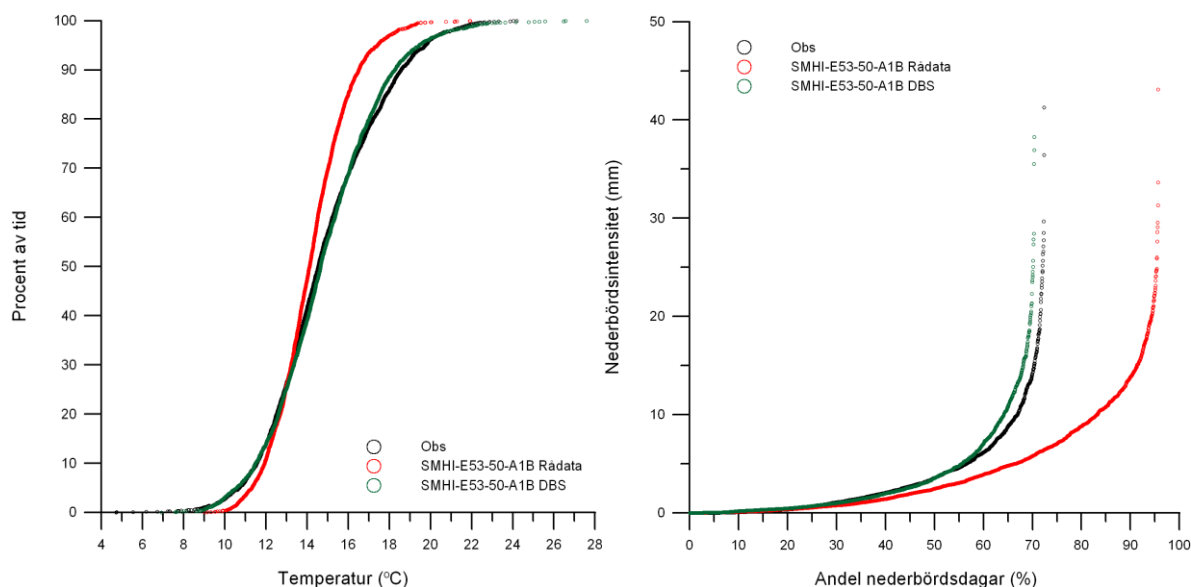
Figur 4-2. Illustration av dataflödet mellan global- och regional modell samt nedskalning till hydrologisk modell.

4.5 Klimatdata för effektstudier

För att använda klimatmodellernas utdata till att studera exempelvis hydrologiska effekter, krävs ett gränssnitt mellan klimatmodellen och den hydrologiska modellen. Anledningen är att klimatmodellerna inte kan beskriva det nutida klimatet tillräckligt väl för att ge en trovärdig hydrologisk respons, när utdata från klimatmodellen används direkt som indata till en hydrologisk modell.

Under senare år har en metod utvecklats som möjliggör en sådan anpassning. Metoden benämns DBS-metoden (Distribution Based Scaling) (Yang et al., 2010) och innebär att data från meteorologiska observationer används till att justera klimatmodellens resultat för att ta bort de systematiska felen. De korrigeringsfaktorer som då införs bibehålls vid beräkningen av framtidens klimat, varefter klimatberäkningens utdata blir statistiskt jämförbar med observationer och direkt kan användas som indata till en hydrologisk modell. Vid användning av DBS-metoden bibehåller man vid övergången till den hydrologiska modellen både förändringar i medelvärden och de förändringar i klimatets variabilitet som ges av klimatmodellen. Metoden har tidigare använts för hydrologiska modellberäkningar av Andréasson et al. (2011).

Figur 4-3 visar exempel på en anpassning med DBS-metoden. Figuren visar rådata i form av temperatur och andel nederbördsdagar och deras nederbördsintensitet från en klimatmodell, samt när dessa rådata anpassats med DBS-metoden. I figuren visas att data efter anpassningen stämmer väl överens med observerade data. Särskilt viktigt är att den överskattning av antal dagar med nederbörd med en viss intensitet som ges av klimatmodellen korrigeras.



Figur 4-3. Jämförelse mellan rådata från klimatmodeller och data som anpassats med DBS-metoden för juni-augusti 1961-1990. Till vänster dygnsmedeltemperatur (procent av tiden som viss dygnsmedeltemperatur underskrids) och till höger nederbörd (andel dagar med olika nederbördsintensitet).

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

Anpassning av klimatmodelldata med hjälp av DBS-metoden används i denna studie för nederbörd och temperatur, vilka också är drivvariablerna för den hydrologiska modellen. Den observerade nederbörd och temperatur som klimatmodellen anpassas mot har hämtats från den databas, PTHBV, som SMHI byggt upp med särskild inriktning på hydrologisk modellering.

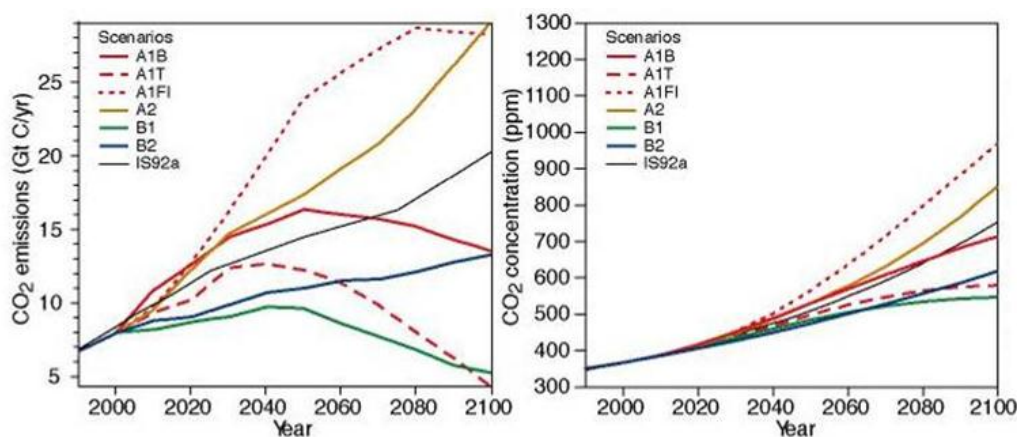
Databasen innehåller interpolerade värden på nederbörd och temperatur, vilka anges i ett rikstäckande rutnät (gridrutor) med upplösningen 4 km × 4 km. Data från SMHIs meteorologiska stationer har i denna databas interpolerats till gridrutor med hjälp av en geostatistisk interpolationsmetod som benämns optimal interpolation. Metoden innebär att hänsyn tas både till stationernas avstånd från beräkningsrutan och till deras inbördes korrelation. För att i interpolationen kunna beskriva den rumsliga variationen, utnyttjas höjddata samt (för nederbörd) även information om typisk vindriktning och vindstyrka under olika delar av året och i olika delar av landet. Detaljer om hur interpolationen utförs beskrivs av Johansson (2000) och Johansson och Chen (2003 och 2005). I databasen har den observerade nederbörden även korrigerats för mätförluster, som framförallt orsakas av att en del av nederbörden blåser förbi mätaren. Mätförlusterna har beräknats enligt Alexandersson (2003). I dessa beräkningar tas hänsyn till hur vindutsatt mätstationen är och om nederbörden faller som snö eller regn, vilket avgörs utifrån temperaturen.

Data från temperatur- och nederbördsstationer används för att bygga databasen. Varje år görs en genomgång av förändringar i stationsnätet. Stationer kan flyttas, nya kan komma till och de kan läggas ned. Klimatdata finns lagrade från 1961 och framåt i tiden. Även stationer utanför länet används för att beräkna data för länet.

4.6 Utsläppsscenarioer

För att kunna göra beräkningar av framtida klimat behövs antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. Vanligtvis används utsläppsscenarioer som utarbetats av FNs klimatpanel, IPCC. Några exempel visas i figur 4-4. Dessa bygger på antaganden av världens utveckling fram till år 2100 (Nakićenović and Swart, 2000). I utsläppsscenarioerna görs olika antaganden om jordens befolkning, ekonomisk tillväxt, teknologisk utveckling m.m. Utifrån dessa antaganden uppskattas hur mycket klimatpåverkande gaser och partiklar som kommer att släppas ut. Dessa utsläpp ger upphov till förändringar i atmosfärens sammansättning, som till exempel mängden koldioxid i luften, vilket i sin tur har en inverkan på klimatet.

Genom att göra simuleringar i klimatmodellerna med växthusgaskoncentrationer som motsvarar dagens förhållanden respektive för framtida förhållanden får man en bild av den framtida förändringen av klimatet.



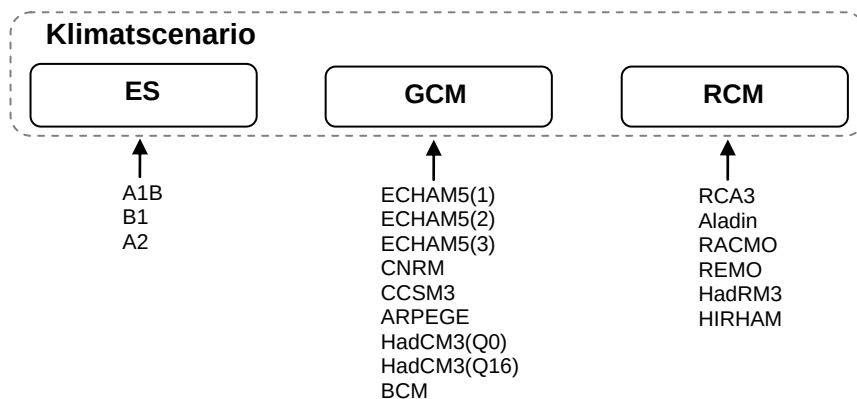
Figur 4-4. Antagande om framtida utsläpp av CO₂ (vänster) och resulterande CO₂-koncentrationer (höger) enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

4.7 Klimatscenarier

Ett klimatscenario är en successiv realisering av ett utsläppsscenario i en global- och en regional klimatmodell enligt dataflödet som beskrivs i figur 4-2. Samma utsläppsscenario kan således ge upphov till olika klimatscenarier beroende på vilka globala och regionala modeller som används. De tre komponenterna illustreras i figur 4-5 där också de möjliga alternativen för utsläppsscenario (ES=

Emissions Scenario), global klimatmodell (GCM= Global Circulation Model) och regional klimatmodell (RCM= Regional Climate Model) som används i denna studie framgår.

Under flera år användes huvudsakligen sex klimatscenarier för de flesta studier av klimateffekter i Sverige, inklusive av den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007a). Dessa sex klimatscenarier bygger på en global klimatmodell från Hadley Centre i England (HadCM3/AM3H) och en från Max-Planck-institutet i Tyskland (ECHAM4/OPYC3). Dessa globala modeller har körts med utsläppsscenario A2 respektive B2 som de beskrivs av Nakićenović and Swart (2000). De regionala klimatmodeller som användes benämns RCAO och RCA3 och kommer från Rossby Centre vid SMHIs forskningsenhet.



Figur 4-5. Ett klimatscenario består av en kombination av utsläppsscenario (ES), global modell (GCM) och regional modell (RCM).

Numera finns det tillgång till ett stort antal regionala klimatscenarier beräknade med nyare globala och regionala klimatmodeller. Det europeiska ENSEMBLES-projektet (van der Linden and Mitchell, 2009) syftade till att utveckla ett system för samordnade beräkningar av klimatförändringar baserat på ett antal europeiska och några utomeuropeiska globala och regionala klimatmodeller. Rossby Centre deltog i ENSEMBLES-samarbetet med den regionala klimatmodellen RCA3. ENSEMBLES-projektet fokuserade i huvudsak på klimatförändringar i ett tidsperspektiv fram till år 2050, varför en del klimatscenarier bara sträcker sig fram till mitten på seklet. Det utsläppsscenario som huvudsakligen användes inom ENSEMBLES benämns A1B (Nakićenović and Swart, 2000), men ett scenario med kraftigare utsläpp, A2, och ett med lägre utsläpp, B1, användes också.

I figur 4-4 visas ett antal utsläppsscenarioer, där A1B, A2 och B1 ingår. Ur figuren framgår bland annat att A1B är ett scenario där koldioxidutsläppen till atmosfären beräknas att kulminera runt år 2050. Koldioxiden i atmosfären fortsätter dock enligt detta scenario att stiga även efter 2050 på grund av systemets tröghet. Ur figuren ses även att skillnaden mellan effekten av olika utsläppsscenarioer är liten fram till mitten av seklet och ökar därefter.

De sammanställningar som gjorts av temperatur, nederbörd, vattenföring och snö (kap. 5) bygger på DBS-skalerade data från klimatscenarierna i tabell 4-1. Tabellen innehåller klimatscenarier från ENSEMBLES-projektet samt några från Rossby Centre vid SMHI. Observera att endast 12 av dessa 16 klimatscenarier sträcker sig ända fram till år 2100. De övriga fyra sträcker sig fram till 2050. Till största delen har utsläppsscenario A1B använts eftersom de flesta modellkörningar inom ENSEMBLES-projektet använt sig av detta, men även A2 och B1 finns representerade.

Den globala klimatmodellen ECHAM5 kommer från Max-Planck-institutet för meteorologi i Tyskland och HadCM3 från Hadley Center i England. Resultat baserade på ECHAM5 finns också från tre simuleringar som har startats från olika initialtillstånd i slutet på 1800-talet, vilka betecknas ECHAM5(1), ECHAM5(2) respektive ECHAM5(3). ECHAM5(3) är den simulering av de tre som har bäst överensstämmelse med faktisk klimatutveckling i Europa under slutet av 1900-talet och har därför

pekats ut som huvudalternativ för ENSEMBLES-projektets beräkningar. Denna modell är därför den vanligaste globala klimatmodell som används i denna rapport.

Även HadCM3 har använts med två olika initialtillstånd, men då har också modellen varit parametriserad med olika klimatkänslighet, som är ett mått på den temperaturökning som kan förväntas om mängden koldioxid i atmosfären fördubblas. En av dessa simuleringar refereras som Q0 och betraktas som mest trolig. Den version som har högre klimatkänslighet, Q16, ligger dock även den inom vad som klimatforskarna betraktar som rimliga gränser.

Övriga använda globala klimatmodeller är ARPEGE från Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) i Frankrike, BCM från Meteorologisk institutt (METNO) i Norge och den nordamerikanska modellen CCSM3.

De klimatscenarier som använts, i denna rapport, är de som funnits tillgängliga i form av DBS-skalerade scenarier vid genomförandet, dvs. inget aktivt urval av scenarier har gjorts. Allt eftersom fler klimatscenarier blir tillgängliga kan fler fall med höga respektive låga utsläppsscenarier inkluderas i klimatscensimuleringar. På så sätt kan fler tänkbara utvecklingar av klimatet simuleras. En större ensemble ger starkare statistiska mått på hur en framtida utveckling kan se ut. Den idag tillgängliga ensemblen är dock en stor förbättring mot vad som fanns tillgängligt för några år sedan, även om urvalet inte är systematiskt.

Tabell 4-1. Sammanställning av använda klimatscenarier. Nationsflaggorna avser instituten som har genomfört den regionala nedskalningen (RCM). Den globala klimatmodellen (GCM) ECHAM5 kommer från Max Planck Institute i Tyskland, ARPEGE från Centre National de Recherches Météorologiques i Frankrike, HadCM3 från Hadley Centre i England och BCM från Meteorologisk institutt i Norge. CCSM3 är en nordamerikansk modell som körts vid SMHI. Observera att endast 12 av dessa 16 klimatscenarier sträcker sig ända fram till år 2100.

Nation	Institut	Scenario	GCM	RCM	Upplösning	Period
	SMHI	A1B	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(2)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2100
	SMHI	B1	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ARPEGE	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	CCSM3	RCA3	50 km	1961-2100
	CNRM	A1B	ARPEGE	Aladin	25 km	1961-2050
	KNMI	A1B	ECHAM5(3)	RACMO	25 km	1961-2100
	MPI	A1B	ECHAM5(3)	REMO	25 km	1961-2100
	C4I	A2	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2050
	HC	A1B	HadCM3(Q0)	HadRM3	25 km	1961-2100
	C4I	A1B	HadCM3(Q16)	RCA3	25 km	1961-2100
	METNO	A1B	BCM	HIRHAM	25 km	1961-2050
	METNO	A1B	HadCM3(Q0)	HIRHAM	25 km	1961-2050
	DMI	A1B	ECHAM5(3)	HIRHAM	25 km	1961-2100

5 Jämtlands framtidsklimat

Analysen av Jämtlands läns framtidsklimat har gjorts utgående från de klimatscenarier som beskrivits i kap. 4.7. Dessa klimatscenarier har, som framgår av tabell 4-1, en horisontell upplösning av 25-50 km. De gridnät (beräkningsrutor) som ligger till grund för beräkningarna, är inte heller desamma för de olika modellerna. Efter justering av temperatur och nederbörd, med hjälp av observationer (PTHBV-databasen) såsom beskrivs i kap. 4.5, har klimatscenarierna lagrats med samma upplösning som den observerade databasen, dvs. 4 km × 4 km. Analyser av dessa bearbetade klimatscenarier gör det möjligt att presentera analyser och kartor med motsvarande upplösning i rummet. Det är dock mycket viktigt att här poängtera att *de regionala klimatmodellerna inte har denna höga upplösning* och därmed inte heller de klimatdata som kommer från desamma.

Resultaten presenteras i form av diagram och kartor samt ett fåtal tabeller. I bilagorna 2-21 samt 23 finns kartor för temperatur- och nederbördsvariabler och olika index baserade på desamma. De ger en samlad överblick för respektive klimatvariabel/-index. Några av dessa kartor finns också i detta kapitel. En lista över bilagorna finns i kapitel 10. Ibland förekommer enheten ”dagar” och ibland ”dygn” men beräkningarna avser alltid hela 24-timmarsperioder (undantaget analysen av korttidsnederbörd som omfattar 30-minutersvärden).

Värdena som visas i kartorna beräknas utifrån de sexton klimatscenarierna för respektive ruta. Alla beräkningar baseras på de omräknade klimatscenarierna som lagrats med upplösning 4 km × 4 km.

5.1 Temperatur

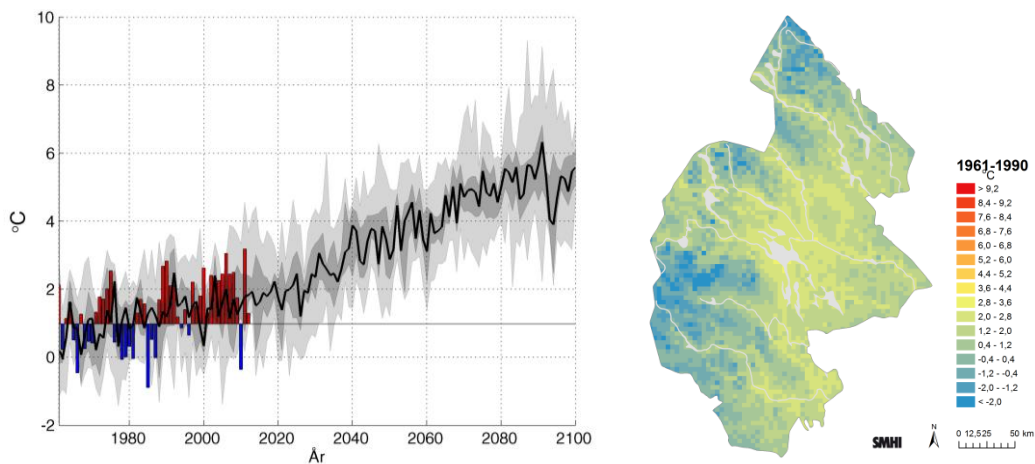
Statistik över dagens klimat för Jämtlands län har sammanställts utifrån SMHIs areellt interpolerade databas PTHBV (Johansson, 2000; Johansson och Chen, 2003 och 2005). Databasen innehåller optimalt interpolerade observationer med en upplösning på 4 km x 4 km och med data från 1961 till och med 2012. Databasen uppdateras vartefter, med nya år. Databasen är beskriven i kap. 4.5.

5.1.1 Medeltemperatur för år och säsong

Årsmedeltemperaturen i Jämtlands län för referensperioden 1961-1990 (30 år) baserad på PTHBV-databasen var 1,0°C. För perioden 1991-2012 (22 år) var medeltemperaturen för länet 1,9°C, dvs. 0,9°C varmare.

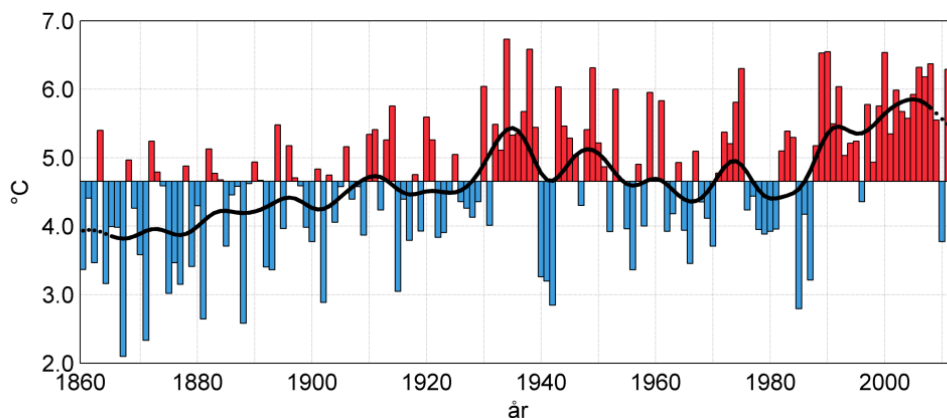
Den beräknade temperaturutvecklingen för Jämtlands län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1 framgår av figur 5.1-1. Årsmedeltemperaturen ökar successivt och når temperaturer i medeltal runt 5°C i slutet av seklet. Variationen mellan år är dock stor och spridningen visar att relativt kalla år kan förekomma de närmsta årtiondena. Årsmedeltemperaturer på ca 8°C såväl som ned mot 3°C kan förekomma i slutet på seklet om hänsyn tas till hela spännvidden som ges av de 12 klimatscenarierna. Kartan (figur 5.1-1) visar hur den observerade årsmedeltemperaturen varierar i länet.

I bilaga 2-6 visas alla kartor över årsmedeltemperaturen och säsongstemperaturen beräknad för tidsperioderna 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differensen för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. De observerade värdena 1961-1990 och 1991-2010 visas också. Observerade och beräknade värden 1961-1990 visar mycket bra överensstämmelse för länet.



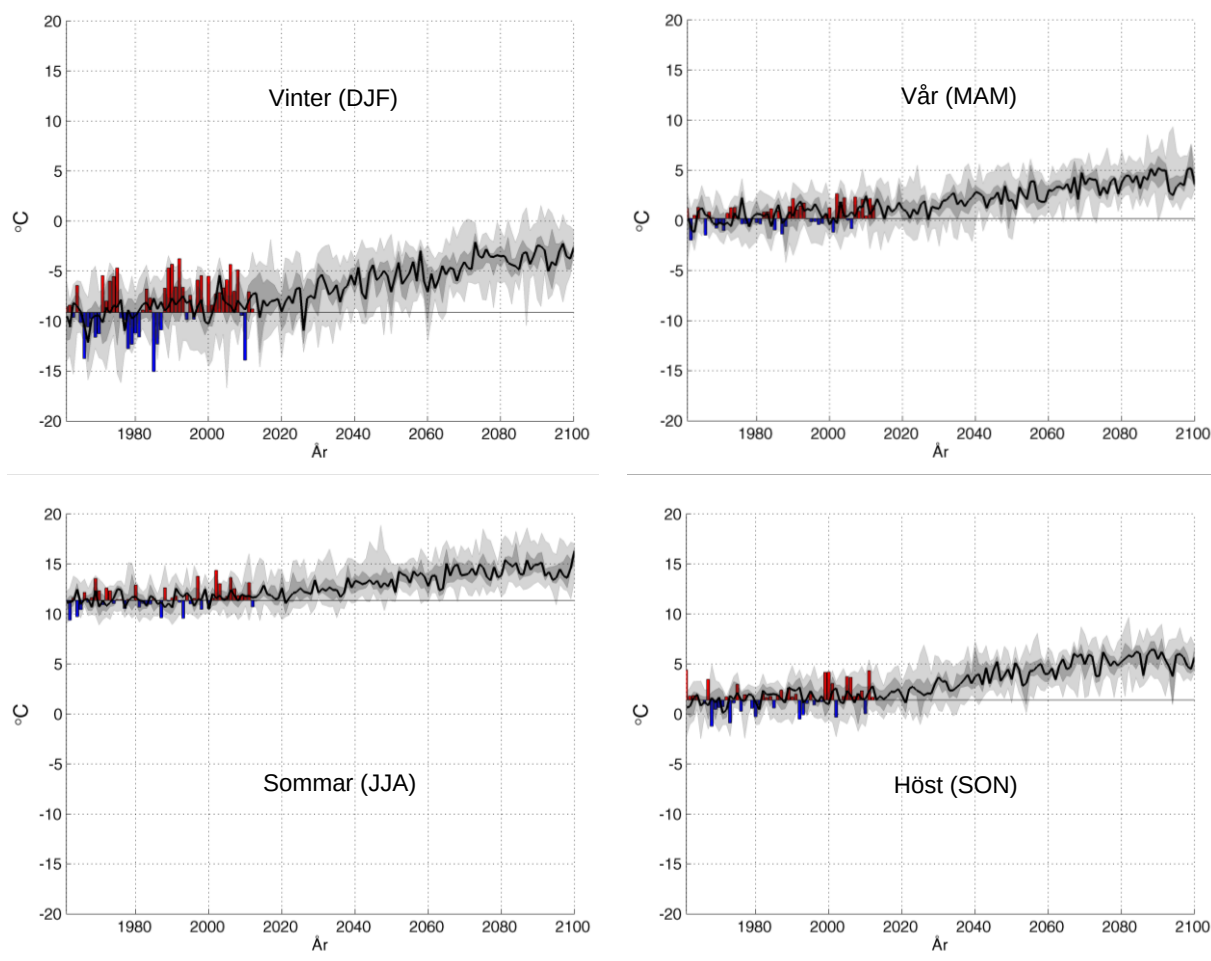
Figur 5.1-1. Beräknad utveckling av årsmedeltemperaturen i Jämtlands län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Årsmedeltemperaturen 1961-1990 (1,0°C) visas som en horisontell linje. Observerade årsvärden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och observerade lägre årsvärden visas som blå staplar. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje. Kartan visar den observerade årsmedeltemperaturen 1961-1990 (°C).

Det finns inte tillgängliga temperaturdata för att kunna beräkna årsmedeltemperatur i Jämtland för tidigare 30-årsperioder före 1960. För att visa temperaturutveckling i ett längre perspektiv visas här årsmedeltemperaturens utveckling i Sverige från 1860 fram till och med 2012, beräknad utifrån 37 stationer spridda över landet (figur 5.1-2). Fördelningen mellan varma och kalla år stämmer bra överens med Jämtland (figur 5.1-1) för perioden 1961-2012 även om det skiljer i absoluta värden. Den senaste ca 25-årsperioden framstår även för hela Sverige som ovanligt varm, med undantag av 1996 och 2010.



Figur 5.1-2. Årsmedeltemperaturen i Sverige 1860-2012 (°C) baserat på 37 stationer spridda över landet. Röda staplar visar högre och blå staplar visar lägre temperaturer än medelvärdet för perioden 1961-1990. Den svarta kurvan visar ett utjämnat förlopp som ungefär motsvarar tio-åriga medelvärden. Källa: www.smhi.se/klimatdata

Det finns stora likheter mellan de globala och de svenska variationerna i temperaturen, t.ex. att slutet av 1800-talet var kallare än 1900-talet. Sedan 1988 har alla år utom 1996 och 2010 varit varmare eller mycket varmare än genomsnittet för 1961-1990, dvs. den nu gällande normalperioden. Eftersom Sverige bara utgör en liten del av jordytan framträder regionala variationer i en jämförelse med globala värden. Bland annat den varma perioden under 1930-1940-talen, inklusive åren med de kalla krigsvintrarna, som syns tydligt i våra data är inte alls så framträdande i globala data. Även det i Sverige kalla året 2010 är ett exempel på en regional avvikelse eftersom detta år globalt var ett av de varmaste.



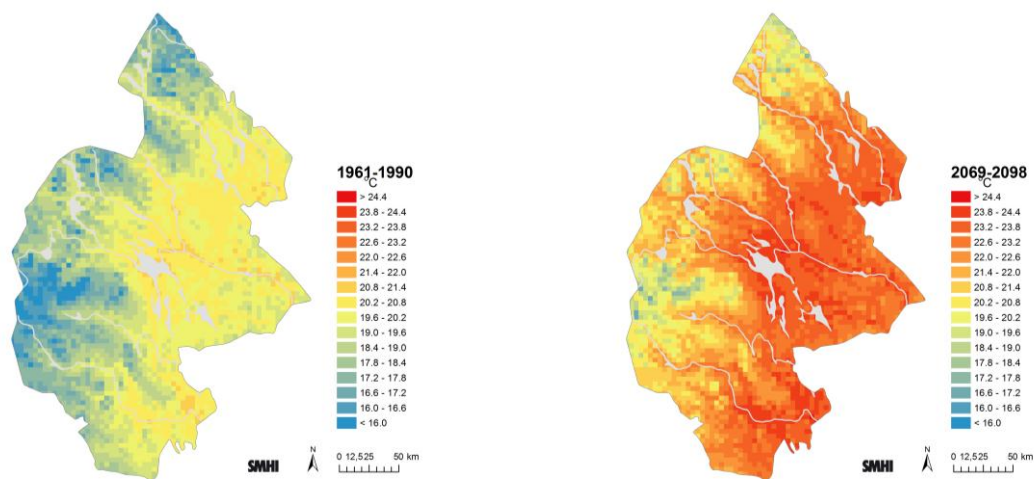
Figur 5.1-3. Den beräknade temperaturutvecklingen i Jämtlands län för de fyra årstiderna baserat på samtliga klimatscenarier. Årstiderna definieras enligt meteorologisk standard: månaderna december-februari = vinter, mars-maj = vår, juni-augusti = sommar och september-november = höst. Observerade värden, medianvärden, percentiler, min- och maxvärden visas i enlighet med figur 5.1-1

Temperaturutvecklingen för de fyra säsongerna visas i figur 5.1-3. Variationen i säsongstemperatur (1961-2012) mellan åren är störst för vintern (ca 10 grader). Medeltemperatur för referensperioden 1961-1990 är $-9,1^{\circ}\text{C}$ för vintern, $0,2^{\circ}\text{C}$ för våren, $11,3^{\circ}\text{C}$ för sommaren och $1,4^{\circ}\text{C}$ för hösten. För samtliga säsonger syns en temperaturuppgång under seklet och den är mest framträdande för vintern.

I beräkningarna över framtidsklimatet, avseende årsmedeltemperaturer, kvarstår det regionala mönstret med varmare förhållanden i östra delarna av länet och svalare på de mer höglänta områdena (se bilaga 2). Även för säsongskartorna följer värdena den topografiska kartan. Differenskartorna bekräftar att temperaturuppgången är störst för vintern, mot slutet av seklet sker en ökning med upp mot 6°C (se bilaga 3).

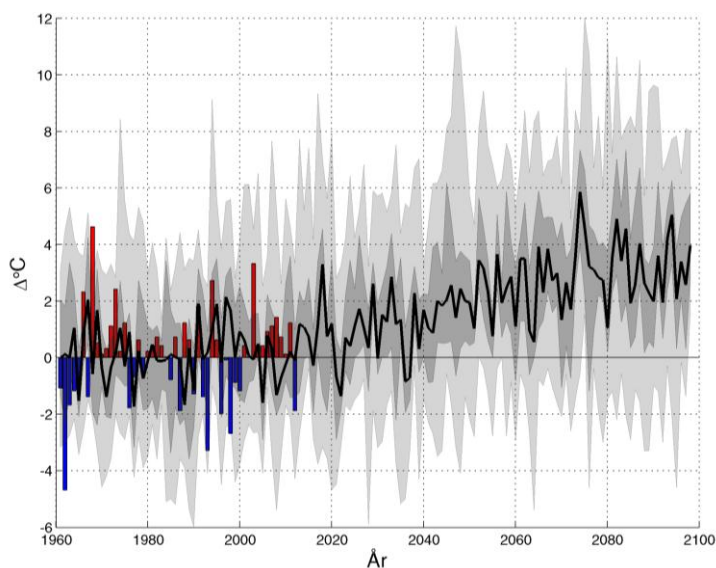
5.1.2 Varma perioder

Kartor över årets högsta dygnsmedeltemperatur finns i bilaga 7. Här visas två av dem (figur 5.1-4) Indexet är beräknat som ett medelvärde över 30 år och visar alltså inte extrema värden på dygnsmedeltemperatur. Observerade och beräknade värden för 1961-1990 stämmer väl överens. De högsta genomsnittliga dygnsmedeltemperaturerna förekommer i östra delarna av länet och särskilt i älvdalarna. I referensklimatet låg de på drygt 21°C vilket i framtidsberäkningarna för slutet på seklet även förekommer i de kallare västliga delarna av Jämtland.



Figur 5.1-4. 30-årsmedelvärden av högsta dygnsmedeltemperatur (°C), observerad för 1961-1990 (vänster karta) och beräknad för 2069-2098 (höger karta).

Årets högsta (maximala) dygnsmedeltemperatur är i medeltal 18,8 °C för referensperioden 1961-1990. Under perioden 1961-2012 varierade de maximala årsvärdena mellan drygt 14 °C och 23 °C. Med den allmänna temperaturhöjningen under 2000-talet ökar även den maximala dygnsmedeltemperaturen för Jämtland och i slutet på seklet är ökningen i medeltal ca 3 grader. Det betyder att den maximala dygnsmedeltemperaturen per år då blir i genomsnitt ca 22 °C (figur 5.1-5).



Figur 5.1-5. Utvecklingen av årets högsta (maximala) dygnsmedeltemperaturen (°C) för Jämtlands län i relation till medelvärdet för 1961-1990 (20,8 °C). Observerade värden som är större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och de värden som är lägre visas som blå staplar. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75: percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet från samtliga klimatberäkningar. Medianvärden presenteras som svart linje.

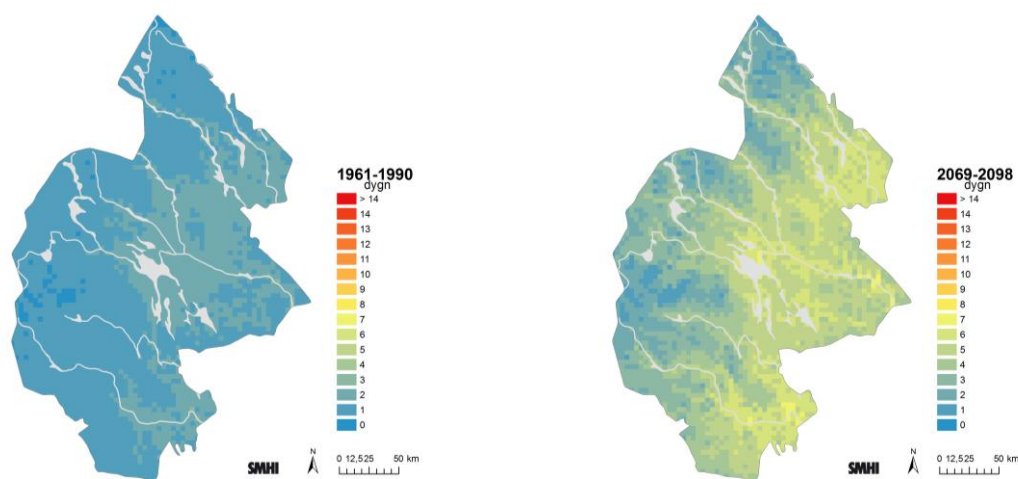
Varma perioder kan definieras på olika sätt, utifrån dygnsmedeltemperatur eller dygnets högsta temperatur. Ofta används begreppet värmebölja, som är ett vagt begrepp för en längre period med, för aktuell plats, varma förhållanden. Det finns ingen allmänt vedertagen gemensam definition för värmebölja. SMHI har sammanställt ett faktablad över värmeböljor där även olika definitioner omnämns (SMHI, faktablad nr 49, 2011). WMO (World Meteorological Organization) definierar värmebölja som ”över fem dagar i sträck med högsta dagstemperatur mer än 5 °C över den för årstiden

normala under perioden 1961-1990.” I Sverige definierar SMHI värmebölja som ”en sammanhängande period då dygnets högsta temperatur överstiger 25°C minst fem dagar i sträck.” Enligt denna definition råder alltså inte värmebölja under vintrar med ovanligt höga vintertemperaturer. Yrkes- och miljömedicin vid Umeå universitet anger värmebölja som då dygnsmedeltemperaturer på 22-23°C eller däröver råder i minst 2 dygn. Socialstyrelsen har i en redovisning till regeringen angett värmebölja som ”veckor med en observerad medeltemperatur över den förväntade medeltemperaturen.” Det finns alltså olika definitioner och de är, ur ett klimatologiskt perspektiv, mer eller mindre diffusa. Flera länder har olika värmeindex som även används i väderrapporteringen. I Sverige har SMHI påbörjat ett arbete för att kunna utfärda värmevarningar vid behov. Det testades sommaren 2012 för första gången men sommaren var kall och endast ett tillfälle inträffade, vilket systemet fångade. Sommaren 2013 hade några varma perioder men det blev aldrig så höga temperaturer att det behövdes utfärdas varning för kraftig värme.

I ett internationellt perspektiv uppfattas värmeböljor väldigt olika, till viss del beroende på fysionomi men också på inlärt beteende. Sverige är ett förhållandevis kallt land och mer anpassat för kalla förhållanden än för varma förhållanden. Hur stora konsekvenser värmeböljor får beror på samhällets förmåga till fysiska anpassningsåtgärder men också på människors beteenden. Forskare på Umeå universitet har vid hälsostudier funnit effekter av värme redan vid så pass låg medeltemperatur som 22°C i Sverige.

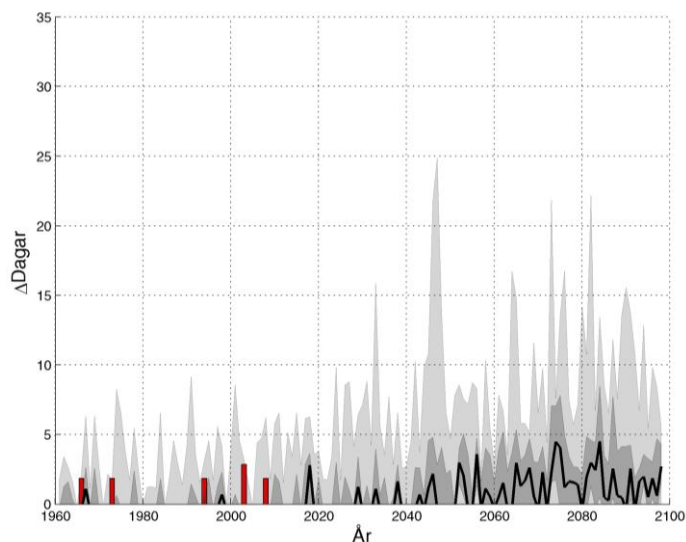
I denna analys används antal sammanhängande dygn per år med medeltemperatur över 20°C som ett mått på varma perioder för att analysera hur framtidens klimat ter sig i jämförelse med dagens klimat avseende värme. I figur 5.1-6 visas observerade värdena för perioderna 1961-1990 och beräknade för 2069-2098. Övriga kartor återfinns i bilaga 8. I Jämtland förekommer inte varma perioder varje år. Enligt definitionen ovan har det bara varit sammanhängande dygn under fem olika somrar de senaste 52 åren (figur 5.1-7).

Beräkningarna visar att högsta dygnsmedeltemperaturen stiger med generellt någon grad för perioden 2021-2050 (bilaga 7) och de varma perioderna över länet väntas ligga på 0-4 dagar. Det blir en förstärkning för perioden 2069-2098 då östra delarna av länet får upp mot 7 varma dagar i sträck i medeltal, i fjälltrakterna kan några enstaka varma dagar i följd inträffa. Denna förstärkning syns även i figur 5.1-6.



Figur 5.1-6. Antal sammanhängande dygn per år med dygnsmedeltemperatur >20°C, observerat för 1961-1990 (vänster karta) och beräknat för 2069-2098 (höger karta). Värdena avser 30-årsmedelvärden.

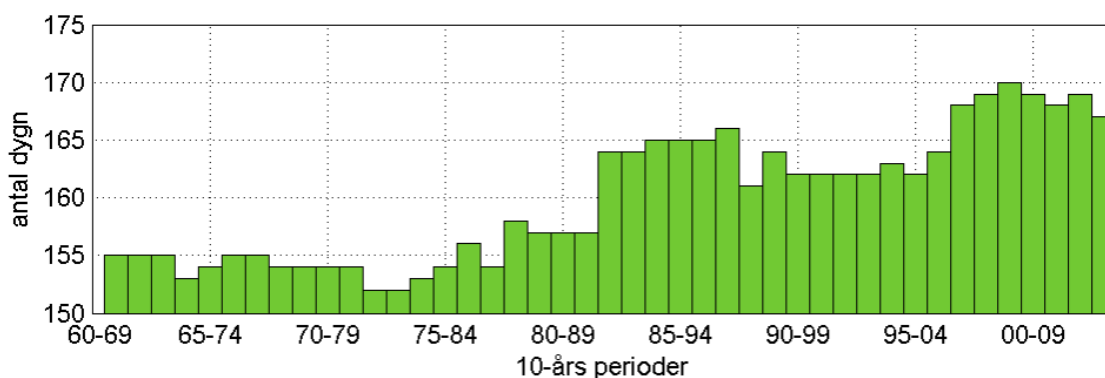
I figur 5.1-7 kan ses att antalet dagar ökar och att variationen mellan scenarierna är stor mot slutet av seklet. Det är värt att påpeka att kartorna representerar medelvärden över 30 år. När värmeböljor inträffar kan de vara avsevärt längre än medelvärdet, vilket kan ses i figur 5.1-7.



Figur 5.1-7 Maximalt antal sammanhängande dygn med dygnsmedeltemperatur över 20°C (dvs. tröskelvärde är 2 dygn). Medelvärde för 1961-1990 är 0,1 dygn. Observerade värden, medianvärden, percentiler, min- och maxvärden visas i enlighet med figur 5.1-1.

5.1.3 Vegetationsperiod

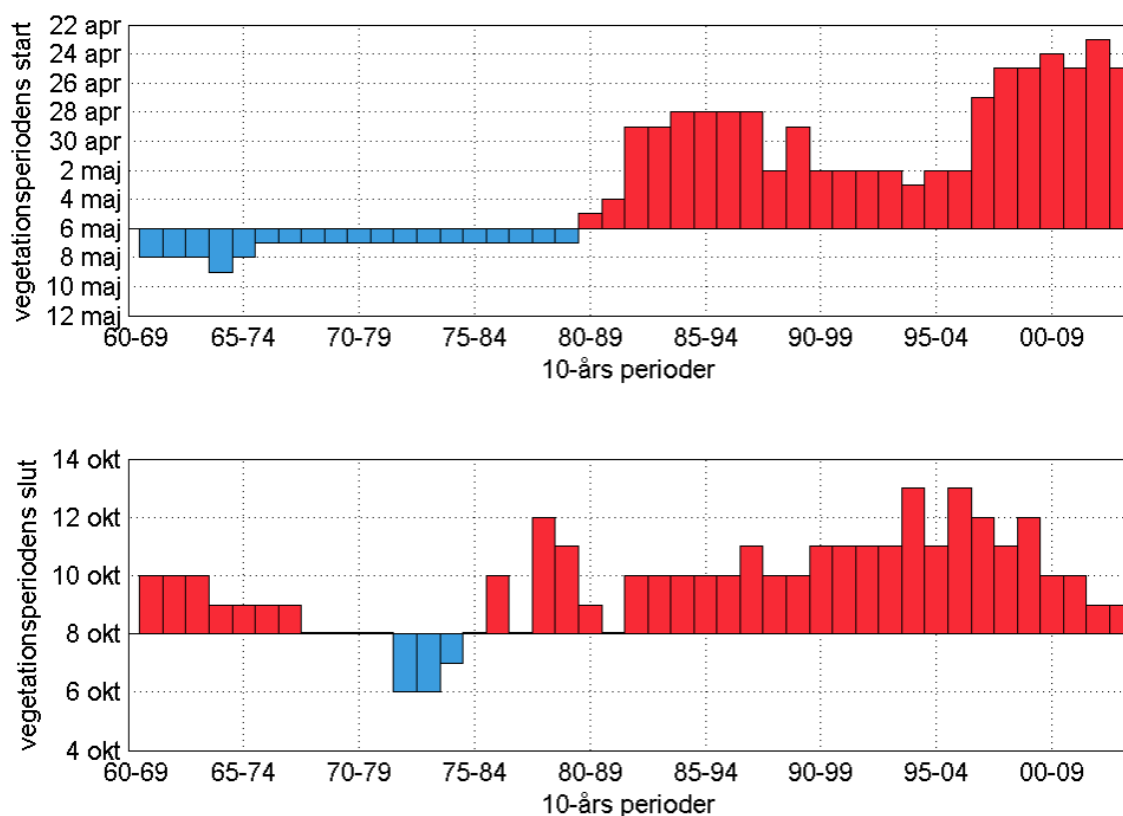
För norra Sverige har vegetationsperiodens längd ökat med ungefär två veckor under de senaste 40 åren (www.smhi.se/klimat). Även i södra Sverige har längden av vegetationsperioden ökat, men inte lika mycket. Norra Sverige definieras här som norra Svealand och Norrland (figur 5.1-8). Ökningen är tydligast för starten av säsongen (figur 5.1-9). Under 2000-talet har vegetationsperioden startat ca 11 dagar tidigare än 1961-1990.



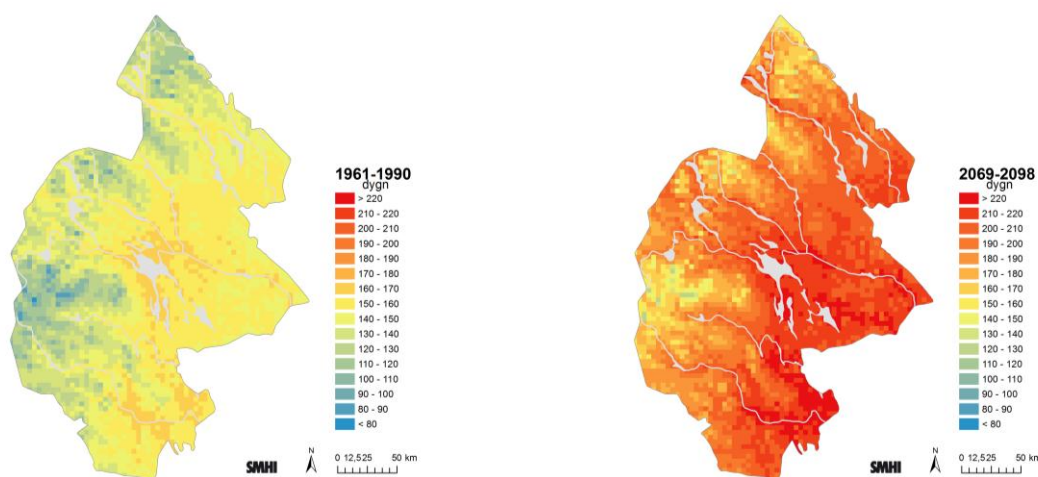
Figur 5.1-8 Den observerade vegetationsperiodens längd (antal dagar) 1961-2012 för norra Sverige baserat på data från 16 stationer i norra Svealand och i Norrland. Tröskelvärde är 5°C. Staplarna visar löpande 10-årsmedelvärden så att den första stapeln avser 1961-1970, den andra stapeln 1962-1971 osv. Källa: www.smi.se/klimat

Längden på vegetationsperioden i Jämtlands län följer den topografiska kartan väl, med den kortaste vegetationsperioden i fjälltrakterna. Denna fördelning kvarstår även i framtidsberäkningarna (figur 5.1-10).

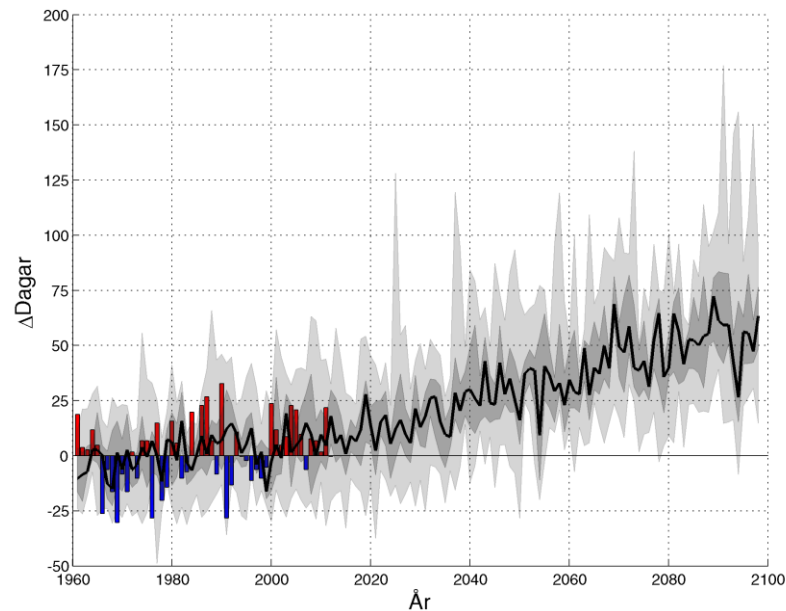
Vegetationsperiodens längd för länet som helhet är 140 dagar (tröskelvärde 5°) under referensperioden 1961-1990 men variationen mellan år är dock stor, från ca 110 till 170 dagar. Enligt beräkningarna ökar vegetationsperioden under kommande år. Mot slutet av seklet ligger ökningen på ca 50 dagar (figur 5.1-11).



Figur 5.1-9. Den observerade vegetationsperiodens start (överst) och slut (nederst) för norra Sverige, i enlighet med föregående figur. Röda och blåa staplar visar en tidigare respektive senare start än det genomsnittliga startdatumet för perioden 1961-1990. Källa: www.smhi.se/klimat



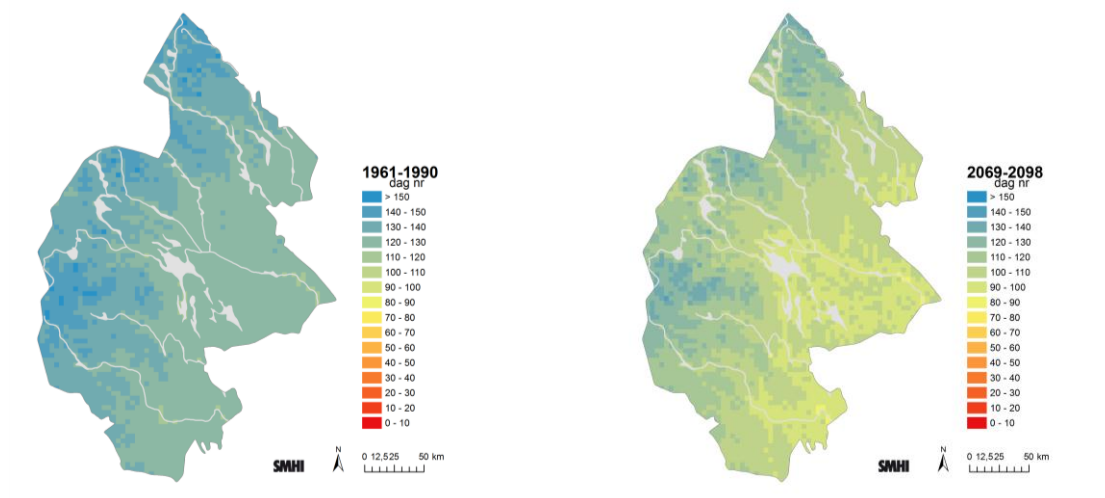
Figur 5.1-10. Vegetationsperiodens längd med tröskelvärde 5°C (antal dygn per år), observerat för 1961-1990 (vänster karta) och beräknat för 2069-2098 (höger karta). Värdena avser 30-årsmedelvärden.



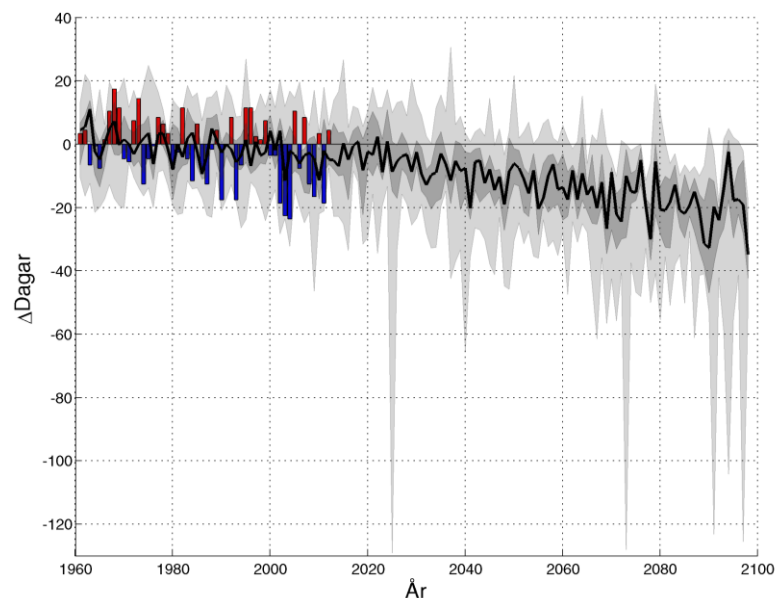
Figur 5.1-11. Vegetationsperiodens längd beräknad för Jämtlands län 1961-2100, uttryckt som avvikelse från medelvärdet för 1961-1990 (140 dagar). Observerade värden, medianvärden, percentiler, min- och maxvärden visas i enlighet med figur 5.1-1.

Vegetationsperiodens start definieras här som första tillfället på året då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C under 4 dagar i följd. Starttidpunkten avser den första dagen av de fyra.

Medelvärdet för vegetationsperiodens start är 133 (dvs. 13 maj) för referensperioden 1961-1990. En tidig start på vegetationsperioden blir enligt beräkningarna vanligare och vid slutet av århundrandet är starttidpunkten 20 dagar tidigare enligt beräkningarna, dvs. slutet av april (figur 5.1-12 och 5.1-13).



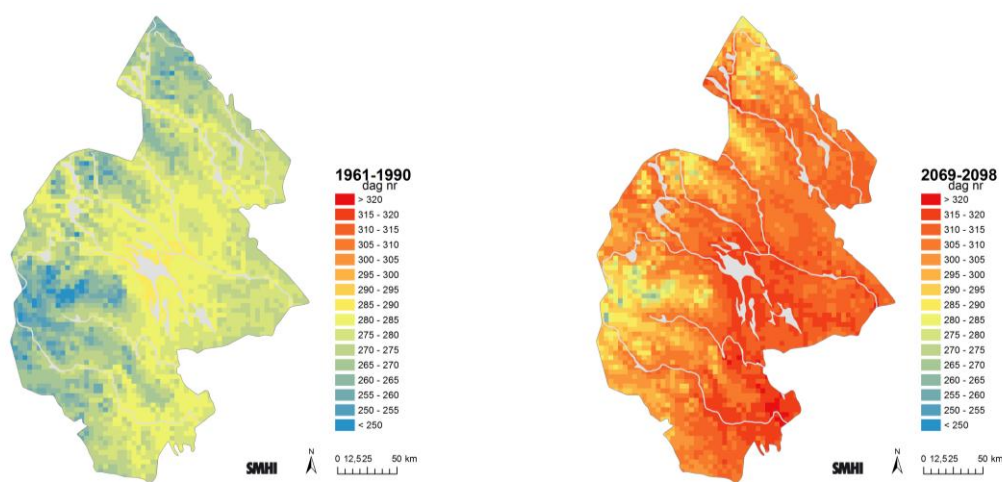
Figur 5.1-12. Vegetationsperiodens start (dagnummer) observerat för 1961-1990 (vänster karta) och beräknat för 2069-2098 (höger karta). Värdena avser 30-årsmedelvärden.



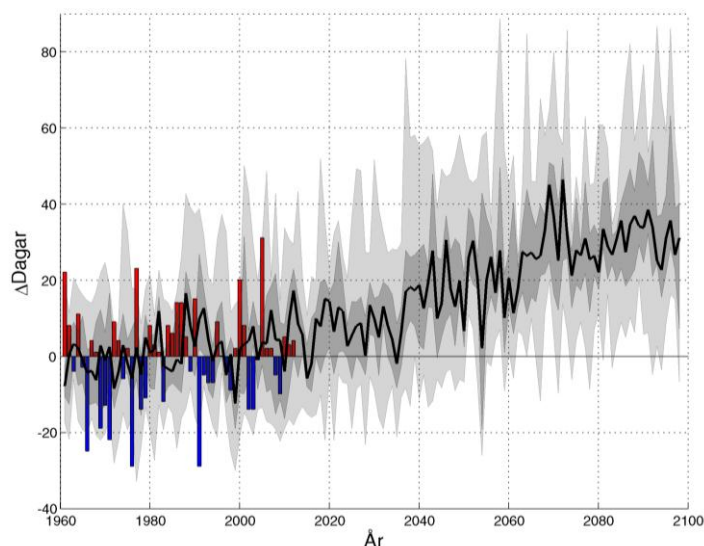
Figur 5.1-13. Vegetationsperiodens starttidpunkt beräknad för Jämtland län 1961-2100, uttryckt som avvikelse från medelvärdet för 1961-1990 (dagnummer 133). Observerade värden, medianvärden, percentiler, min- och maxvärden visas i enlighet med figur 5.1-1.

Vegetationsperiodens sluttidpunkt definieras här på samma sätt som för starttidpunkten dvs. med tröskelvärdet 5°C och varaktighet 4 dagar. Mönstret över länet för vegetationsperiodens slut (figur 5.1-14) följer mycket väl topografin. Detsamma gäller även för starttidpunkten (figur 5.1-12). Sluttidpunkten i medeltal för länet är dagnummer 273 (dvs. 30 september) för referensperioden 1961-1990. Enligt beräkningarna slutar vegetationsperioden allt senare på året och vid slutet av seklet är förändringen i medeltal ca 30 dagar. Det innebär att växtsäsongen pågår till slutet av oktober. Datamet för vegetationsperiodens sluttidpunkt har varierat mycket under de senaste årtiondena och en stor variation syns även framöver (figur 5.1-15).

Förändringen i vegetationsperiod är alltså något större avseende sluttidpunkten. I bilaga 10-11 finns kartor över vegetationsperiodens start- och sluttidpunkt beräknad för tidsperioderna 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098. Observerade värden finns för 1961-1990.



Figur 5.1-14. Vegetationsperiodens slut (dagnummer) observerat för 1961-1990 (vänster karta) och beräknat för 2069-2098 (höger karta). Värdena avser 30-årsmedelvärden.



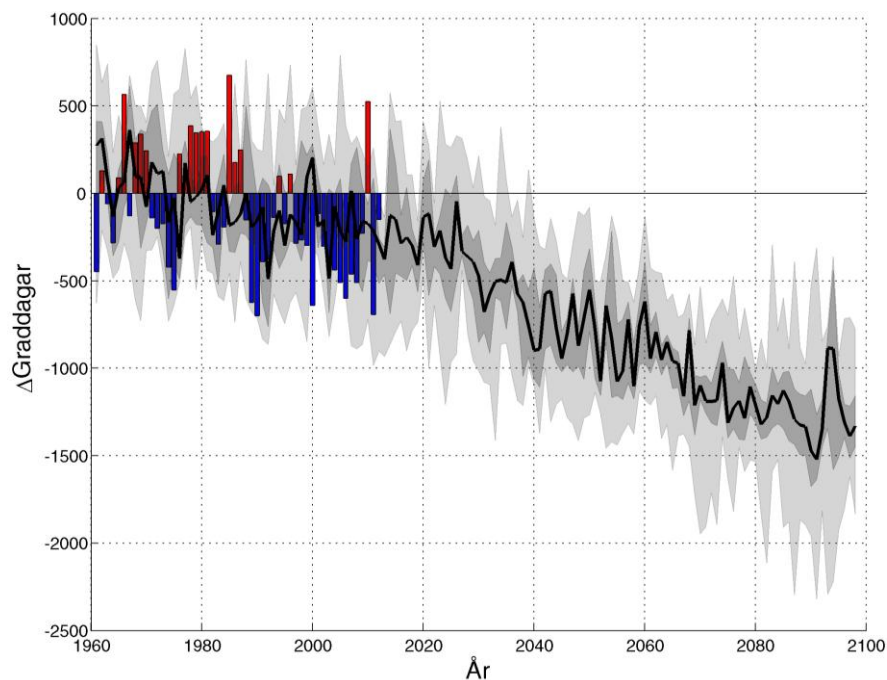
Figur 5.1-15. Vegetationsperiodens sluttidpunkt beräknad för Jämtland län 1961-2100, uttryckt som avvikelse från medelvärdet för 1961-1990 (dagnummer 273). Observerade värden, medianvärden, percentiler, min- och maxvärden visas i enlighet med figur 5.1-1.

5.1.4 Behov av uppvärmning och kylning

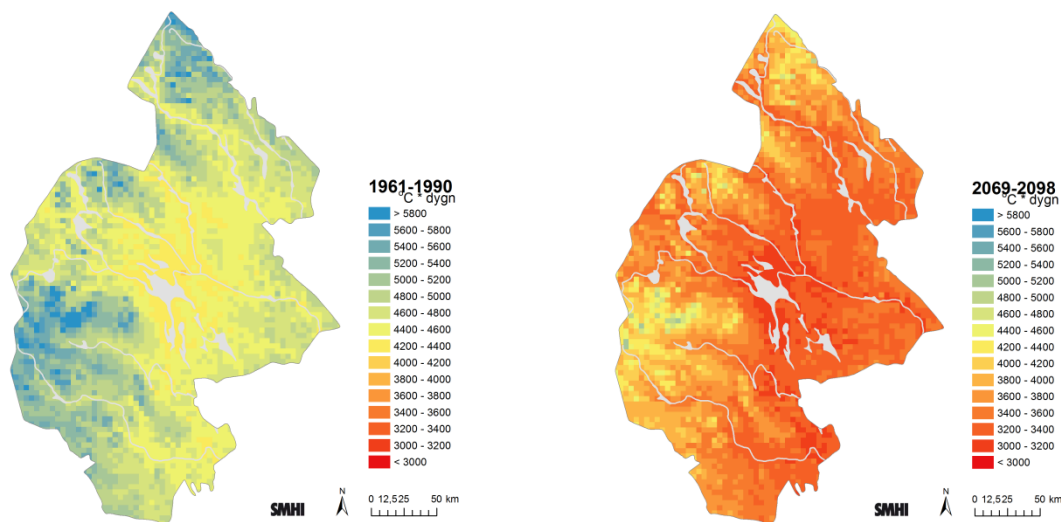
I bilaga 12 presenteras kartor över graddagar för uppvärmning med tröskelvärde 17°C. Måttet baseras på att byggnaders värmesystem ska värma upp byggnader till 17°C. Resterande energibehov antas tillkomma från solinstrålning samt från värme alstrad av personer och elektrisk utrustning i byggnaderna. Beräkningen av graddagar görs så att för de dagar då dygnsmedeltemperaturen underskrider 17°C beräknas skillnaden mellan dagens temperatur och 17°C. Dessa skillnader summeras sedan över året. En dag då medeltemperaturen t.ex. varit 6°C bidrar med 11 graddagar till årssumman. Under vår, sommar och höst har solinstrålningen särskilt stor betydelse och för dessa säsonger väljs därför andra tröskelvärden; april 12°C, maj-juli 10°C, augusti 11°C, september 12°C, oktober 13°C.

Under de senaste två decennier har det varit en stadig minskning av behov för uppvärmning (figur 5.1-16). 2010 sticker ut men detta år var ett ovanligt kallt år, inte bara för Jämtland utan för hela landet. Medelvärdet för perioden 1961-1990 är 4776 graddagar. Enligt beräkningarna fortsätter behovet av uppvärmning att minska framöver och i slutet av seklet har uppvärmningsbehovet minskat med ca 1200 graddagar för länet, dvs. till ca 3500 graddagar.

Variationen i antalet graddagar för uppvärmning över länet är stor och följer ganska väl topografin med störst behov i de högre belägna områdena och lägre behov i länets östra delar. Detta mönster kvarstår över länet men till slutet av seklet har graddagarna minskat från ca 4200-5600 till ca 3000-4400 (figur 5.1-17).



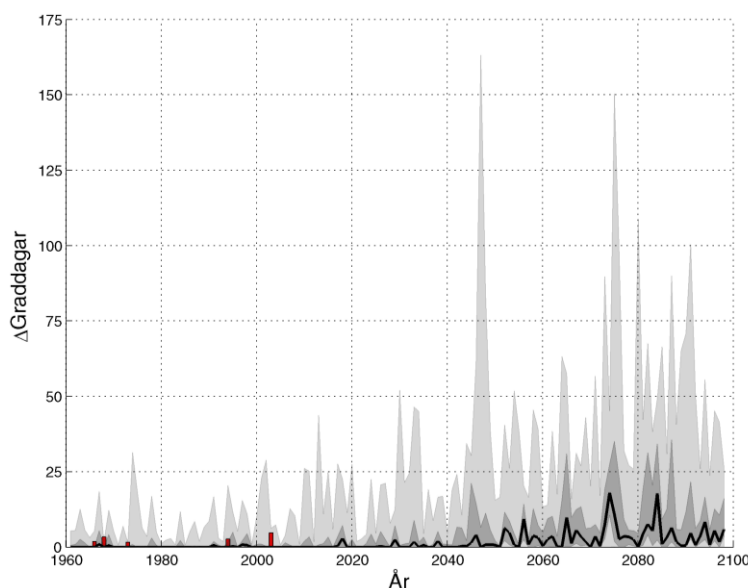
Figur 5.1.-16. Utvecklingen av beräknat antal graddagar för uppvärmning under året för perioden 1961-2098 relativt referensperiodens medelvärde. För referensperioden 1961-1990 är antalet graddagar 4776. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och observerade lägre värden visas som blå staplar. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje. Diagrammet avser Jämtlands län.



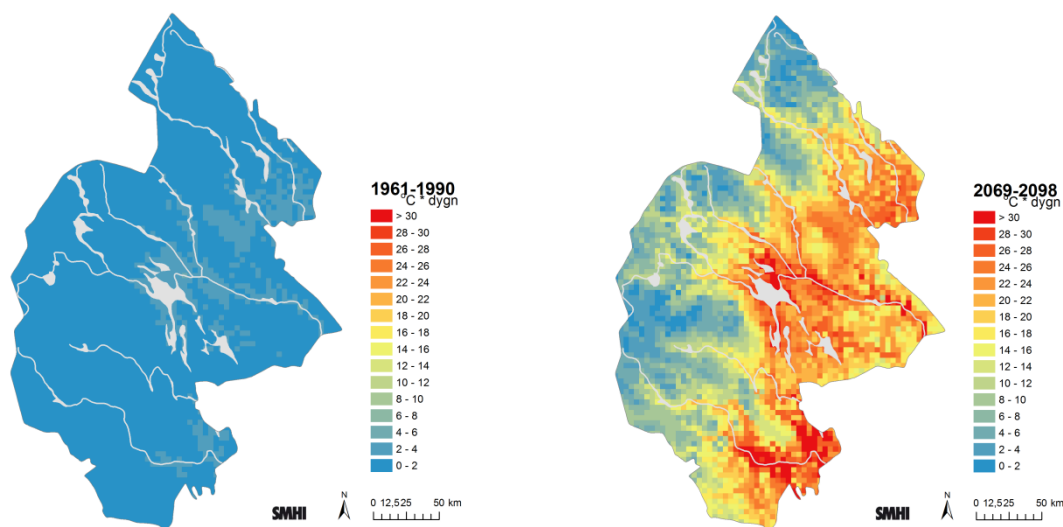
Figur 5.1-17. Beräknat antal graddagar för uppvärmning under året med tröskelvärde 17 grader (för vintern) observerat för 1961-1990 (vänster karta) och beräknat för 2069-2098 (höger karta). Värdena avser 30-årsmedelvärden.

I bilaga 13 presenteras kartor över graddagar för kylning ($^{\circ}\text{C} \times \text{dygn}$) med tröskelvärdet 20°C . Beräkningen görs så att för de dagar då dygnsmedeltemperaturen är större än 20°C bidrar den dagen med överskottet (dygnsmedeltemperaturen minus 20°C) till antalet graddagar. Dessa summeras sedan över året.

För Jämtland är kylbehovet närmast försumbart i dagens klimat men en viss ökning kan ses i framtidsberäkningarna. I figur 5.1-18 visas den beräknade utvecklingen för länet som helhet. Under referensperioden 1961-1990 var medelvärde ca 0,2 graddagar per år. Mot slutet av seklet är spridningen av resultaten stor men medianvärdena visar en ökning på ca 5 graddagar.



Figur 5.1-18. Beräknat antal graddagar för kylning överstigande 20°C, 1961-2098. Observerade värden visas som röda staplar. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.



Figur 5.1-19. Beräknat antal graddagar för kylning överstigande 20 °C observerat för 1961-1990 (vänster karta) och beräknat för 2069-2098 (höger karta). Värdena avser 30-årsmedelvärden.

Kartor över graddagar för kylning med tröskelvärde 20°C visas i bilaga 13. I dagens klimat är behovet av kylning litet vilket kan ses i kartan för 1961-1990 (figur 5.1-19). Behovet av kylning ökar enligt beräkningar under de kommande åren och vid slutet av seklet ligger det på mellan 4 och 30 graddagar. Ökningen blir störst i lägre belägna delar av länet. Jämfört med uppvärmningsbehovet är dock kylbehovet mycket litet, även i slutet på seklet.

5.2 Nederbörd

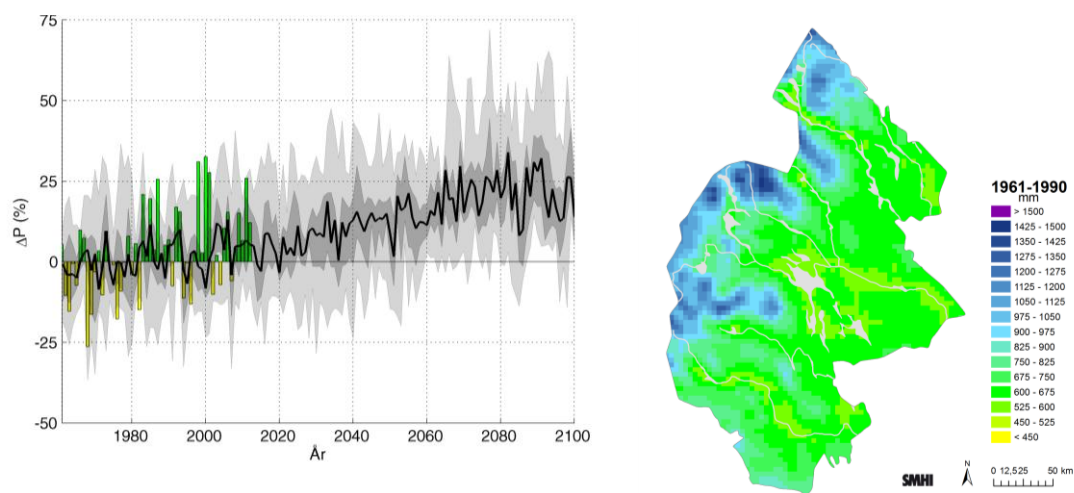
Statistik över dagens klimat för Jämtland län har sammanställts utifrån SMHIs areellt interpolerade databas PTHBV (Johansson, 2000; Johansson och Chen, 2003 och 2005). Databasen innehåller optimalt interpolerade observationer med en upplösning på 4 km × 4 km och med data från 1961.

5.2.1 Medelnederbörd för år och säsong

Årsmedelnederbörden i Jämtlands län för referensperioden 1961-1990 (30 år) baserad på PTHBV-databasen var 745 mm. För perioden 1991-2012 (22 år) var årsmedelnederbörden för länet 801 mm, dvs. en ökning på nästan 8%. För landet som helhet syns en ökning på ca 10% för samma period.

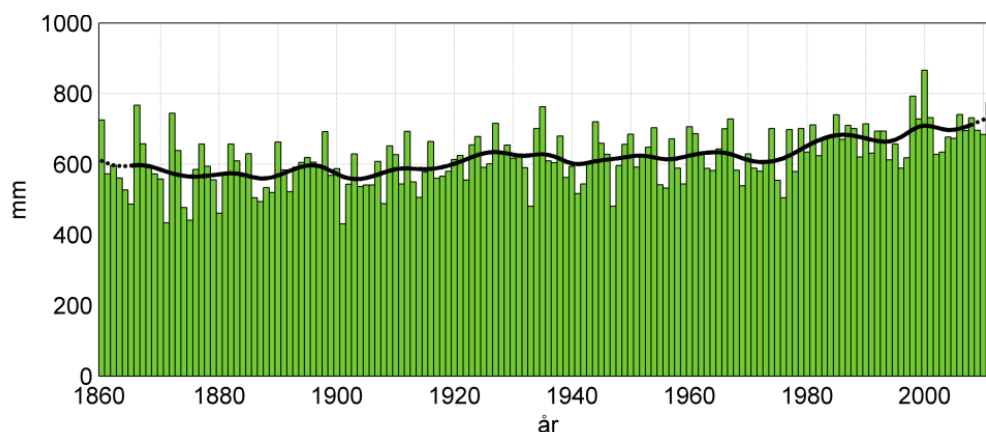
Den beräknade utvecklingen för årsnederbörd i Jämtland baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1 framgår av figur 5.2-1. Årsmedelnederbörden ökar successivt om än med stor variation mellan åren. I slutet av seklet ligger medianvärdet för årsmedelnederbörden på ca +20 %, i relation till referensperioden.

Kartan (figur 5.2-1) visar hur den observerade årsmedelnederbörden varierade över länet under referensperioden 1961-1990. De största nederbördsmängderna förekom i fjälltrakterna och längs älvdalarna är nederbörden lägst.



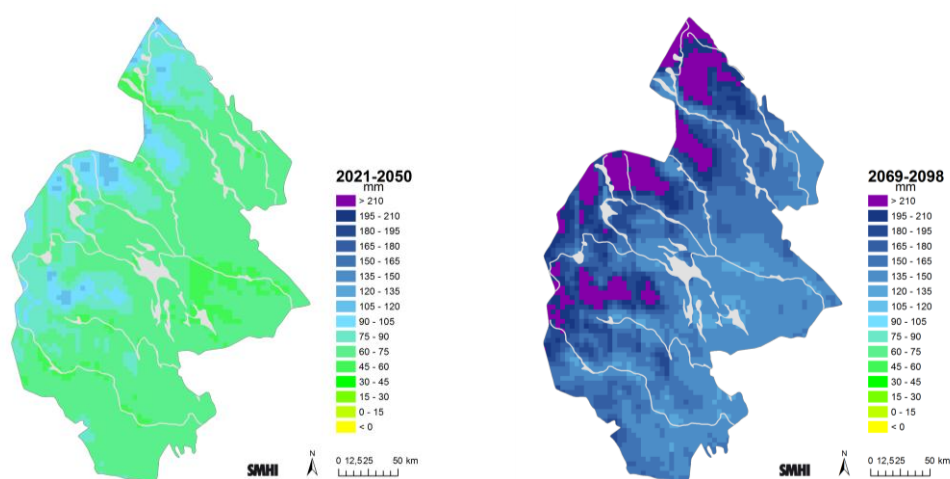
Figur 5.2-1. Beräknad utveckling av årsmedelnederbörden i Jämtlands län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1 och uttryckt som avvikelse (%) från medelvärdet för 1961-1990 (745 mm). Observerade värden presenteras som gröna staplar då de överstiger referensperiodens medelvärde och som gula staplar då de understiger medelvärdet. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedelnederbörden från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje. Kartan visar den observerade årsmedelnederbörden 1961-1990 (mm).

Det finns inte tillgängliga nederbördsdata för Jämtlands län för att kunna beskriva tidigare 30-årsperioder före 1960. Som jämförelse över nederbördens utveckling visas här istället, i figur 5.2-2, årsmedelnederbörden för Sverige som helhet. Beräkningarna är baserade på 87 stationer spridda i landet. De utjämnade värdena (svarta linjen i diagrammet) visar att medelnederbörden var lägre än 600 mm fram till omkring 1920. Under perioden 1920 fram till ungefär 1980 låg nederbörden i genomsnitt på 600 mm. Därefter har nederbörden ökat och det är sällsynt med värden under 600 mm. För referensperioden 1961-1990 var årsnederbörden knappt 4% större än under perioden 1931-1960.



Figur 5.2-2. Årsmedelnederbörd för Sverige 1860-2012, baserad på 87 stationer. Den svarta kurvan visar ungefär ett tio-årigt löpande medelvärde. Källa: www.smhi.se/klimatdata

I bilagorna 14-18 visas kartor över årsmedelnederbörd och säsongmedelnederbörd beräknad för tidsperioderna 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098 samt differensen för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. De observerade värdena 1961-1990 och 1991-2010 visas också. Observerade och beräknade värden 1961-1990 visar mycket god överensstämmelse för länet.



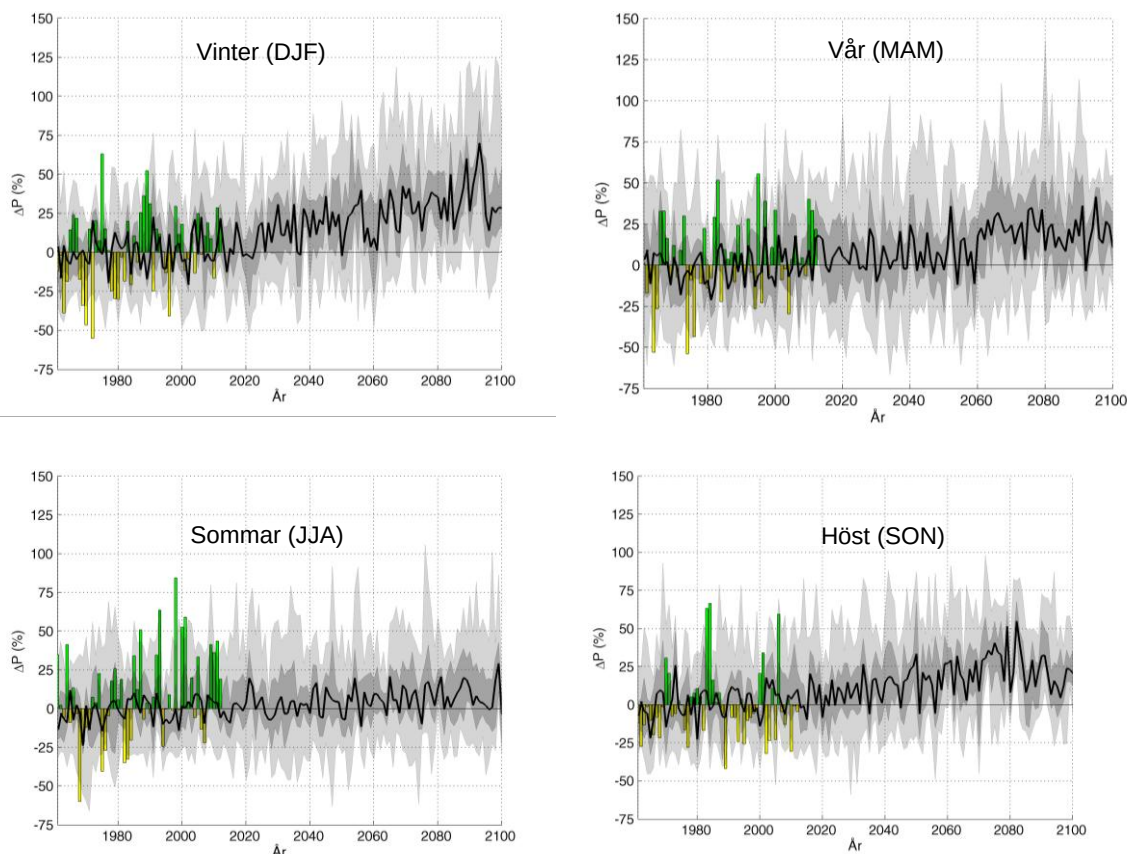
Figur 5.2-3. Förändring i årsmedelnederbörd (mm) jämfört med 1961-1990 beräknat för 2021-2050 (vänster) och 2069-2098 (höger).

I figur 5.2-3 visas förändringen i nederbörd jämfört med referensperioden fram till mitten (2021-2050) och slutet (2069-2098) av seklet. Ökningen är störst i länets västra del, dvs. i de områden som idag har störst nederbörd, och beräknas i slutet av seklet till lite över 200 mm.

Nederbördsutvecklingen för de fyra säsongerna visas i figur 5.2-4. Medelnederbörd för referensperioden 1961-1990 är 163 mm för vintern, 132 mm för våren, 240 mm för sommaren och 210 mm för hösten.

För Jämtlands län kan en ökning av nederbörd ses speciellt för sommarperioderna under 1991-2010 (bilaga 17). För höstsäsongen kan istället ses en minskning av nederbörden i delar av fjällen (bilaga 18). Det bör dock observeras att perioden enbart är 20 år dvs. kortare än referensperioden. Det är också ett exempel på den mycket stora variation som finns i klimatet och då speciellt vad gäller nederbörden i denna del av världen. Variationen mellan år kommer fortsatt att vara stor men för sommarens del pekar klimatscenarierna endast på en svag framtida ökning av medelnederbörden.

Vintern visar den tydligaste framtida nederbördsökningen men även för höst och vår ökar nederbörden (se även kartorna i bilaga 15-18). För vintern pekar medianvärdena på en ökning med uppemot 40% mot slutet av århundradet jämfört med referensperioden. I delar av Härjedalen kan ökningen bli upp emot 50%.



Figur 5.2-4. Beräknad nederbördsutveckling för de fyra årstiderna i Jämtlands län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Årstiderna definieras enligt meteorologisk standard: månaderna december-februari = vinter, mars-maj = vår, juni-augusti = sommar och september-november = höst. Observerade värden presenteras som gröna staplar då de överstiger referensperiodens medelvärde och som gula staplar då de understiger medelvärdet. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.

5.2.2 Kraftig nederbörd

Som mått på kraftig nederbörd har här valts antal dagar per år med nederbörd 10 mm, största 1-dygnsnederbörd och största 7-dygnsnederbörd.

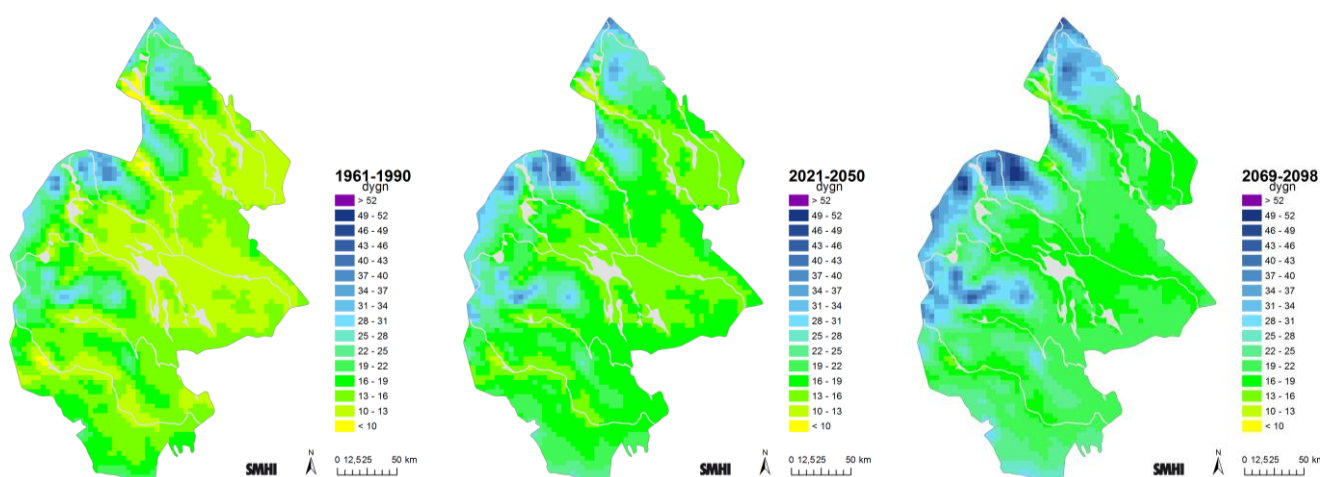
I bilaga 19 visas antal dagar per år med nederbörd över 10 mm. Kartor finns som medelvärden för perioderna 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 tillsammans med differenskartor för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. Observerade värden för 1961-1990 och 1991-2010 visas också. Här visas tre av kartorna från bilaga 19 (figur 5.2-5).

Dygnsmedelnederbörd på 10 mm i beräkningsrutorna betyder ett kraftigt regn över området. Beräkningarna visar en successiv ökning av antalet dygn och i slutet av seklet ligger ökningen på mellan 7 och 12 dygn per år enligt medianvärdena (se differenskarta i bilaga 19 samt figur 5.2-6). Den stora variation mellan år som ses i observationerna kan antas kvarstå. Det mönster över länet med färre dagar i östra delen samt i älvdalar och fler dagar i fjälltrakterna, som ses för referensperioden, kvarstår i framtiden enligt beräkningarna.

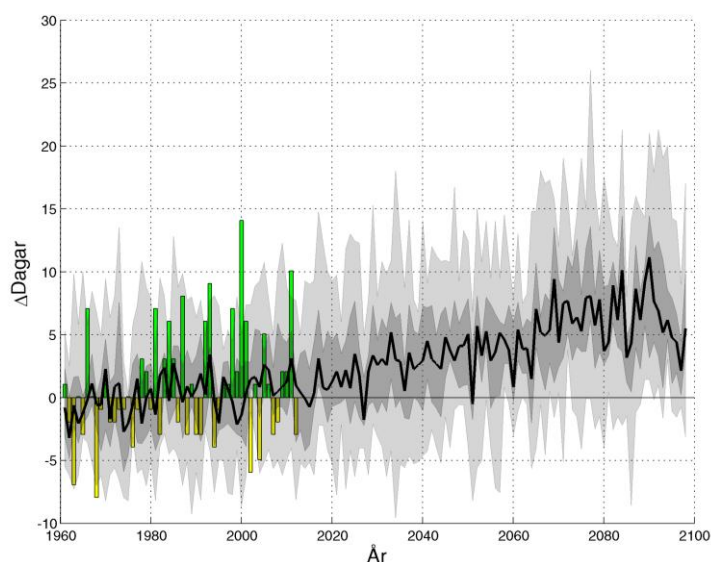
Observerade värden 1961-1990

Beräknade värden 2021-2050

Beräknade värden 2069-2098



Figur 5.2-5. 30-årsmedelvärden av antal dygn per år med nederbörd över 10 mm. Observerade värden för perioderna 1961-1990 (vänster) och beräknade medelvärden för 2021-2050 (mitten) respektive 2069-2098 (höger).



Figur 5.2-6. Antal dagar med nederbörd över 10 mm beskrivet som avvikelse från medelvärdet för perioden 1961-1990 (11 dagar). Observerade värden, medianvärden, percentiler, min- och maxvärden visas i enlighet med figur 5.2-1.

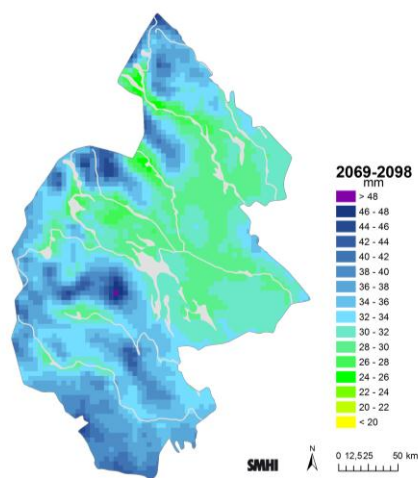
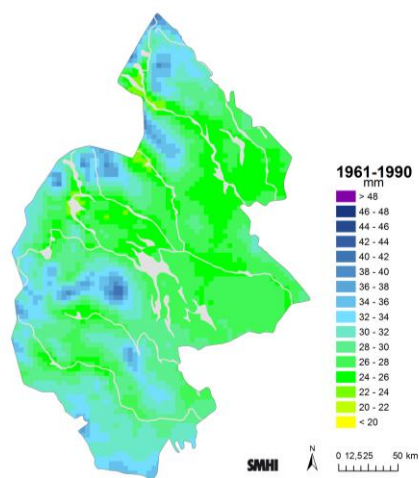
I bilaga 20 och 21 visas två klimatindex av kraftig nederbörd; största 1-dygnsnederbörd och största 7-dygnsnederbörd. Medelvärden för de årshögsta värdena över 30-årsperioderna 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098 visas tillsammans med observationer för perioderna 1961-1990. I figur 5.2-7 visas de observerade respektive beräknade medianvärdena för 1961-1990 och 2069-2098 för de två indexen.

Fördelningen av nederbörden påminner i båda fallen om årsmedelnederbördens fördelning för länet (bilaga 14). Medelvärdet för referensperioden 1961-1990 är 22 mm för 1-dygnsnederbörden och 59 mm för 7-dygnsnederbörden. Stora nederbördsmängder förekommer framförallt under sommarmånaderna i samband med kraftiga åskskurar. Observerade nederbördsmängden både för största dygnsnederbörd och största 7-dygnsnederbörden visar stor variation mellan åren (figur 5.2-8 och 5.2-9). Beräkningarna visar att denna variation håller i sig framöver. Den kraftiga nederbörden ökar i framtidsberäkningarna. I slutet av seklet når 1-dygnsnederbörden upp till över 40 mm i flera

områden och 7-dygnsnederbörden ca 100 mm. Det geografiska mönstret kvarstår i beräkningarna men för Härjedalen blir det en något större ökning än för övriga delar av länet för 1-dygnsnederbörden.

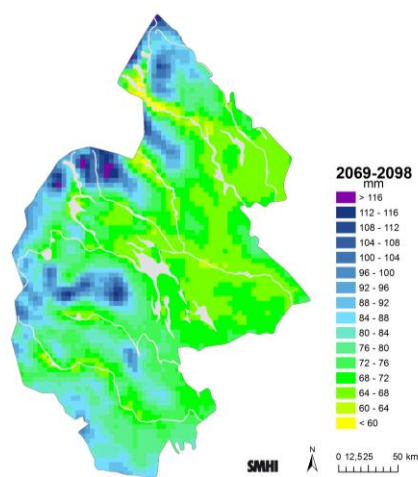
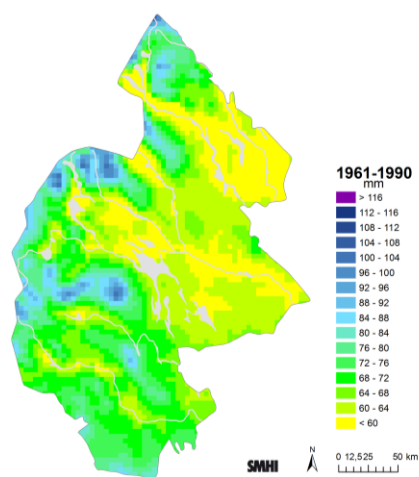
1-d nederbörd, observerade värden 1961-1990

1-d nederbörd, beräknade medianvärden 2069-2098



7-d nederbörd, observerade värden 1961-1990

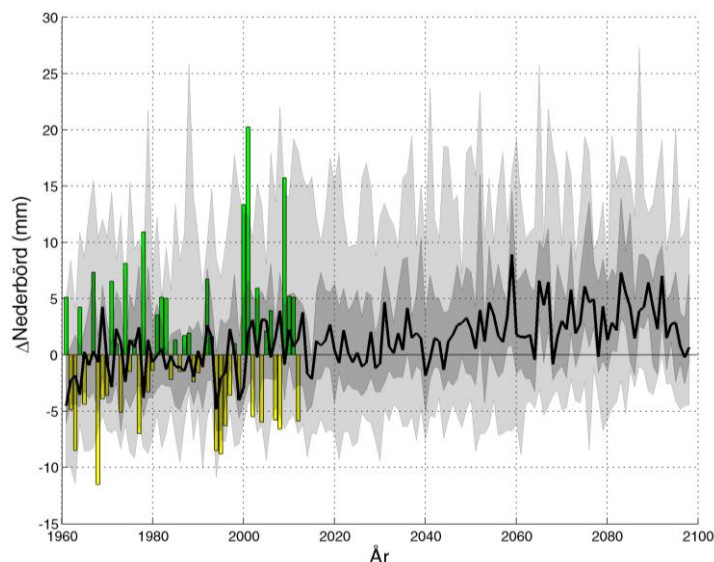
7-d nederbörd, beräknade medianvärden 2069-2098



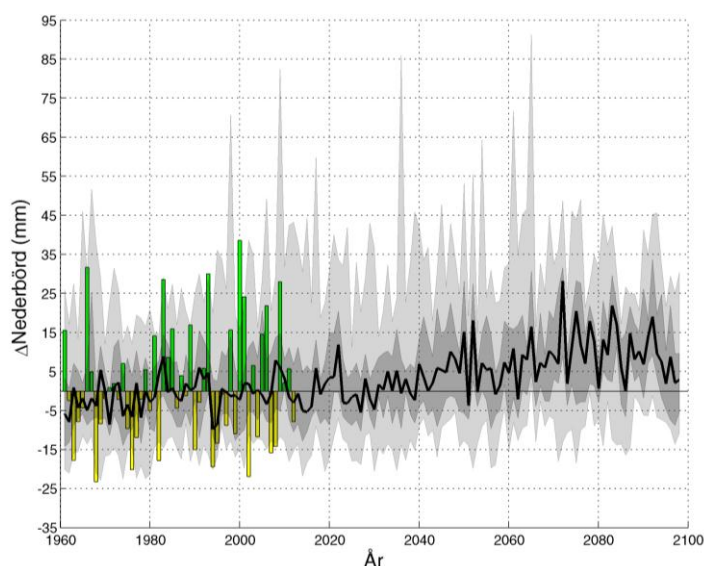
Figur 5.2-7. 30-årsmedelvärden av största 1-dygnsnederbörd (mm) (ovan) och 7-dygnsnederbörd (mm) (nedan). Vänster kolumn visar observerade värden för perioden 1961-1990 och höger kolumn visar beräknade medianvärden för perioden 2069-2098.



Foto: Länsstyrelsen Jämtland



Figur 5.2-8. Maximalt 1-dagars regn. Referensperiodens medelvärde är 22 mm. Observerade värden, medianvärden, percentiler, min- och maxvärden visas i enlighet med figur 5.2-1.



Figur 5.2-9. Maximalt 7-dagars regn. Referensperiodens medelvärde är 59 mm. Observerade värden, medianvärden, percentiler, min- och maxvärden visas i enlighet med figur 5.2-1.

5.2.3 Extrem nederbörd

I en studie över framtida extremväder i Europa (Nikulin et al., 2011) framkommer att nederbördsmönstren förändras. För extrem nederbörd går utvecklingen mot högre intensitet och ökad frekvens. I Skandinavien kan extrem nederbörd som inträffat vart 20:e år i framtiden ske vart 8:e år. Beräkningarna, som ligger till grund för slutsatserna, är gjorda med en svensk regional klimatmodell med indata från sex globala modeller och med ett utsläppsscenario (A1B)(se tabell 4-1).

Olsson och Foster (2013) säger att en syntes av den forskning som gjorts i Sverige kring framtida korttidsextremer tyder på en förväntad ökning av extrem korttidsnederbörd (≤ 1 timme) med 10% till mitten av seklet (2050) och 25% till slutet av seklet (2100).

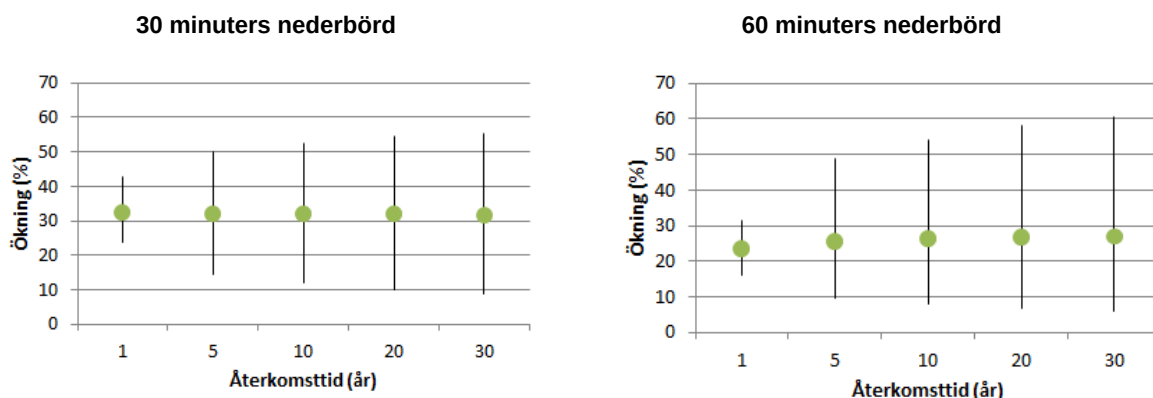
För att bedöma hur klimatförändringen kan komma att påverka extrem nederbörd, dvs. kortvariga intensiva regn, i Jämtlands län har 30-minuters nederbördsdata från regionala klimatscenarier analyserats. 30-minuters data är den högsta tidsupplösning som sparas från de regionala

klimatmodellkörningarna. Data från sex globala klimatscenarier har använts, samtliga körda för perioden 1961-2100 och nedskalade av SMHI med den regionala klimatmodellen RCA3 till 50×50 km. Av dessa har fyra drivits av utsläppsscenario A1B, en med utsläppsscenario A2 och en med utsläppsscenario B2 (tabell 5-1). Se även tabell 4-1.

Tabell 5-1 Regionala klimatscenarier analyserade med avseende på intensiv korttidsnederbörd.

Global klimatmodell	Regional klimatmodell	Utsläppsscenario
ECHAM5(1)	RCA3	A1B
ECHAM5(2)	RCA3	A1B
ECHAM5(3)	RCA3	A1B
HadCM3(Q0)	RCA3	A1B
ECHAM4	RCA3	A2
ECHAM4	RCA3	B2

För att studera korttidsnederbörden i Jämtland har de närmaste åtta modellgridrutorna valts ut. För var och en av gridrutorna har tidsserier med 30- minuters samt 1, 2, 3, 6, 12 och 24 timmars nederbörd extraherats ur modellresultaten för de två 30-årsperioderna; 1961-1990 (referensperiod) och 2071-2100. För varje serie har en extremvärdesanalys gjorts genom att beräkna varje års högsta 30-minuters intensitet. Serierna över de högsta 30-minutersvärdena har anpassats till en fördelningsfunktion (Gumbel) och därur beräknades värdena motsvarande 1, 5, 10, 20 och 30 års återkomsttider. På samma sätt analyserades 60-minutersvärdena och de andra varaktigheterna. Metoden finns beskriven av Olsson och Foster (2013). I figur 5.2-10 visas skillnaden mellan den framtida perioden 2071-2100 och referensperioden, uttryckt som procent.

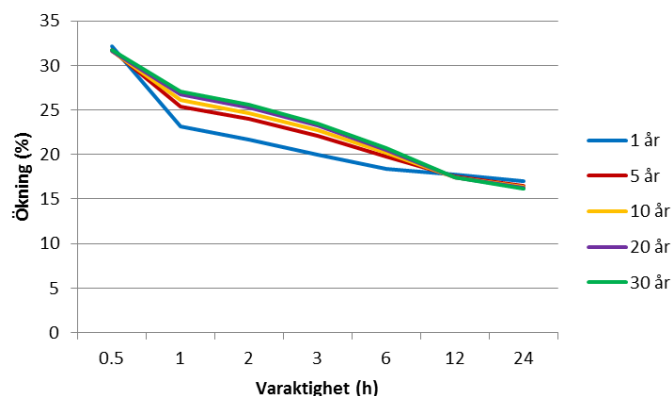


Figur 5.2-10. Den beräknade procentuella förändringen av korttidsnederbörd (varaktighet 30- respektive 60-minuters) från perioden 1961-1990 till 2071-2100 för återkomsttiderna 1, 5, 10, 20 och 30 år. Punkterna avser medelvärden för de sex klimatscenarierna som använts och linjerna visar spridningen mellan scenarierna.

Resultaten visar att den intensiva korttidsnederbörden kan förväntas öka. Detta gäller särskilt för den kortare varaktigheten (30-minuter) där alla scenarier pekar på en ökning som ligger runt 30% med större spridning för de längre återkomsttiderna. För 60-minuters nederbörd är ökningen i medeltal mindre och ligger mellan 20 och 30%, spridningen mellan scenarierna är också något större. För de längre varaktigheterna (2, 3, 6, 12 och 24 timmars nederbörd) minskar ökningen ytterligare något och ligger runt 20 % (bilaga 22). Spridningen mellan scenarierna blir mindre ju längre varaktigheter som studeras.

I figur 5.2-11 visas den beräknade ökningen av de olika återkomsttiderna i förhållande till varaktigheterna. Värdena visar medelvärden över en stor area vilket ger ett utslätat värde över länet.

Detta medför exempelvis att ökningen i fjälltrakterna som generellt är blötare än övriga delar av länet kan vara något högre än vad figuren visar. Den största ökningen står 30-minuters nederbörd för inom alla återkomsttiderna. Även för de längsta varaktigheterna är återkomsttiderna ganska lika avseende den procentuella ökningen.



Figur 5.2-11. Beräknad ökning av nederbörden till slutet av seklet av framtida återkomsttider för olika varaktigheter.

Att förhöjd temperatur leder till kraftigare skurar stöds av en nyligen dokumenterad undersökning (Berg et al., 2013). Författarna undersökte beteendet hos olika typer av regnskuror vid varierande temperaturer. De kom fram till att typen konvektiv nederbörd (som vid sommaråskväder) intensifierades mycket snabbare vid ökade temperaturer, speciellt vid temperaturer kring 12 till 20°C. Kraftiga regnskuror påverkas mer av temperaturen än regn från större vidsträckta regnsystem. Mängden regn som kommer i de häftiga regnskurorna beror på den mängd vattenånga som finns i atmosfären. Vid högre temperaturer kan atmosfären innehålla mer vattenånga och då ökar möjligheten att det skapas kraftiga regnskuror.

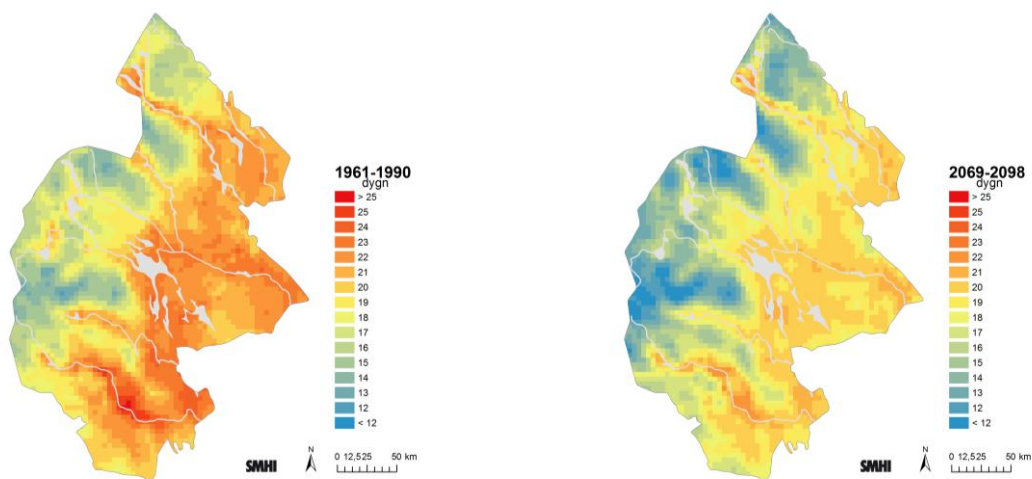
I en studie över framtida korttidsnederbördsintensiteter över Arvika och dess betydelse för dagvattensystemet gjordes en liknande analys (Olsson et al., 2013). Samma regionala klimatscenarier som ovan användes. Författarna gör en intressant konklusion; att uppgradera dagvattensystemet för Arvika att kunna hantera framtidens extremnederbörd skulle kosta dubbelt så mycket som en uppgradering för dagens extremnederbörd.

5.2.4 Perioder utan nederbörd

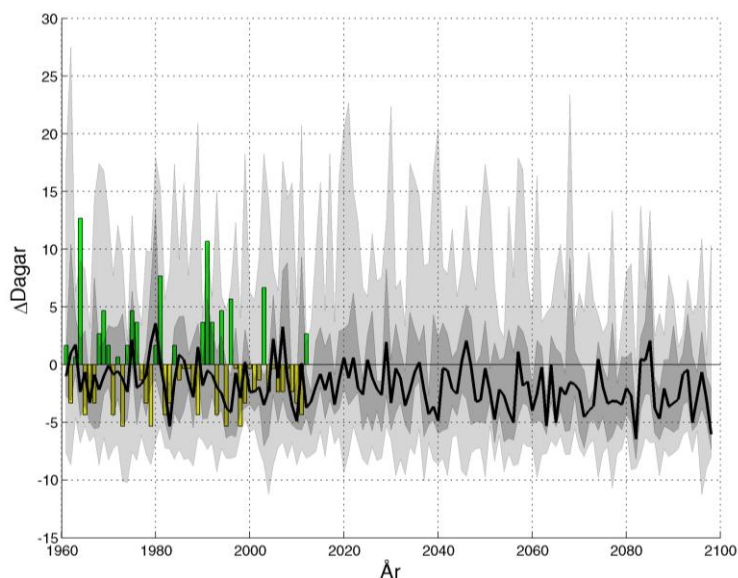
För att beskriva torra perioder har här valts maximala antalet sammanhängande dagar per år utan nederbörd. Tröskelvärde är dygn med mindre än 1 mm nederbörd. Perioderna 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098 visas tillsammans med observerade värden för 1961-1990 (bilaga 23). Det ska poängteras att detta index inte är detsamma som torka. I ett framtida varmare klimat kan markfuktigheten minska på grund av ökad avdunstning, även om antalet torra dagar blir färre.

I figur 5.2-10 visas observerade värden för perioden 1961-1990 och beräknade för 2069-2098. Sammanhängande perioder med torra dagar minskar över hela länet till slutet av seklet, i storleksordningen med ett par dagar. Fördelningen kvarstår framöver med kortaste torra perioden i fjällen och längre perioder i länets östra delar samt i älvdalarna.

Medelvärde av maximala antalet sammanhängande dagar med mindre än 1 mm nederbörd var 16 dagar för referensperioden 1961-1990 (figur 5.2-11). Under perioden 1961-2012 var variationen mellan 11 och 28 dagar. Framtidsberäkningarna visar på en svag minskning av antalet dagar (ca 3) i jämförelse med referensperioden avseende medianvärdet. Det kan dock fortsatt antas vara stor variation mellan åren.



Figur 5.2-10. Maximalt antal dagar i följd med nederbörd mindre än 1 mm nederbörd. Observerade 30-årsmedelvärden för 1961-1990 (vänster) och beräknade 30-årsmedelvärden för 2069-2098 (höger).



Figur 5.2-11. Maximalt antal dagar i följd med nederbörd mindre än 1mm. Referensperiodens medelvärde är 16 dagar. Observerade värden, medianvärden, percentiler, min- och maxvärden visas i enlighet med figur 5.2-1.

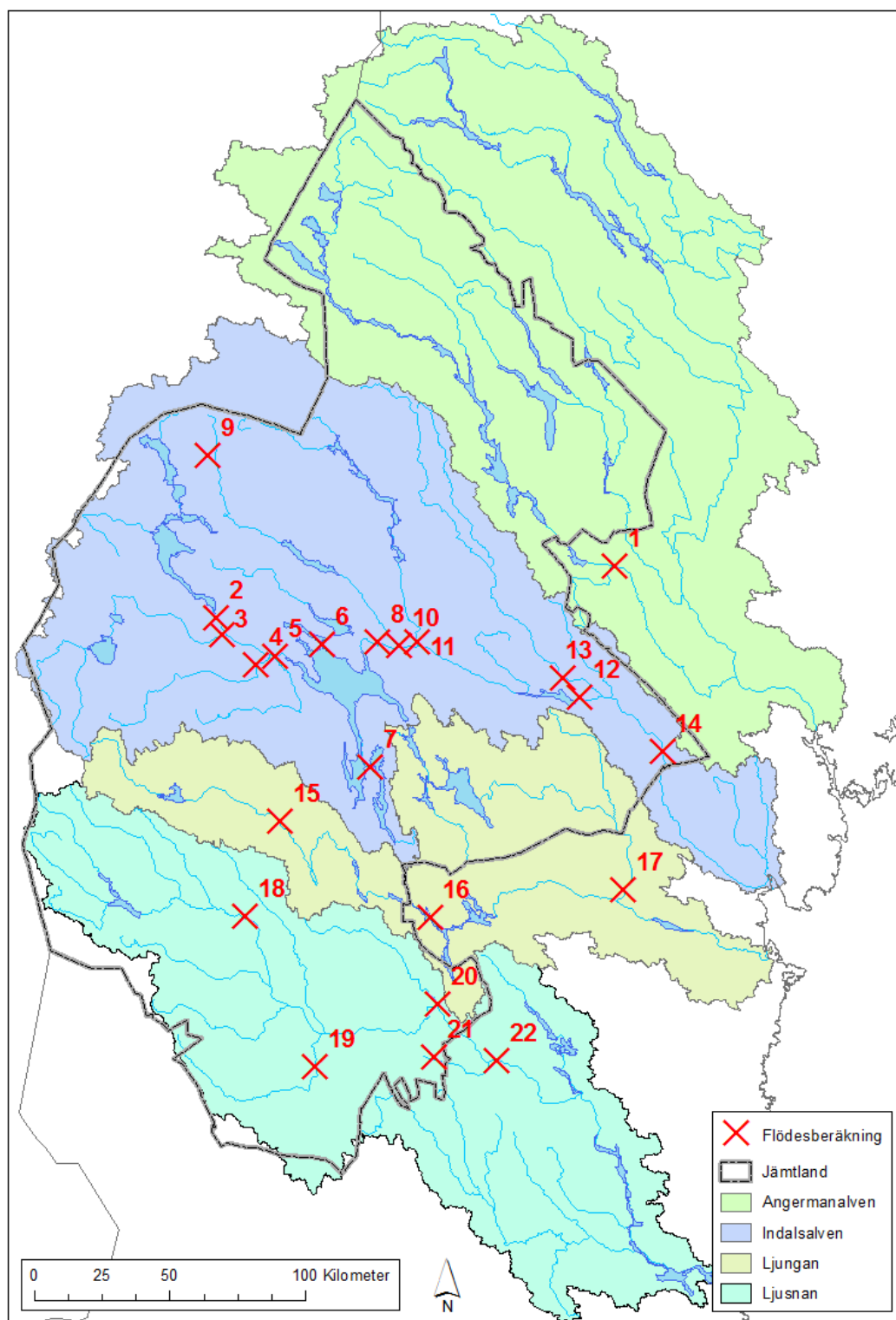
5.3 Vattenföring

Vattenföring är benämningen för den mängd vatten som rinner fram i ett vattendrag och mäts ofta i kubikmeter per sekund (m^3/s). Vattenföringen på en plats i ett vattendrag är densamma som den totala tillrinningen från hela uppströms avrinningsområdet (se även kap. 3.2.5).

I tabell 5-2 redovisas den observerade medelvattenföringen och beräknad 100-årsvattenföring i dagens klimat för de vattendrag som behandlas vidare under analysen i detta avsnitt. För tre av punkterna finns ingen mätstatistik och för dessa har istället modellberäknade värden använts (från HYPE-modellen). De 22 platserna för vattenföringsberäkningar som länsstyrelsen valt ut är markerade i figur 5.3-1. De flesta (13 st) ligger inom Indalsälvens avrinningsområde.

Tabell 5-2. Årsmedelvattenföring och beräknad 100-årsvattenföring i mynningen för utvalda vattendrag i Jämtlands län i dagens klimat (SMHI flödesstatistik). I de punkter där det finns statistik för rekonstruerad naturlig vattenföring redovisas även denna inom parentes. Beräkningspunkterna 1-22 är markerade i kartan.

Nr	HBV-Sv basin	Avrinnings-område	Plats	Medel-vattenföring [m ³ /s]	100-års-vattenföring* [m ³ /s] *om inte annat anges	SMHI Q-statistik
1	38048	Ångermanälven	Faxälvens utlopp ur Ramselesjön	149.9 (126.9)	585 (802)	ja
2	40007	Indalsälven	Järpströmmens utlopp ur Kallsjön	88.6 (88.7)	408 (648)	ja
3	40011	Indalsälven	Åreälvens mynning i Liten	69.3	730	ja
4	40015	Indalsälven	Storbodströmmens utlopp ur Sällsjön	26.1 (26.3)	258 (318)	ja
5	40016	Indalsälven	Dammåns mynning i Ockesjön	12.8	180	ja
6	40019	Indalsälven	Ytteråns mynning i Storsjön	13.5	140	ja
7	40020	Indalsälven	Billstaåns utlopp ur Näkten	4.13 (4.13)	22.5 (22.5)	ja
8	40022	Indalsälven	nedan Storsjön, Kattsturpe-forsen, Hissmofors krv	237.9 (238.2)	1100 (1250)	ja
9	40024	Indalsälven	Fisklösån	2.4	33.1 (HQ50)	HYPE
10	40034	Indalsälven	Långan Mynning i Indalsälv	44.1 (44.4)	350 (425)	ja
11	40045	Indalsälven	Hårkans myn i Indalsälven	82 (82)	720 (790)	ja
12	40048	Indalsälven	Utlopp ur Gesunden	383 (383.5)	1850 (2270)	ja
13	40053	Indalsälven	Ammerån Pegel Överhammar	38.4	394	ja
14	40054	Indalsälven	Stadsforsens kraftverk	434 (434.5)	2176 (2560)	ja
15	42004	Ljungan	Galåns mynnning i Ljungan	2	29.6 (HQ50)	HYPE
16	42011	Ljungan	Ljungans utlopp ur Mellansjön	57.8 (58)	560 (700)	ja
17	42023	Ljungan	Gimåns utlopp ur Mellansjön	38.4 (38.5)	303 (303)	ja
18	48009	Ljusnan	Ljusnan nedan Lunen	45.7 (46)	300 (700)	ja
19	48016	Ljusnan	Härjåns utlopp ur Härjåsjön	28.3	420	ja
20	48025	Ljusnan	Hoan mynning i Ljusnan	12.8	250	ja
21	48026	Ljusnan	Kvarnåns mynning i Ängerån	0.66	7.6 (HQ50)	HYPE
22	48028	Ljusnan	Laforsen	147.9 (148.9)	1520 (1920)	ja



Figur 5.3-1. Jämtlands län och Ångermanälvens, Indalsälvens, Ljungan och Ljusnans avrinningsområden samt beräkningspunkter för flödesanalys (se tabell 5-2).

Begreppen återkomsttid, risk och sannolikhet är centrala i samband med diskussioner om höga flöden, men terminologin skapar ibland missförstånd. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Infrastruktur med lång livslängd exponeras för denna risk under lång tid och således är den ackumulerade sannolikheten avsevärd. Sannolikheten för exempelvis ett 100-års flöde är 1 på 100 för varje enskilt år. För ett objekt med en beräknad livslängd på 100 år och dimensionerad för att klara en 100-årsnivå är den ackumulerade sannolikheten för översvämning med nivåer över 100-årsnivå under denna period 63 %. Detta är

skälet till att man för riskobjekt, som exempelvis större dammar, ofta sätter gränsen vid, eller till och med bortom, flöden med en återkomsttid i storleksordningen 10 000 år. Sannolikheten under 100 års exponering uppgår då till ca 1 %.

I tabell 5-3 visas sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikheten under 100 år. Beräkningen av 100-årsflödets storlek görs med en statistisk beräkning, s.k. frekvensanalys, baserad på vattenföringens årliga maxvärden utifrån en tidsserie. Genomgående har Gumbel-fördelningen använts vid flödesanalysen, även kallad Extreme Value Type I. Resultat från en frekvensanalys måste tolkas med försiktighet. Dessa är i högsta grad beroende på mätseriens längd vilket gör att exempelvis ett 100-årsflöde ofta ändras i takt med att nya data flyter in. Beräkningarna försvåras speciellt om dataserierna är korta eller om de är påverkade av regleringar i vattendraget. För att underlätta tolkningen i ett klimatperspektiv används i denna utredning samma längd på tidsseriens längd som en standardperiod, dvs. 30 år.

Tabell 5-3. Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent. Värden lägre än 1 % redovisas inte.

Åter-komst-tid (år)	Sannolikhet under 1 år	Sannolikhet under 5 år	Sannolikhet under 10 år	Sannolikhet under 20 år	Sannolikhet under 50 år	Sannolikhet under 100 år
2	50	97	100	100	100	100
5	20	67	89	99	100	100
10	10	41	65	88	99	100
25	4	18	34	56	87	98
50	2	10	18	33	64	87
100	1	5	10	18	39	63
1000			1	2	5	10
10 000						1

5.3.1 Vattenföringens säsongsvariation

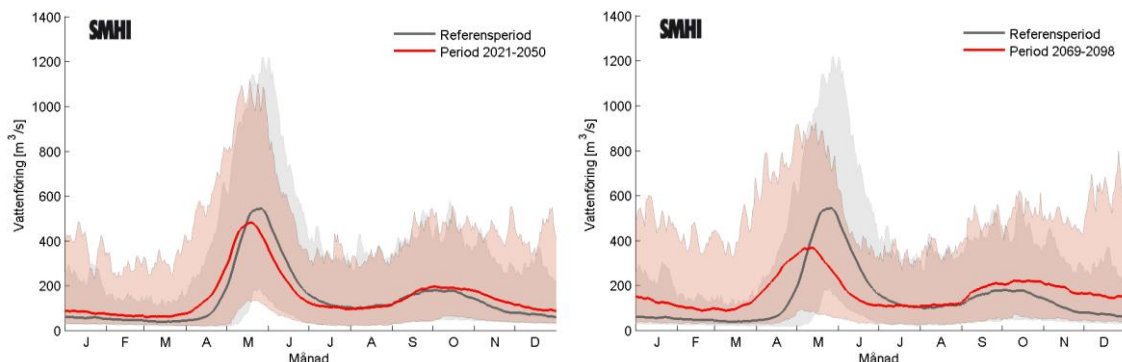
I figur 5.3-2 till 5.3-11 presenteras beräknad flödesvariation under året i Ångermanälvens, Indalsälvens, Ljungans och Ljusnans avrinningsområden, för de punkter som listas i tabell 5-2. Figurerna avser den totala tillrinningen (total vattenföring), dvs. allt tillrinnande vatten från uppströms delavrinningsområden är inräknat. Beräkningarna avser oreglerade förhållanden.

För varje vattendragspunkt visas beräkningar för perioden 2021-2050 samt 2069-2098 tillsammans med referensperioden 1963-1992. Medelvattenföringen för varje dag på året under referensperioden presenteras med en heldragen mörk linje och för den analyserade framtida perioden presenteras medelvattenföringen som en heldragen röd linje. De färgade fälten visar spannet mellan 75:e percentilen och 25:e percentilen för varje dags maximala respektive minimala värde under året av alla klimatscenarier. Grått fält visar variationen under referensperioden och rött fält visar variationen för angiven framtida period. Notera att även referensperioden 1963-1992 har beskrivits med drivdata från klimatsimuleringarna.

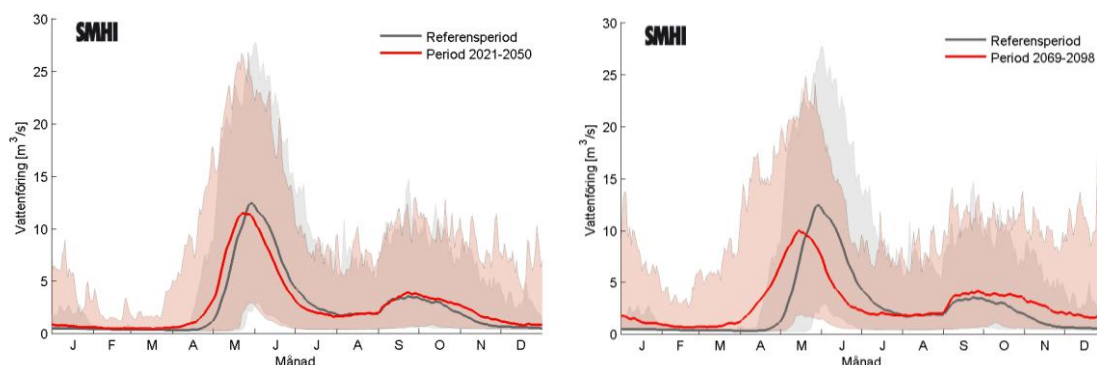
Under vintern är flödet vanligtvis lågt eftersom nederbörden lagras i form av snö. På våren smälter snön och resulterar i en kraftig flödestopp, som avklingar under sommaren då växterna aktivt upptar vatten från marken. Under hösten ökar oftast flödena igen p.g.a. regn och att växterna då avtar i aktivitet.

Framtidsberäkningarna visar att för samtliga vattendrag ökar vattenföringen i början och slutet på året och minskar under början av sommaren. Framför allt väntas vårfloden, som idag ofta inträffar i maj, börja tidigare och dess topp minska. Den förändring i säsongsdynamiken som ses för perioden 2021-2050 jämfört med 1961-1990 förstärks för perioden 2069-2098.

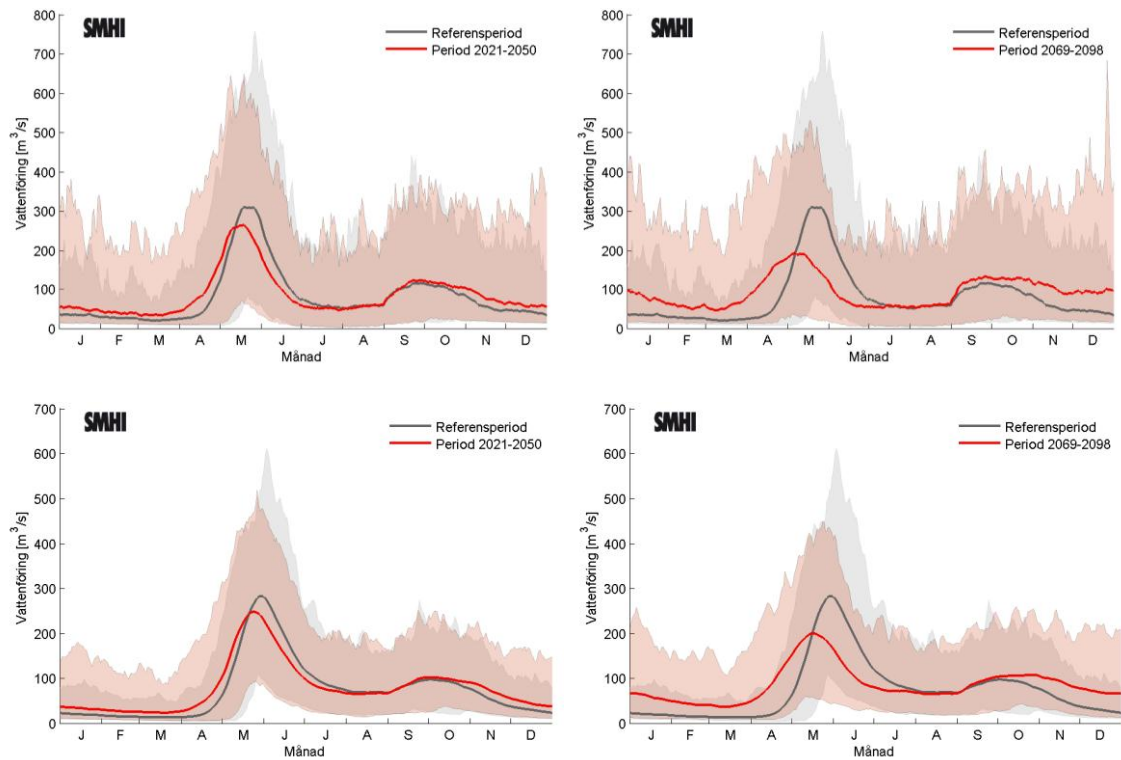
Förändringarna orsakas av att nederbörden ökar under vintern. Samtidigt ökar temperaturen och därmed lagras mindre mängd som snö. Det gör att flödet ökar under vintern samtidigt som snösmältningen på våren minskar. Vårflödestoppen kommer också tidigare beroende på temperaturförändringarna. Avdunstningen under (nuvarande) vår- och höstperioder ökar eftersom temperaturen ökar och växterna därmed har en längre säsong. Det leder till att mindre mängd av nederbörden når vattendragen.



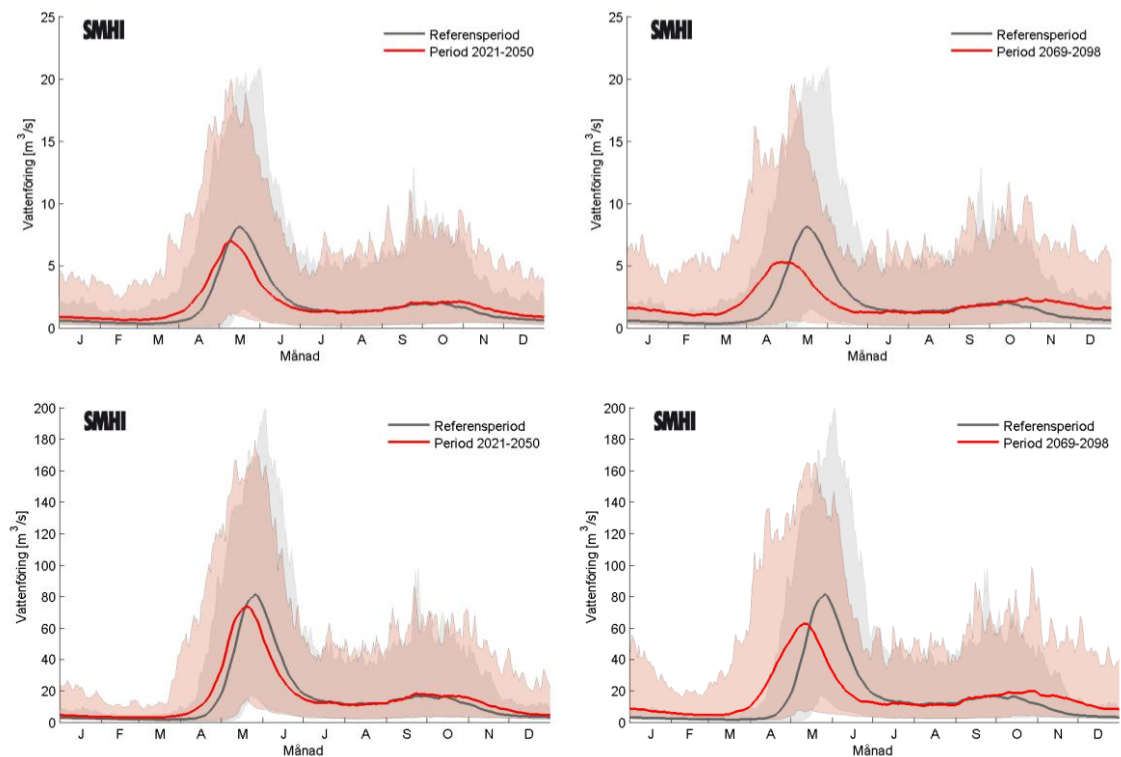
Figur 5.3-2. **Faxälvens utlopp ur Ramselesjön, Ångermanälvens avrinningsområde.** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Helledragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och helledragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



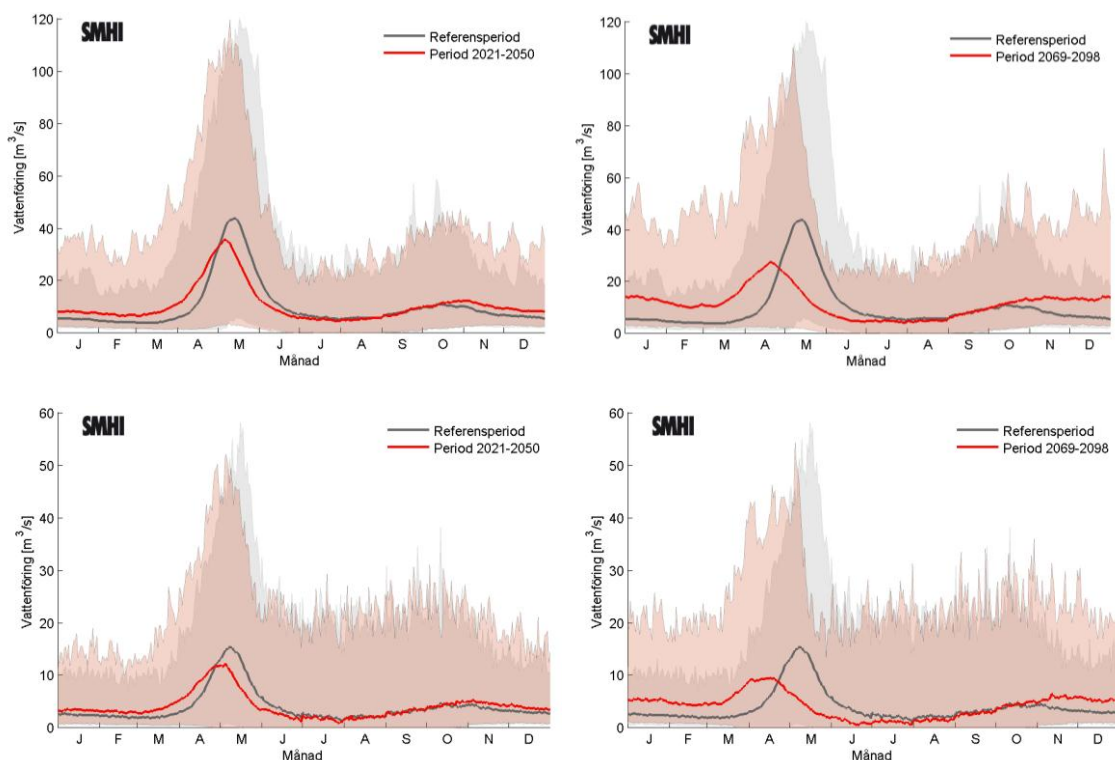
Figur 5.3-3. **Fisklösaåns mynning i Stora Mjölkvattnet i Indalsälvens avrinningsområde.** Symboliken är densamma som i figur 5.3-2.



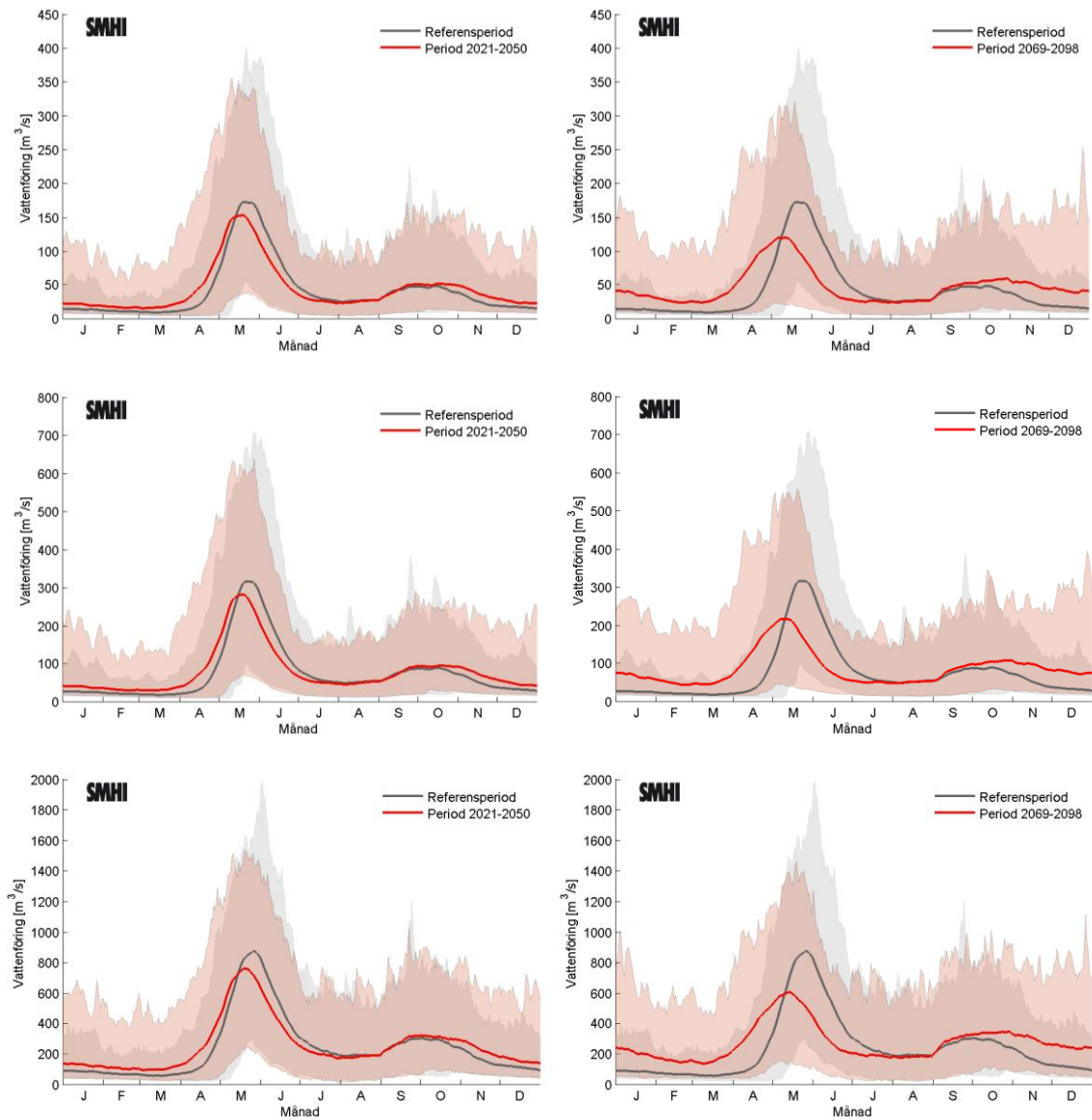
Figur 5.3-4. **Järpströmmens utlopp i Kallsjön i Indalsälvens avrinningsområde (överst) och Åreälvens mynning i Liten (nederst).** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Symboliken är densamma som i figur 5.3-2.



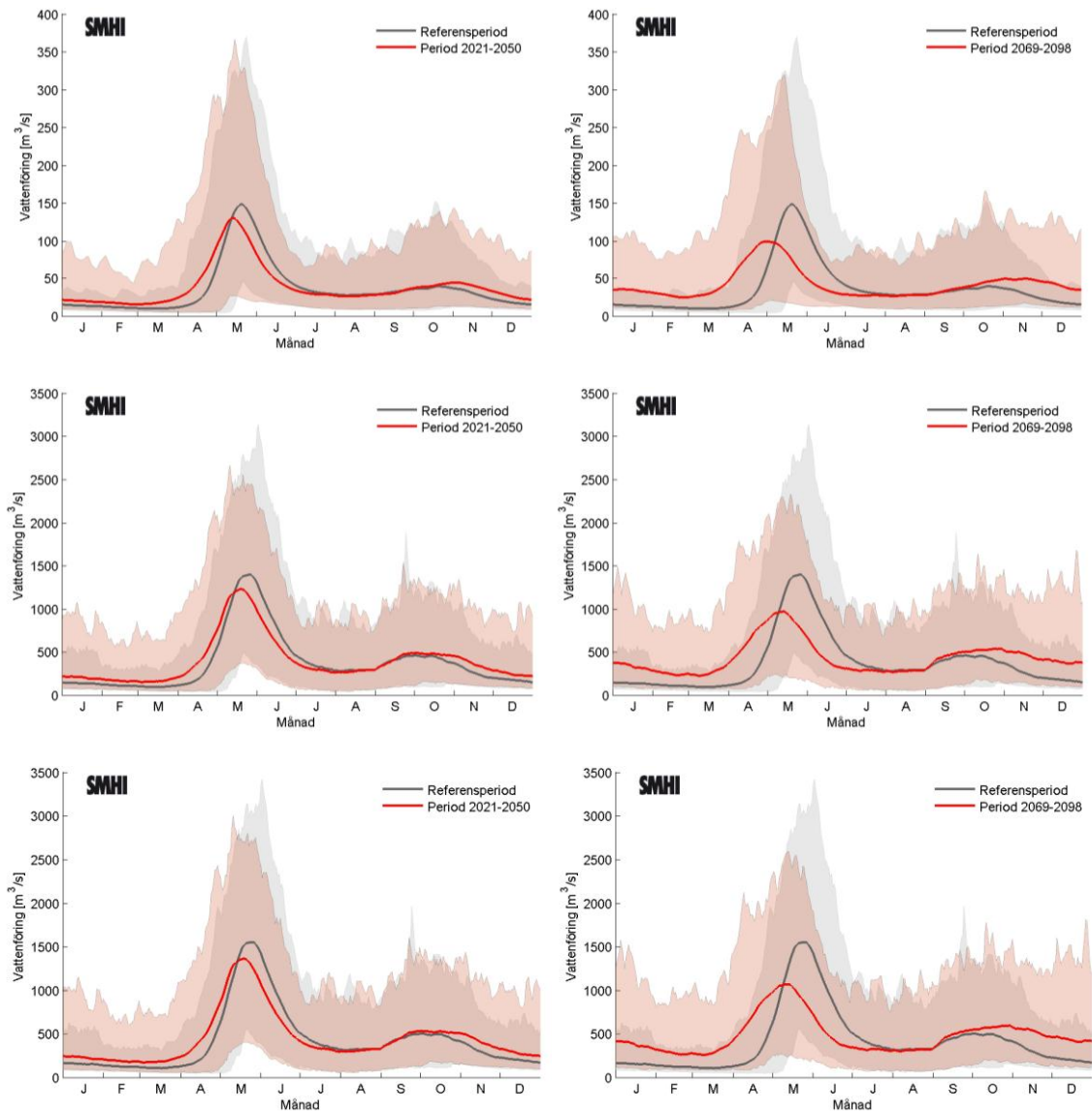
Figur 5.3-5. **Storbodströmmens utlopp i Sällsjön (överst) och Dammåns mynning i Ockesjön (nederst).** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Symboliken är densamma som i figur 5.3-2.



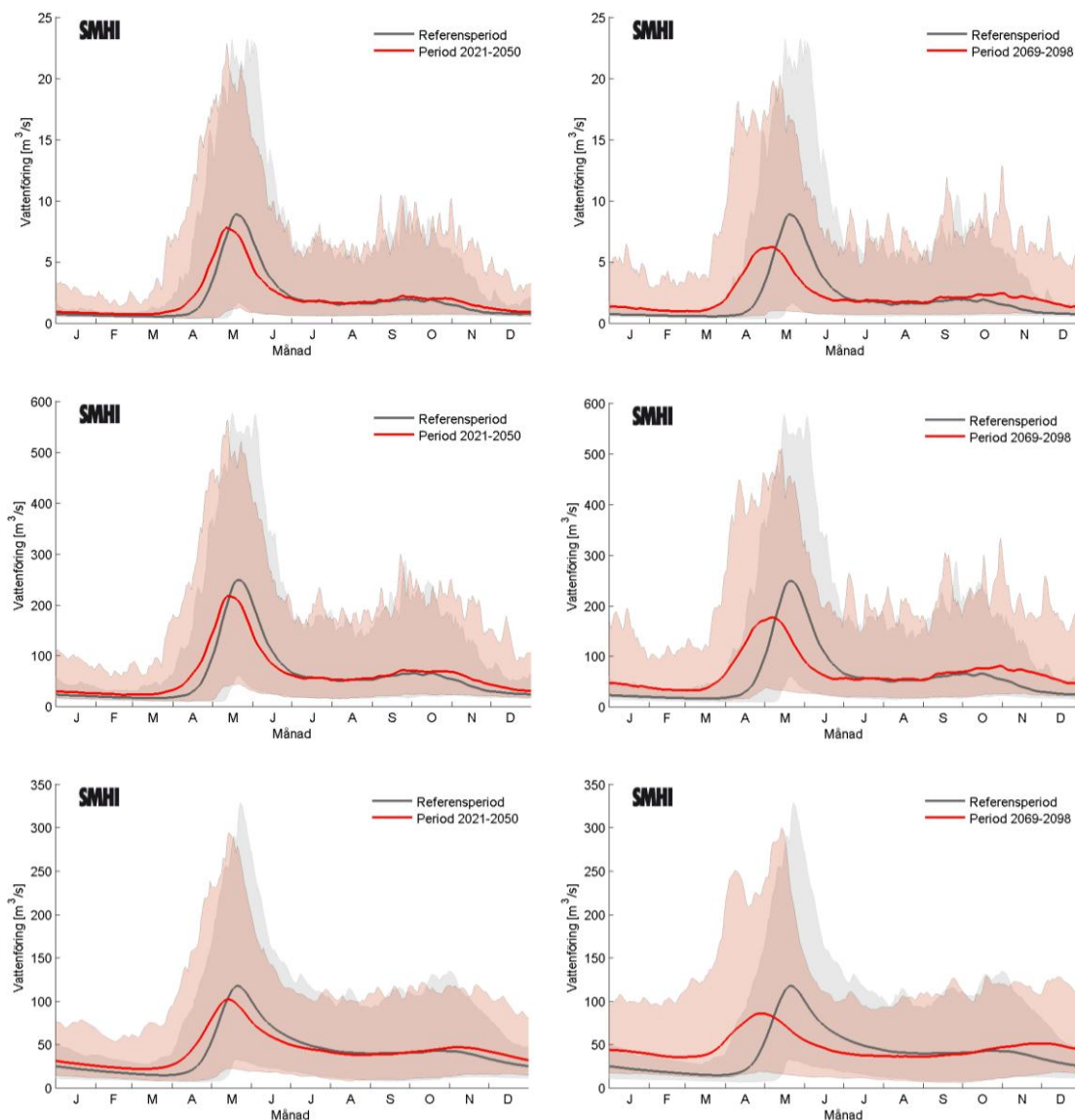
Figur 5.3-6. **Ytteråns mynning i Storsjön (överst) och Billstaåns utlopp ur Näkten (nederst).** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Heldragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



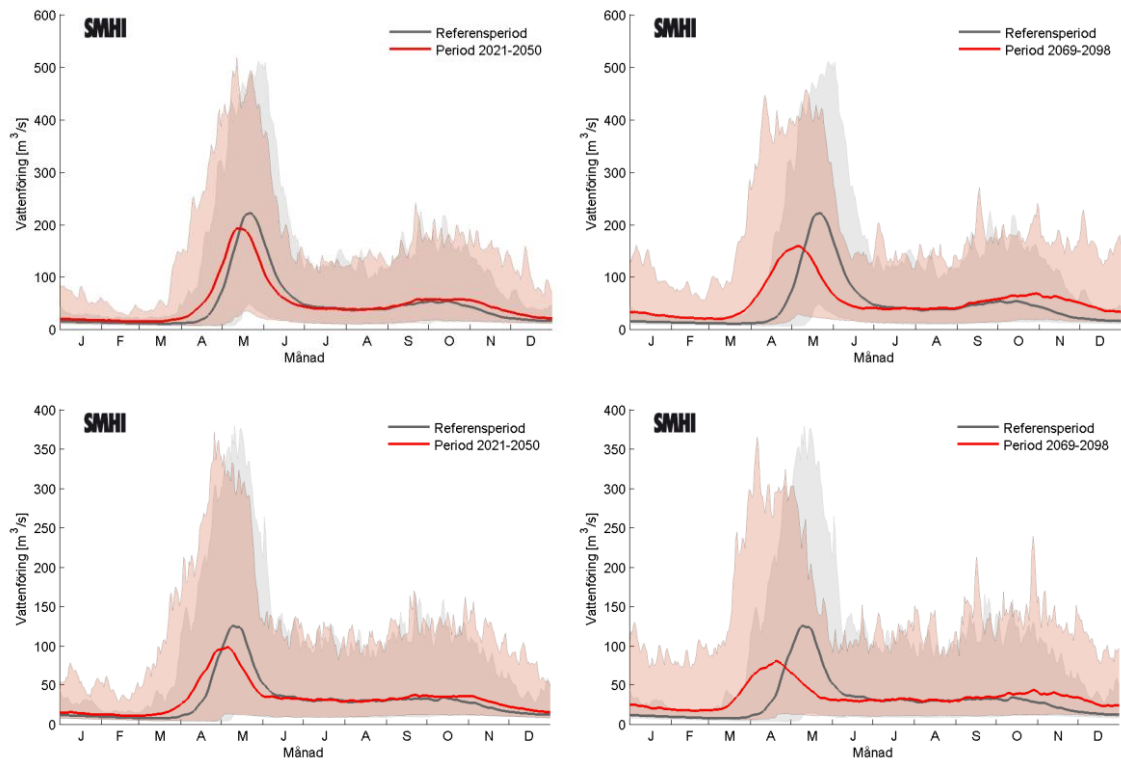
Figur 5.3-7. **Indalsälven nedan Storsjön (Kattstrupeforsen) (överst), Långans mynning i Indalsälven (mitten) och Hårkans mynning i Indalsälven (nederst).** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Helden svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



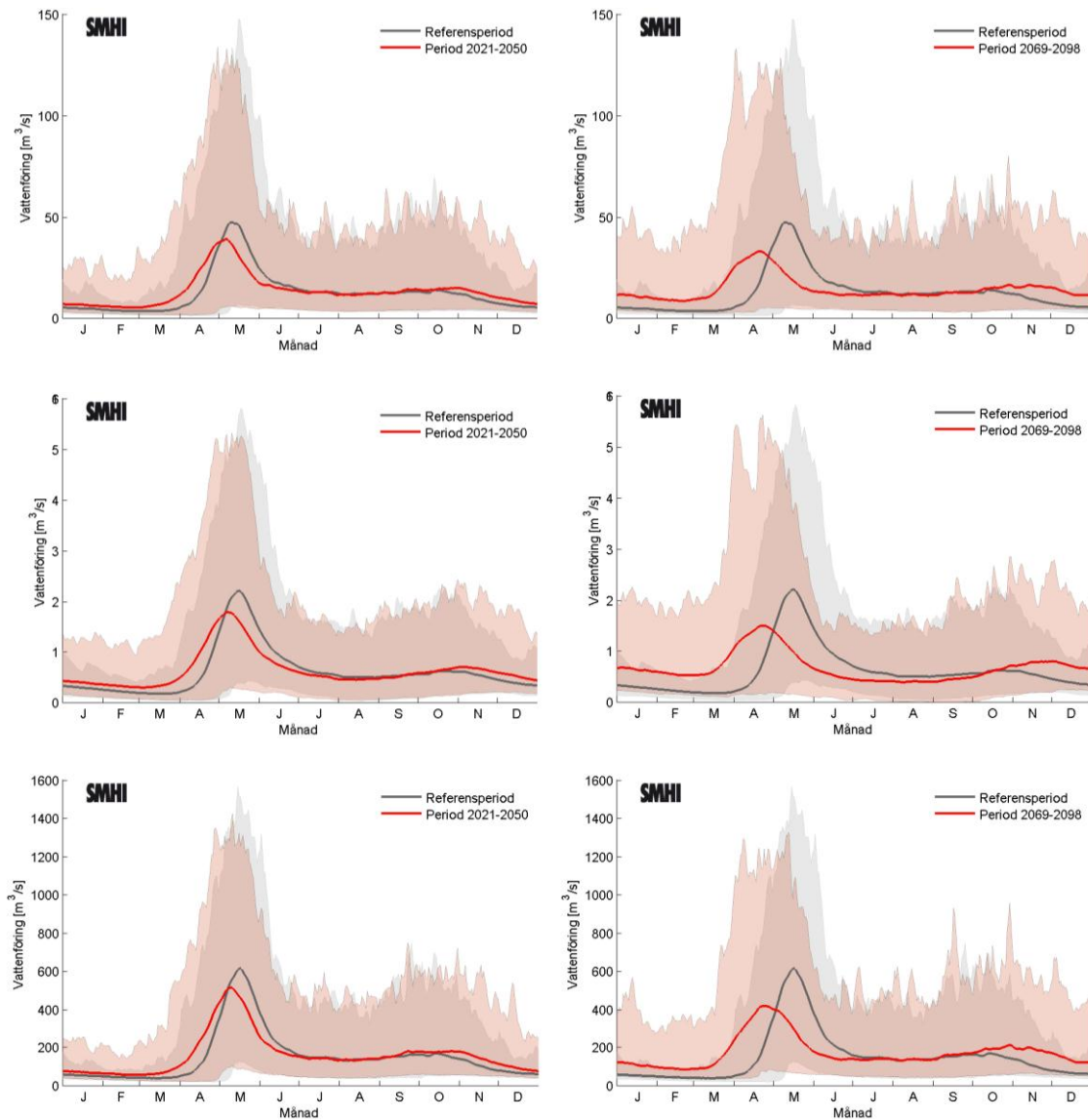
Figur 5.3-8. **Ammerån vid Överhammar (överst), Indalsälvens utlopp i Gesunden (mitten) och Indalsälvens vid Stadsforsens kraftverk (nederst)**. Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Helden svarta linjen visar medeltillrinning för referensperioden och helden röda linjen visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



Figur 5.3-9. **Galåns mynning i Ljungan (överst), Ljungans utlopp i Mellansjön (mitten) och Gimåns utlopp ur Mellansjön (nederst), samtliga i Ljungans avrinningsområde.** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Helden svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



Figur 5.3-10. **Ljusnan nedan Lunen (överst) och Härjåns utlopp ur Härjåsjön (nederst) i Ljusnans avrinningsområde.** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992 för. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Heldragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



Figur 5.3-11. **Hoans mynning i Ljusnan (överst), Kvarnåns mynning i Ängerån (mitten) och Ljusnan vid Laforsen (nederst).** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Heldragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.

5.3.2 Medelvattenföring

Analysen av hur den av klimatet påverkade framtida medelvattenföringen kan bli för vattendrag i Jämtlands län presenteras i detta avsnitt. Även den lokala tillrinningen kommenteras.

Figurerna 5.3-12 till 5.3-33 visar medianvärdet av förändringen av total medelvattenföring på årsbasis samt säsongsvis i Ångermanälvens, Indalsälvens, Ljungans och Ljusnans avrinningsområden, för de punkter som listas i tabell 5-2. för samtliga klimatscenarier under detta sekel relativt referensperioden 1963-1992. I samma figurer visas även maxvärde, minvärde, 25:e percentilen och 75:e percentilen av samtliga scenariers medelvattenföring för samma perioder. Figurerna avser den totala tillrinningen (total vattenföring), dvs. det vatten som tillkommer från uppströms avrinningsområden tillsammans med tillrinningen från respektive delavrinningsområde (den lokala tillrinningen). Detta bildar vattenföringen i det sammanlagda avrinningsområdets utloppspunkt.

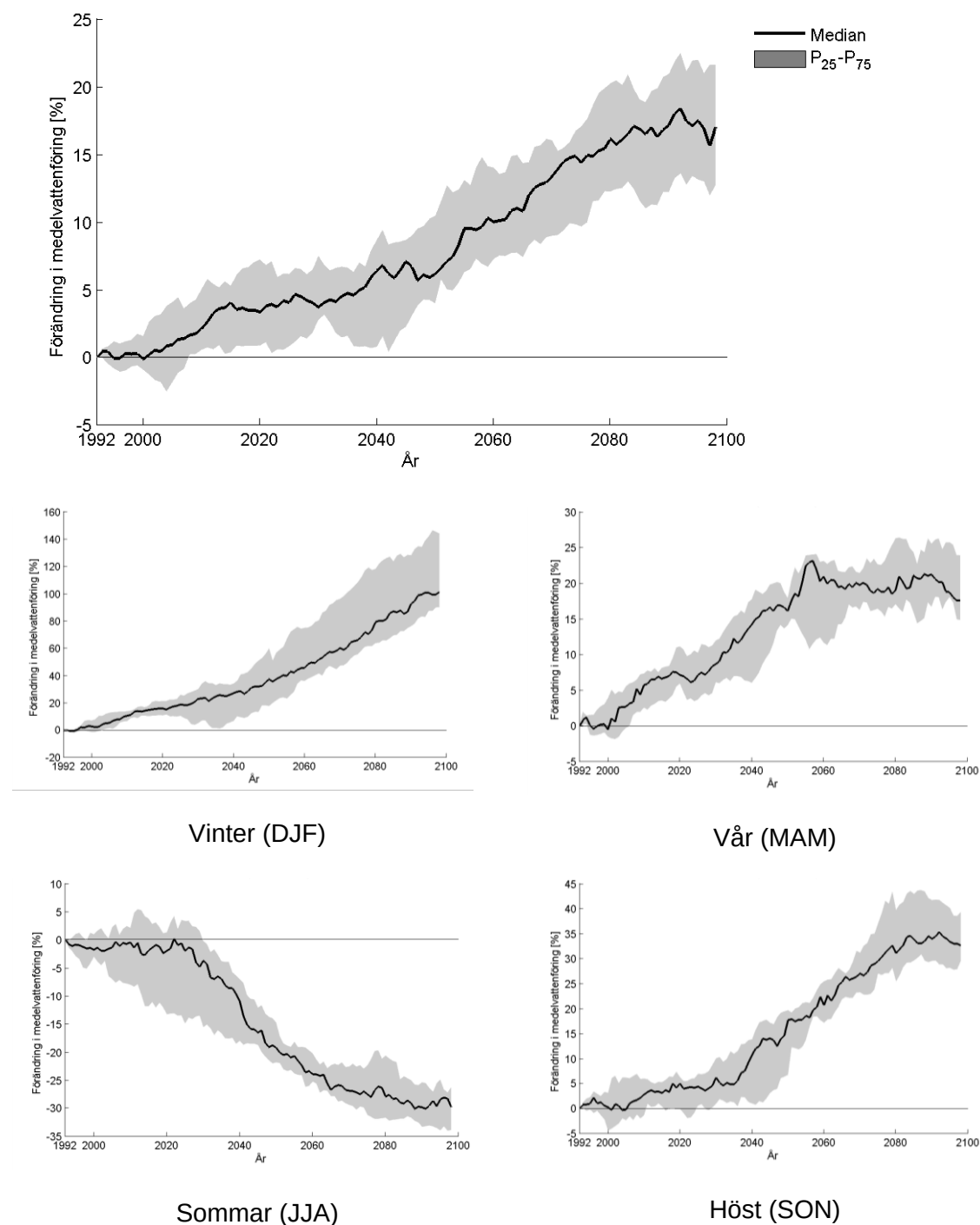
Säsongerna definieras enligt meteorologisk standard dvs. vinter = december-februari, vår = mars-maj, sommar = juni-augusti och höst= september-november.

Medeltillrinningen har beräknats för löpande 30-årsperioder efter tidsperioden 1963-1992 (dvs. 1964-1993, 1965-1994, ..., 2069-2098). Detta har gjorts för samtliga klimatscenarier. Medeltillrinningen beräknad för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilket beräknad medeltillrinning för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen av storleken på medeltillrinningen uttrycks i procent.

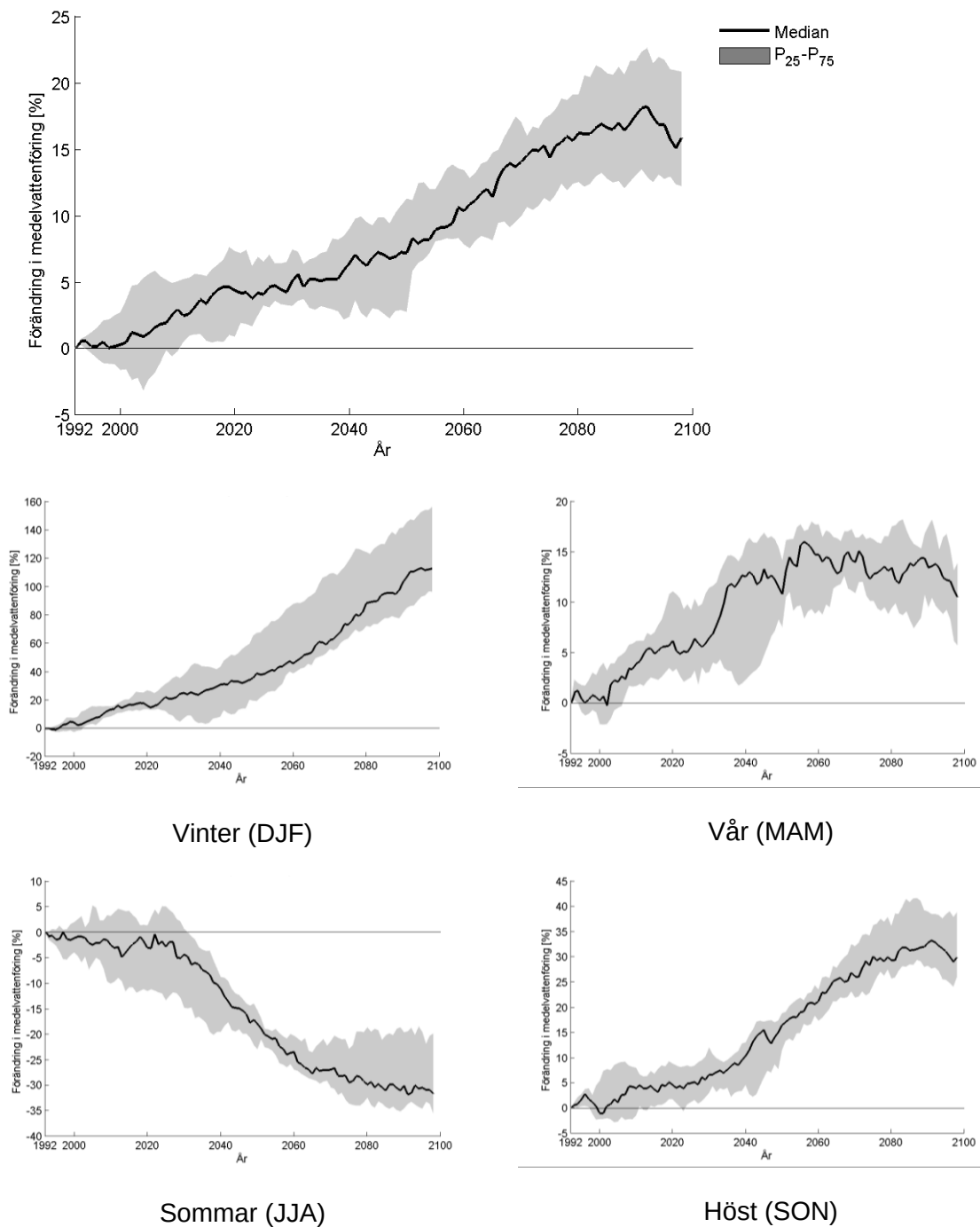
Nästan samtliga vattendragspunkter (undantaget Billstaån) visar på en ökad årsmedelvattenföring med ca 10-20%. Billstaån har ett speciellt läge, i jämförelse med de övriga vattendragspunkterna (figur 5.3-1). Det är ett litet vattendrag mellan två sjöar vilket kan förklara dess avvikelser. Alla vattendrag visar ökad vintervattenföring och minskad sommarvattenföring. Procentuellt är ökningen generellt sett stor för vintervattenföringen, men i absoluta tal är det fortfarande lägre flöden än under flödestopparna på våren (jämför med figurerna i kap. 5.3.1 som visar säsongsvariationen).

Vårflödena ökar i de flesta fall, med undantag av Ytterån, Billstaån och Härjån. Höstflödena ökar också även om det är marginellt i några fall.

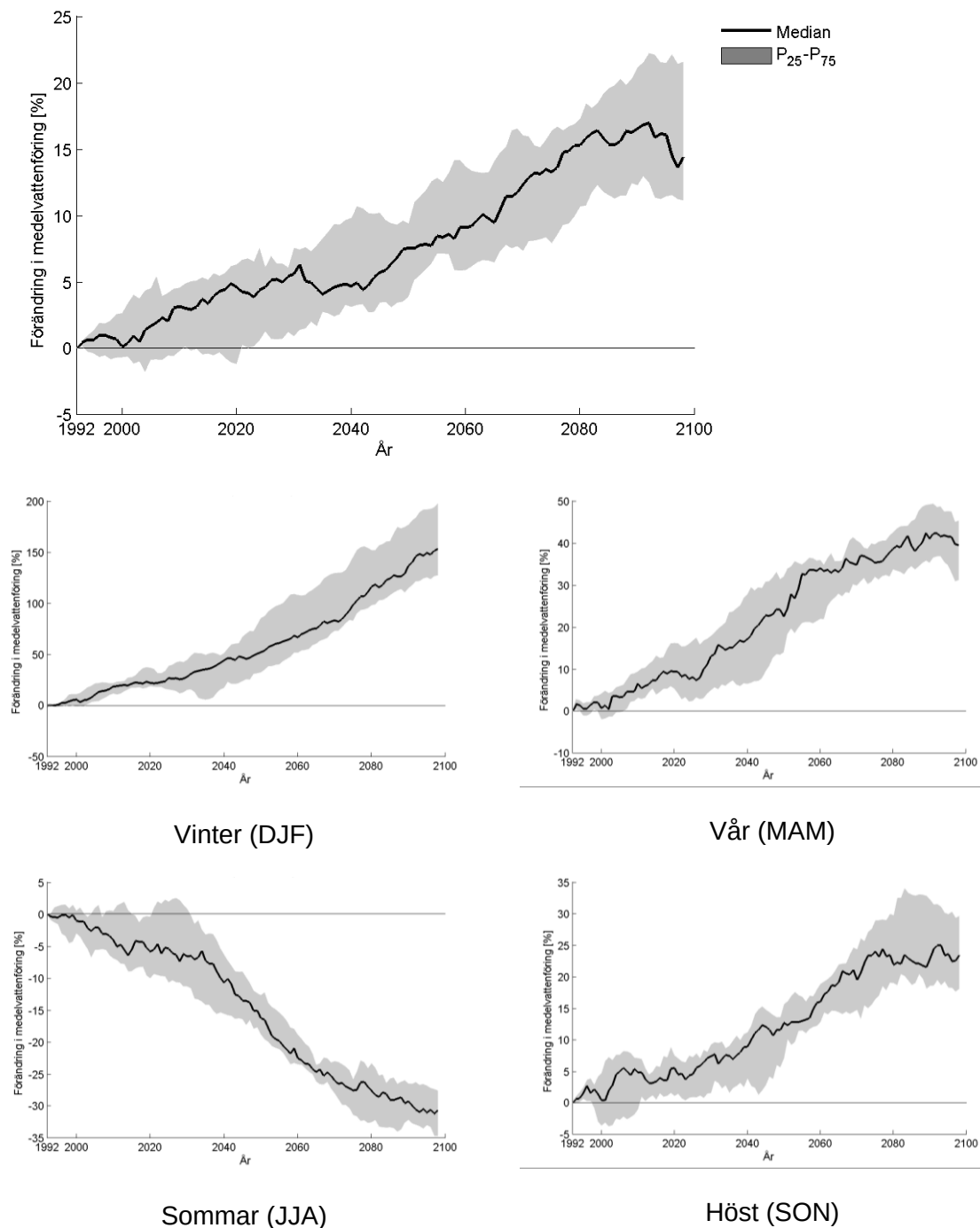
För t.ex. Ytterån i Indalsälvens avrinningsområde fås en ökning av medelvattenföring i mitten av seklet under våren eftersom vårfloden inträffar sent, men mot slutet av seklet har vårfloden förskjutits och förminskats så mycket att en minskning i medelvattenföring fås även under vårmånaderna. För Åreälvens utlopp i Liten vars vårflodstopp idag inträffar i juni minskar under hela seklet flödena under sommarmånaderna men ökar under vårmånaderna, då vårflödestoppen förskjuts tidigare.



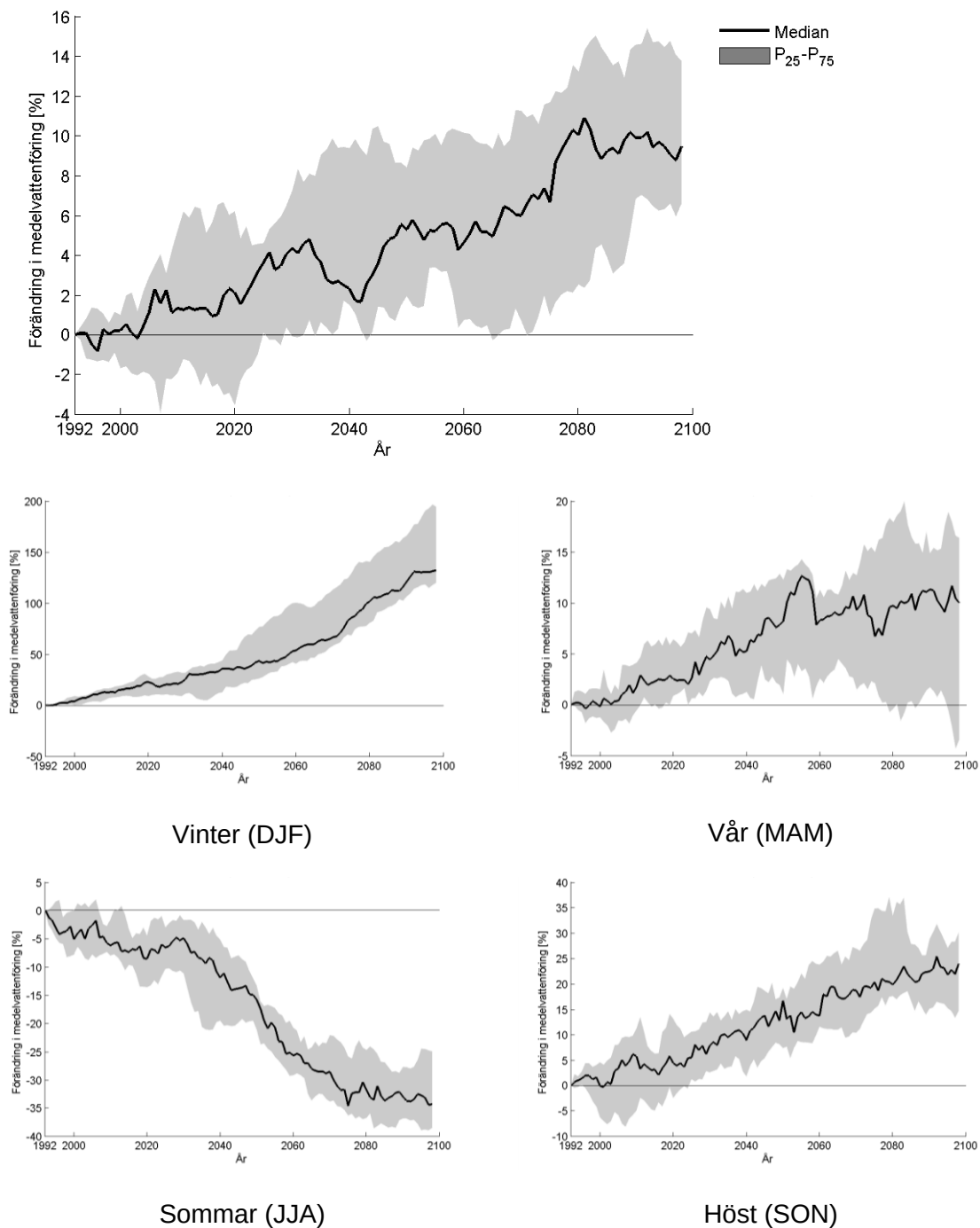
Figur 5.3-12. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Faxälvens utlopp ur Ramselesjön, Ångermanälvens avrinningsområde, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



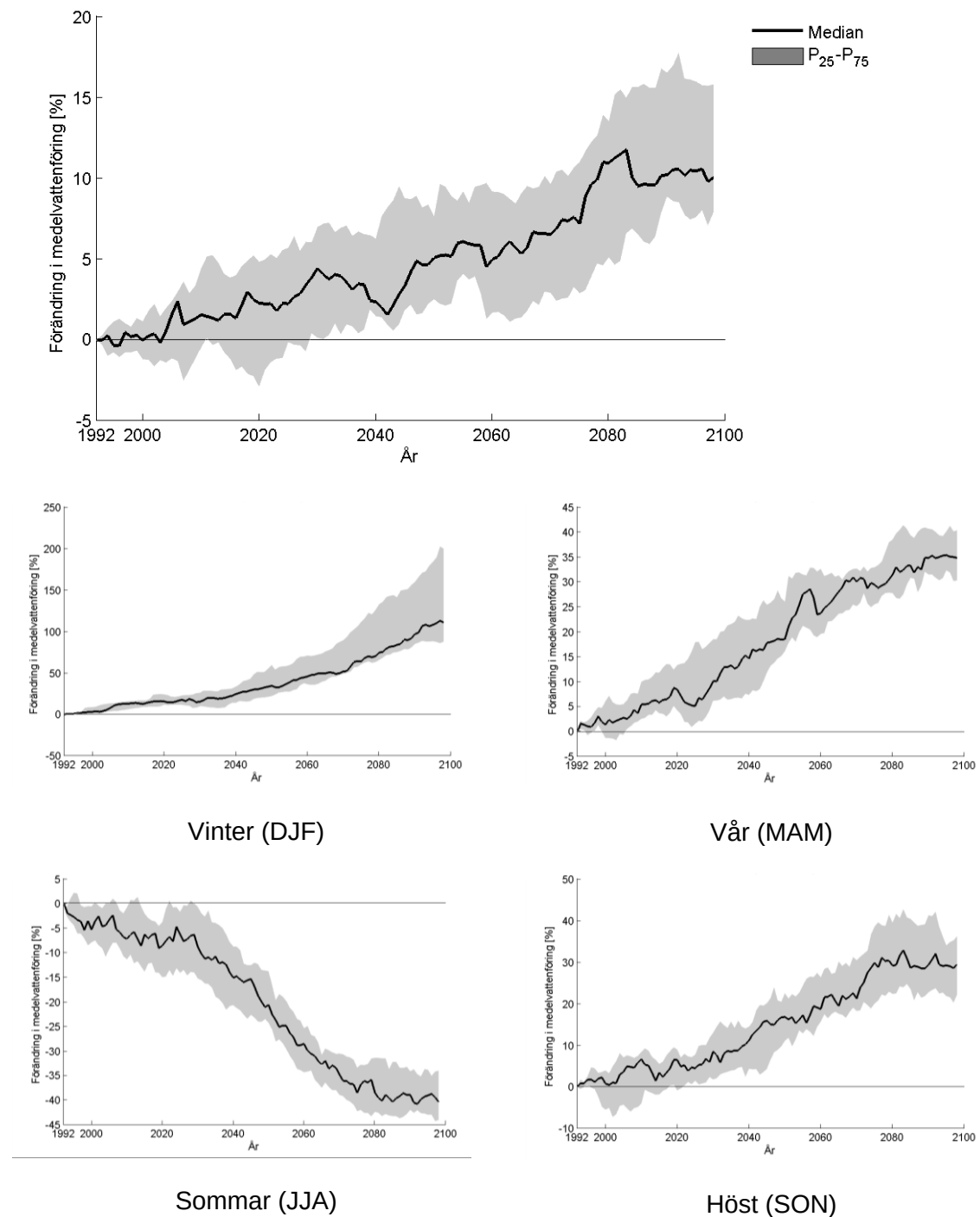
Figur 5.3-13. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Järpströmmens utlopp ur Kallsjön, i Indalsälvens avrinningsområde** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärde av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärde 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



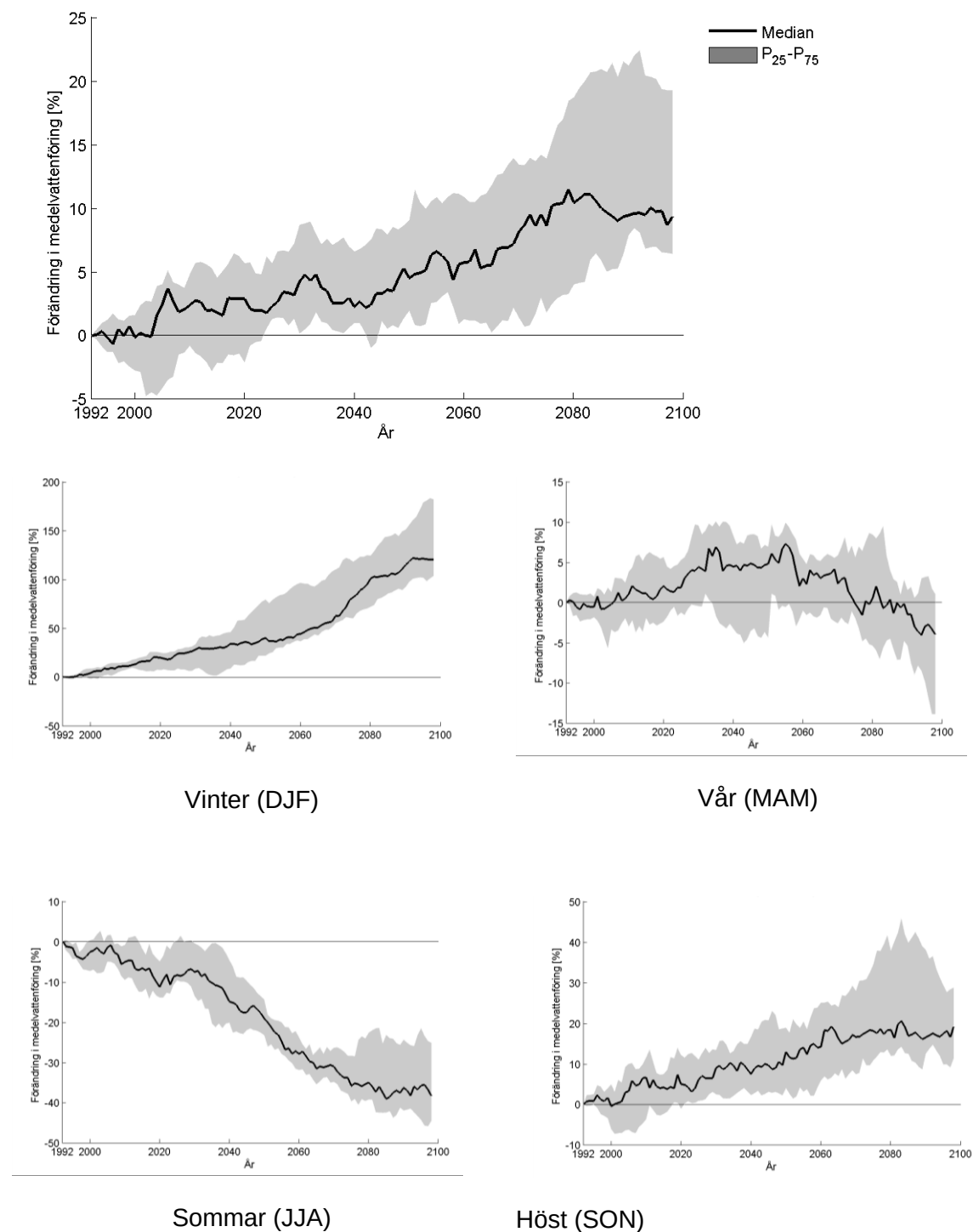
Figur 5.3-14. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Åreälvens utlopp i Liten, i Indalsälvens avrinningsområde** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



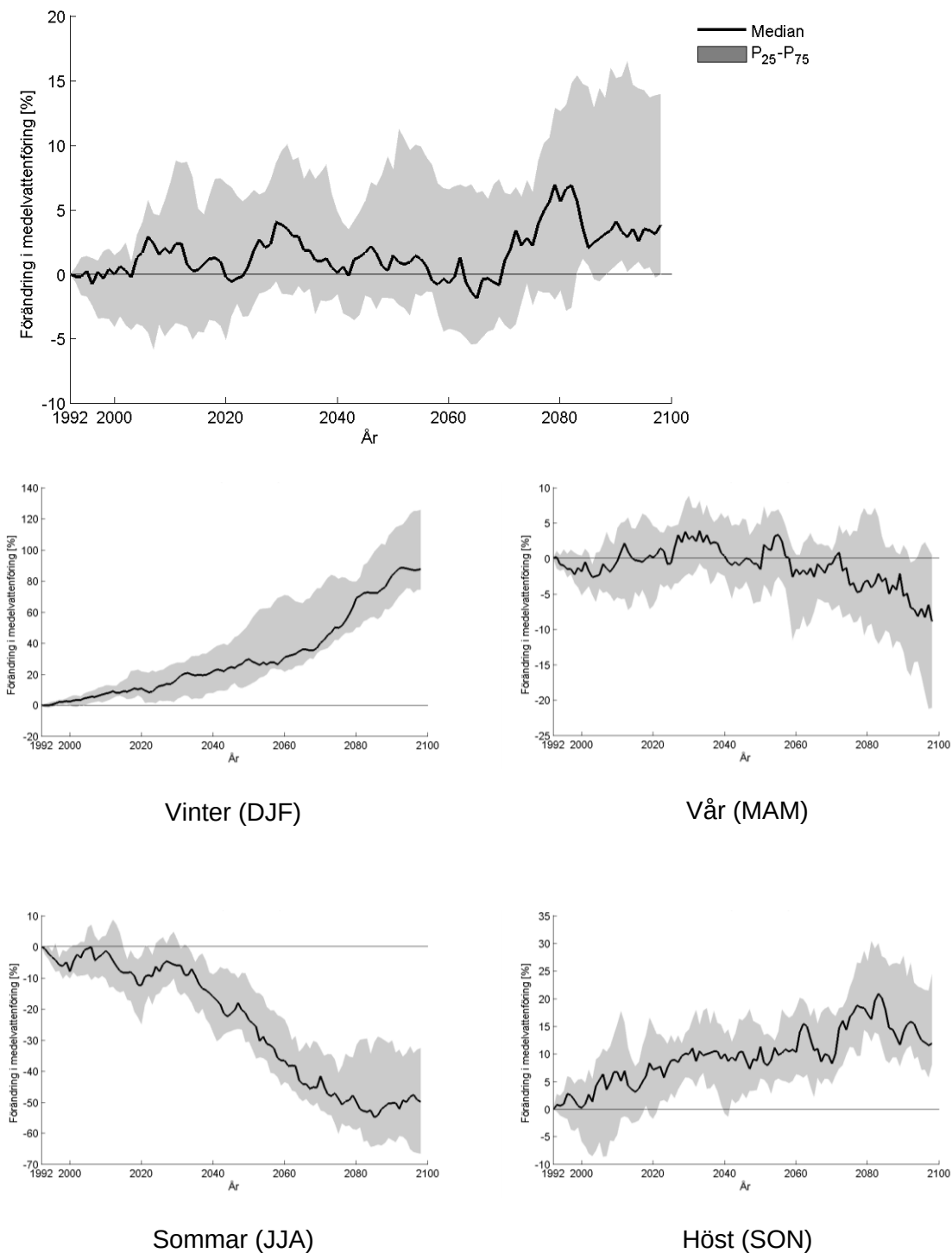
Figur 5.3-15. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Storbodströmmens utlopp ur Sällsjön, i Indalsälvens avrinningsområde** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



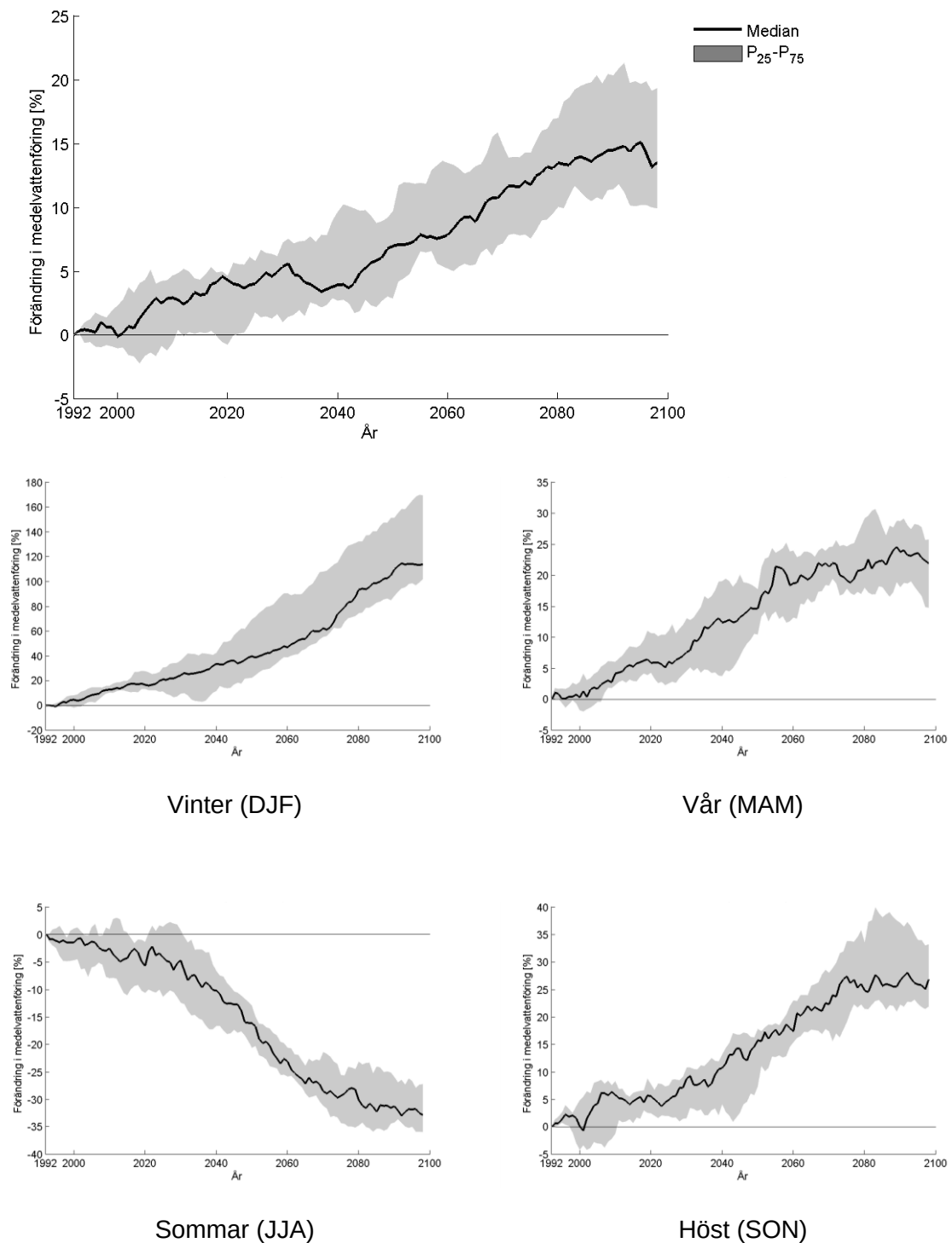
Figur 5.3-16. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Dammåns mynning i Ockesjön, i Indalsälvens avrinningsområde enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



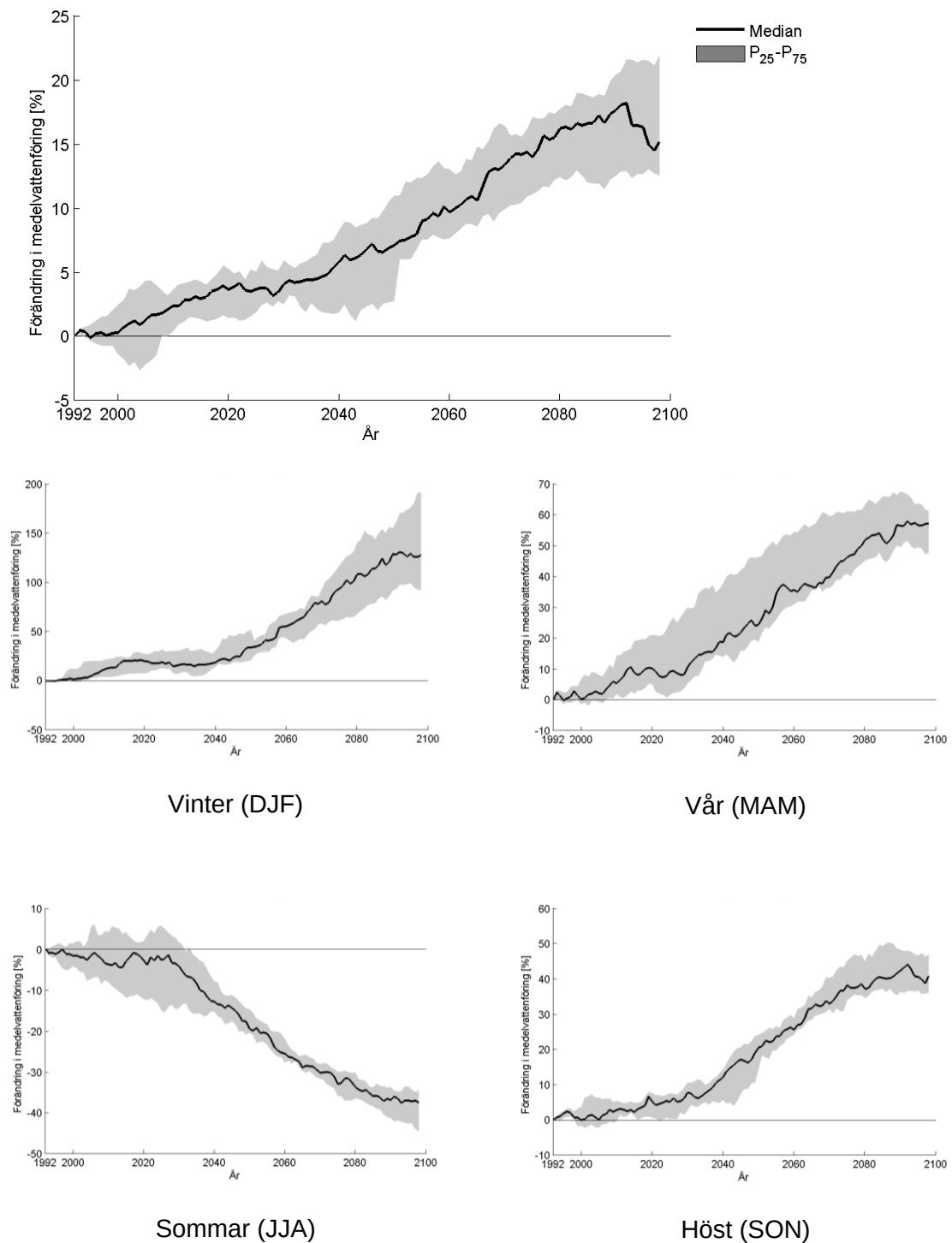
Figur 5.3-17. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Ytteråns mynning i Storsjön, i Indalsälvens avrinningsområde** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



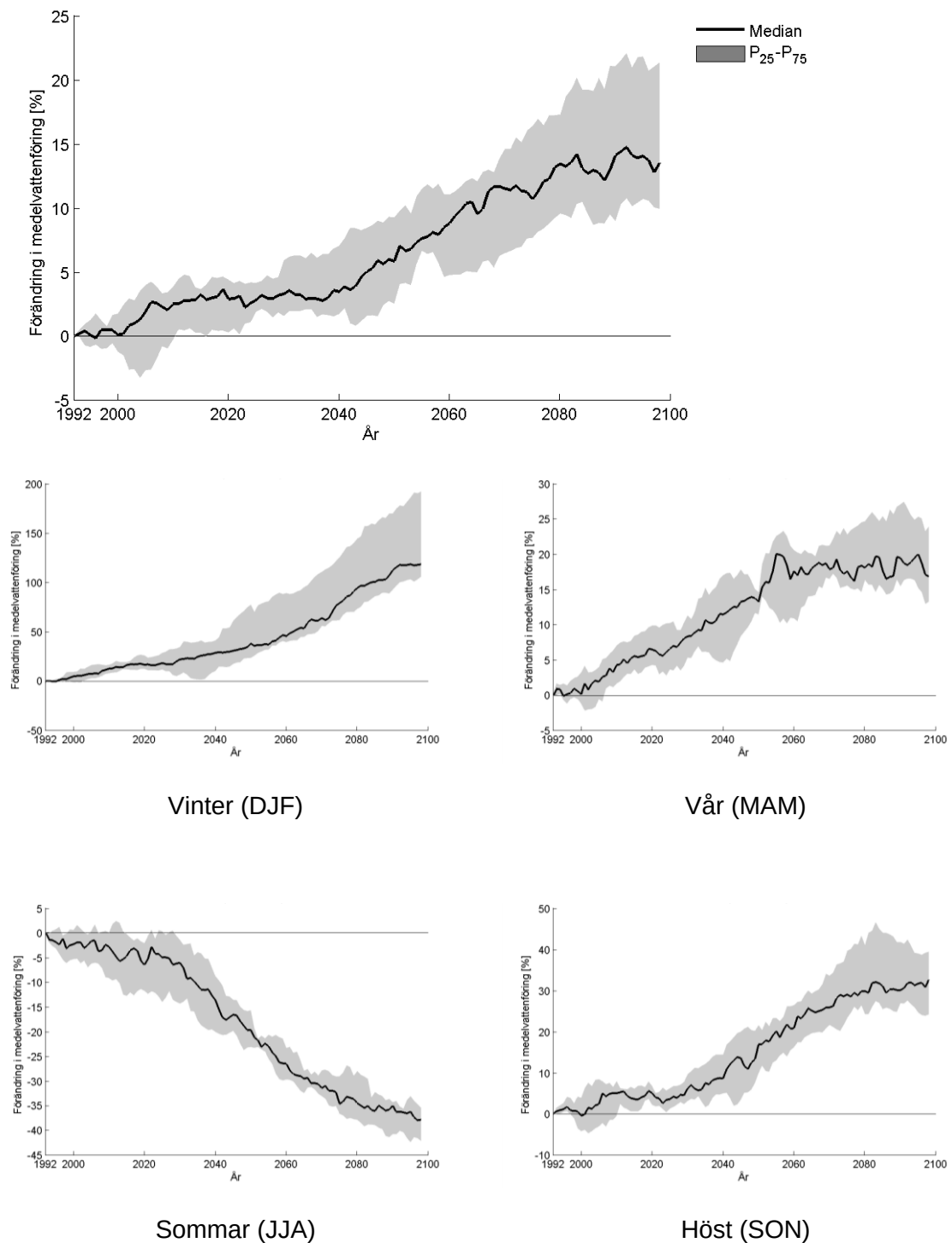
Figur 5.3-18. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Billstaåns utlopp ur Näkten, i Indalsälvens avrinningsområde** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



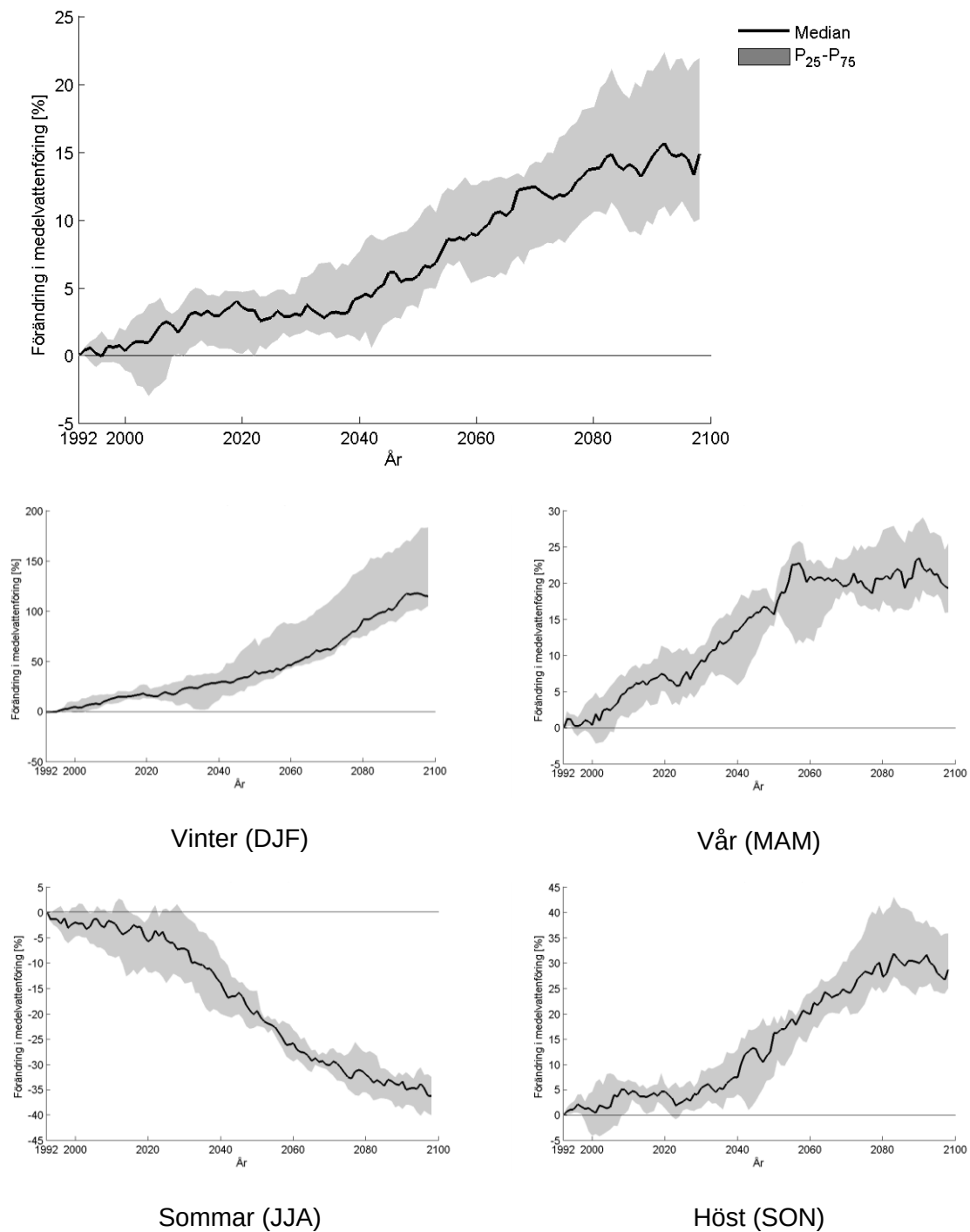
Figur 5.3-19. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Indalsälven nedan Storsjön (Kattstrupeforsen) enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



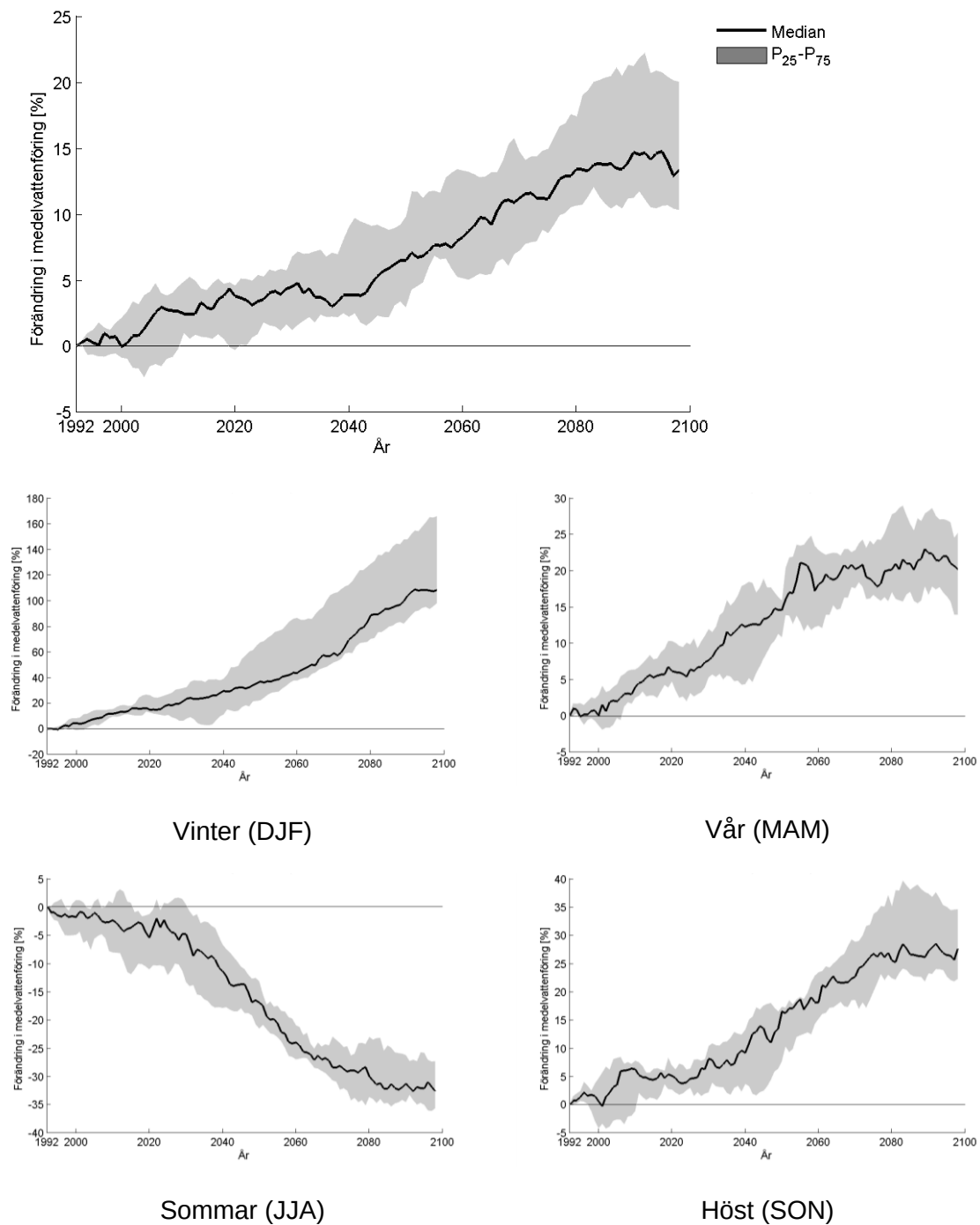
Figur 5.3-20. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Fisklösaåns mynning i Stora Mjölkvattnet, i Indalsälvens avrinningsområde enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



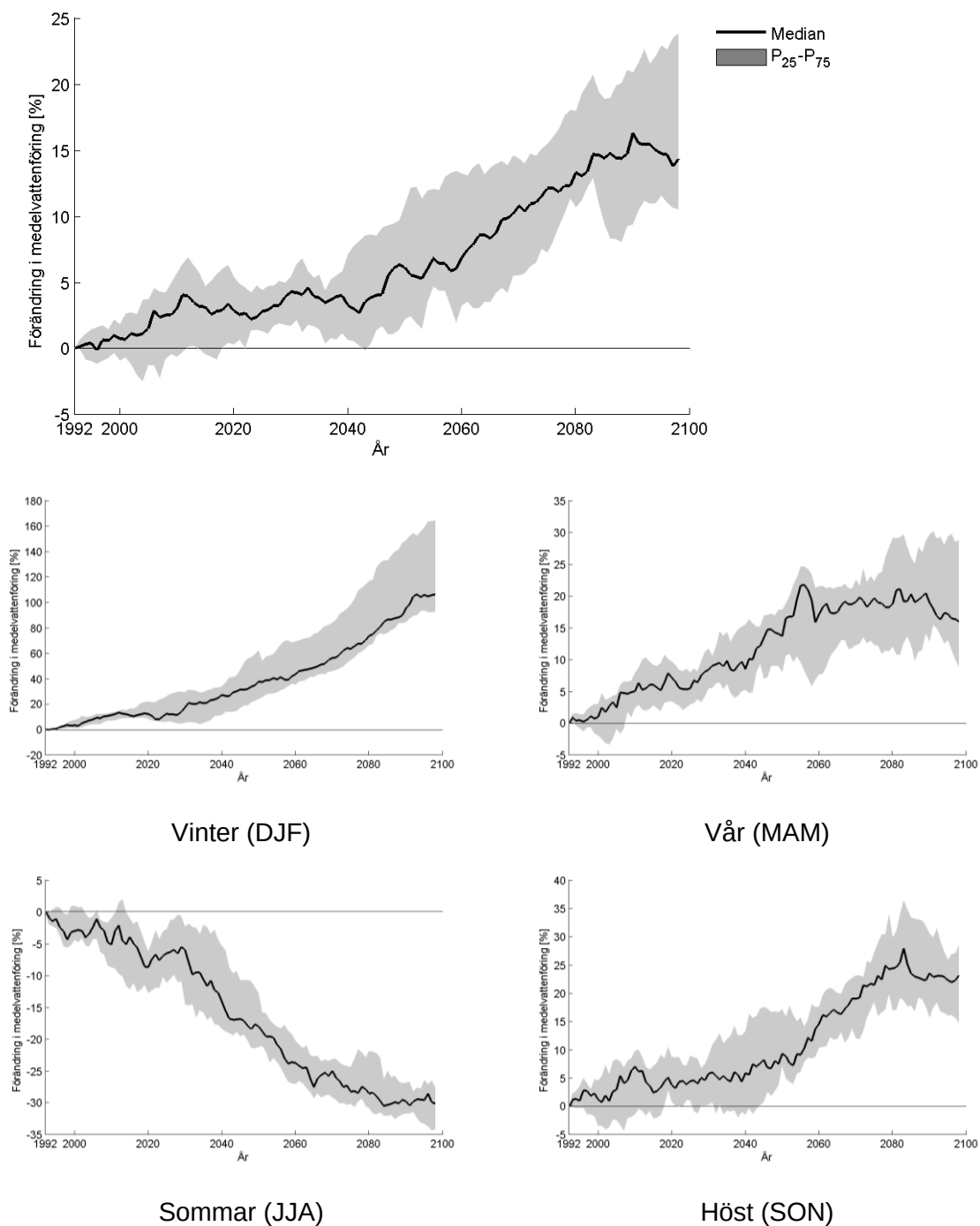
Figur 5.3-21. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Långans mynning i Indalsälven** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



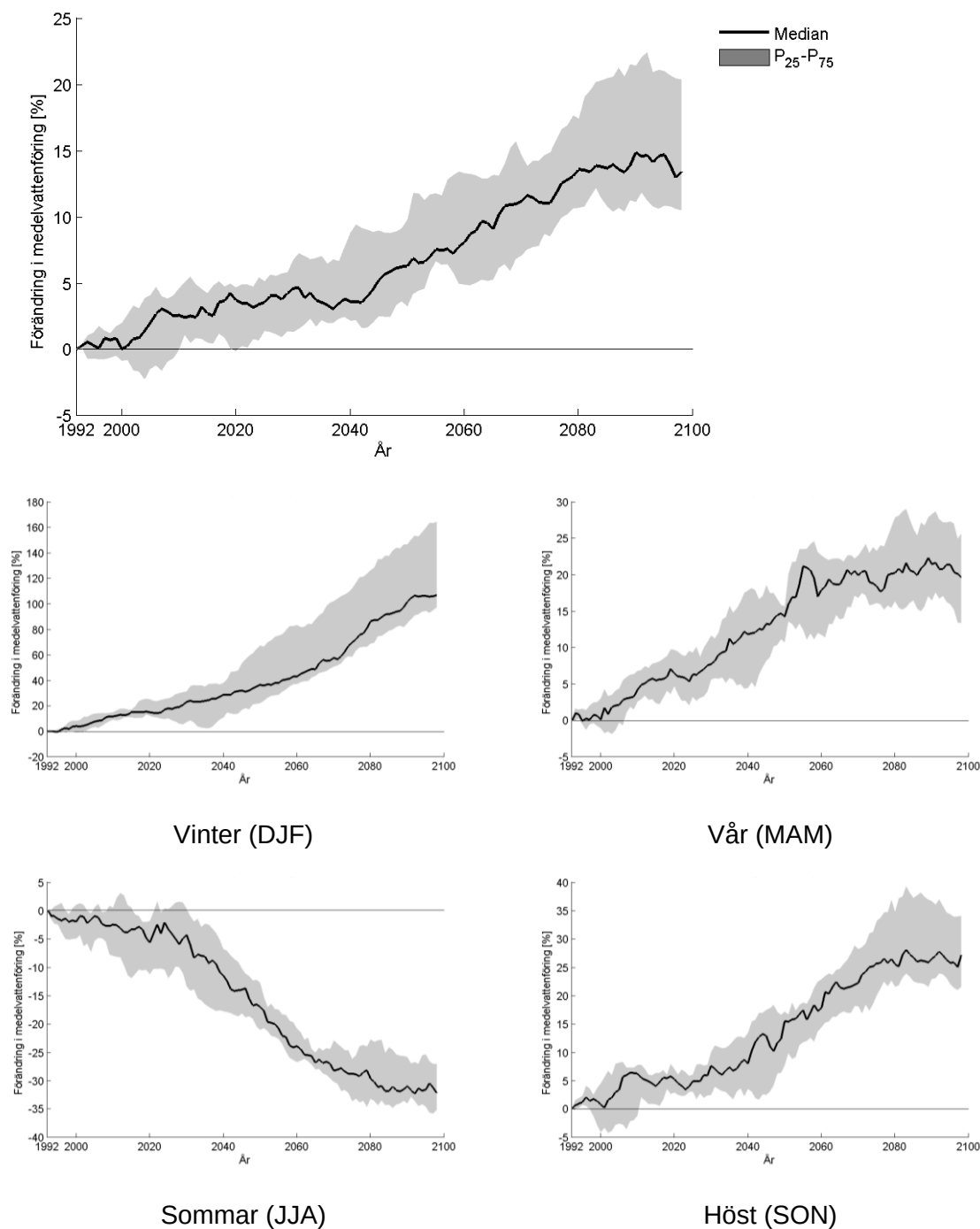
Figur 5.3-22. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Hårkans mynning i Indalsälven** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



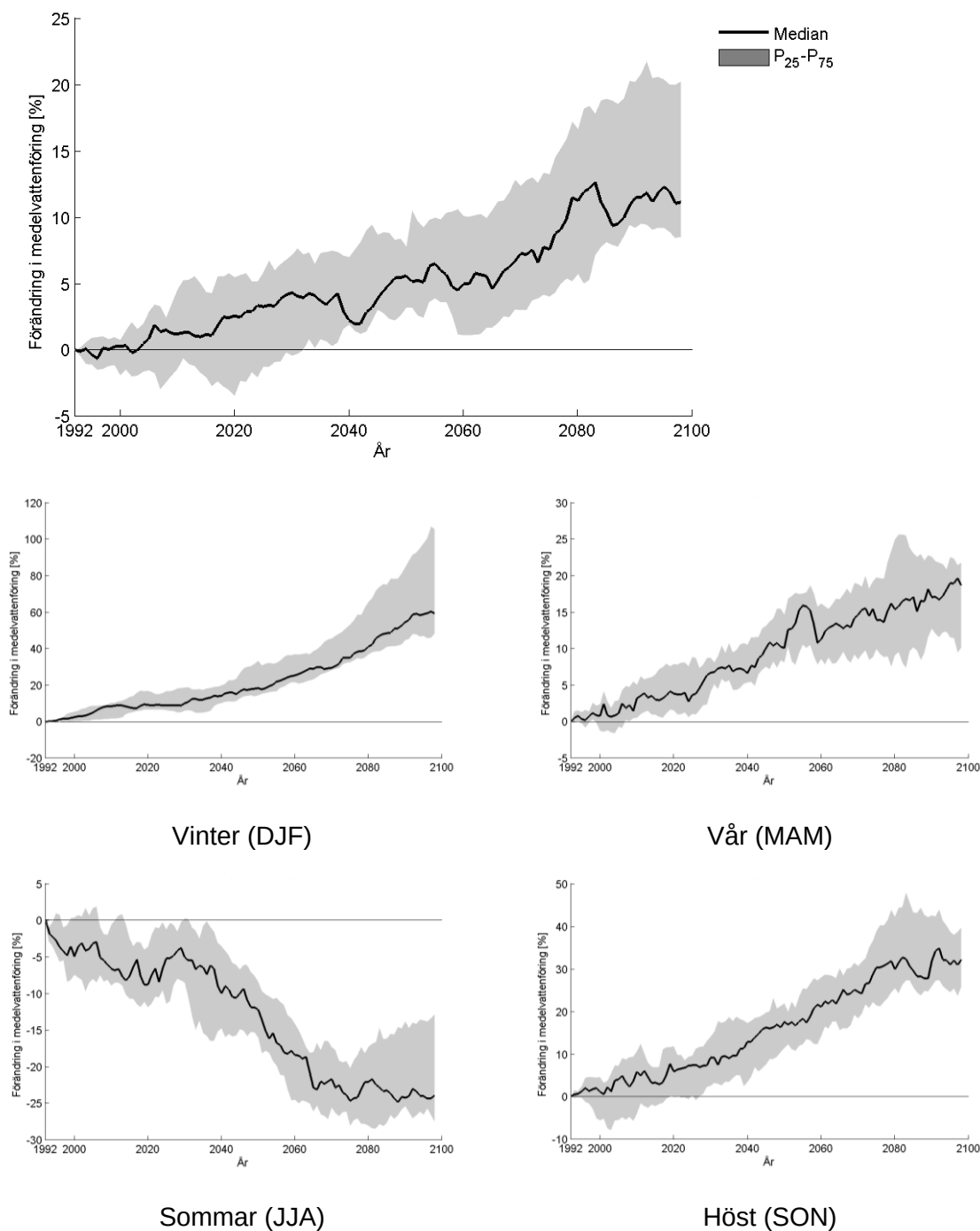
Figur 5.3-23. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Indalsälvens utlopp ur Gesunden** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



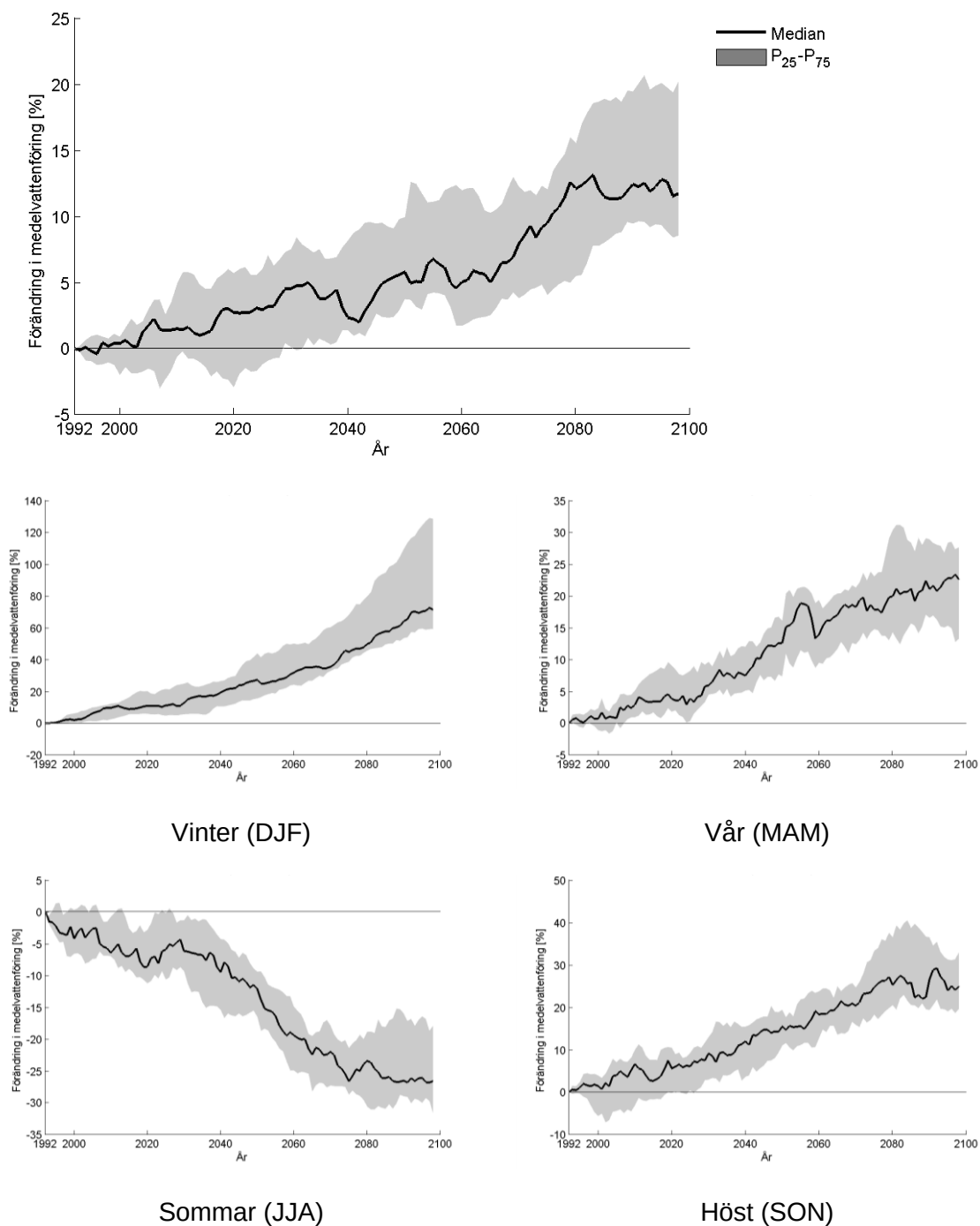
Figur 5.3-24. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Ammerån vid Överhammar, i Indalsälvens avrinningsområde enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



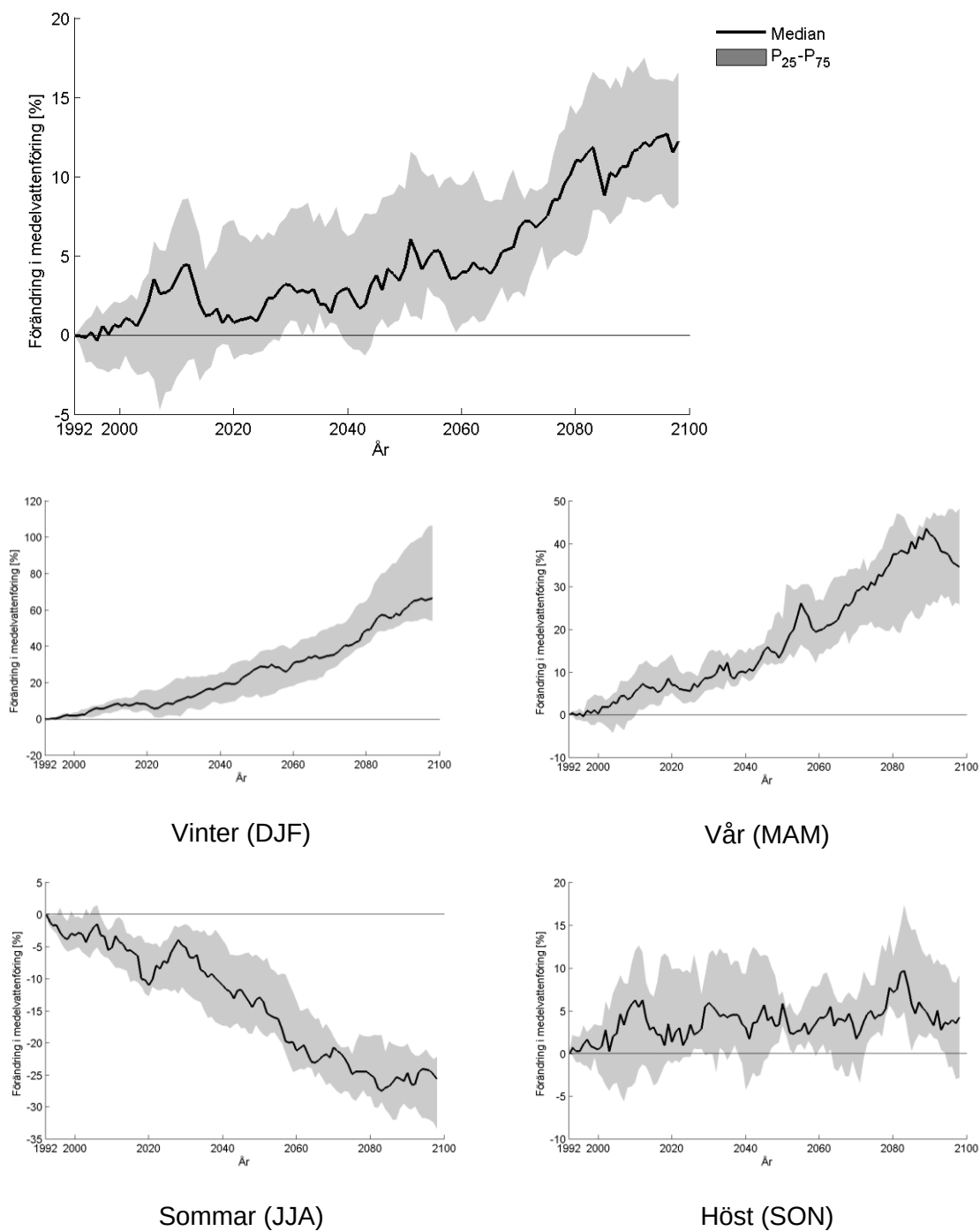
Figur 5.3-25. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Ammerån vid Överhammar, i Indalsälvens avrinningsområde enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



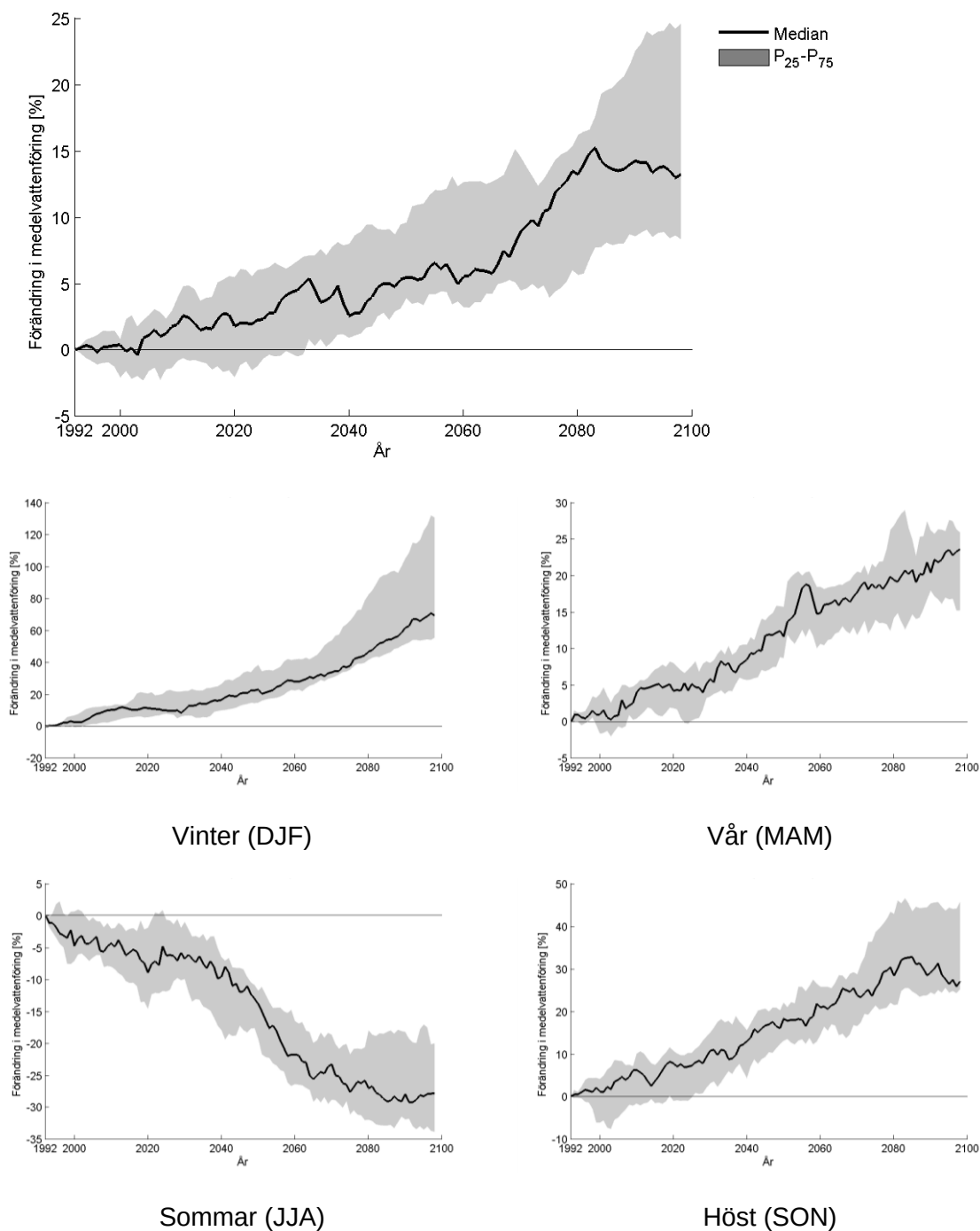
Figur 5.3-26. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Galåns mynning i Ljungan enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärde av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



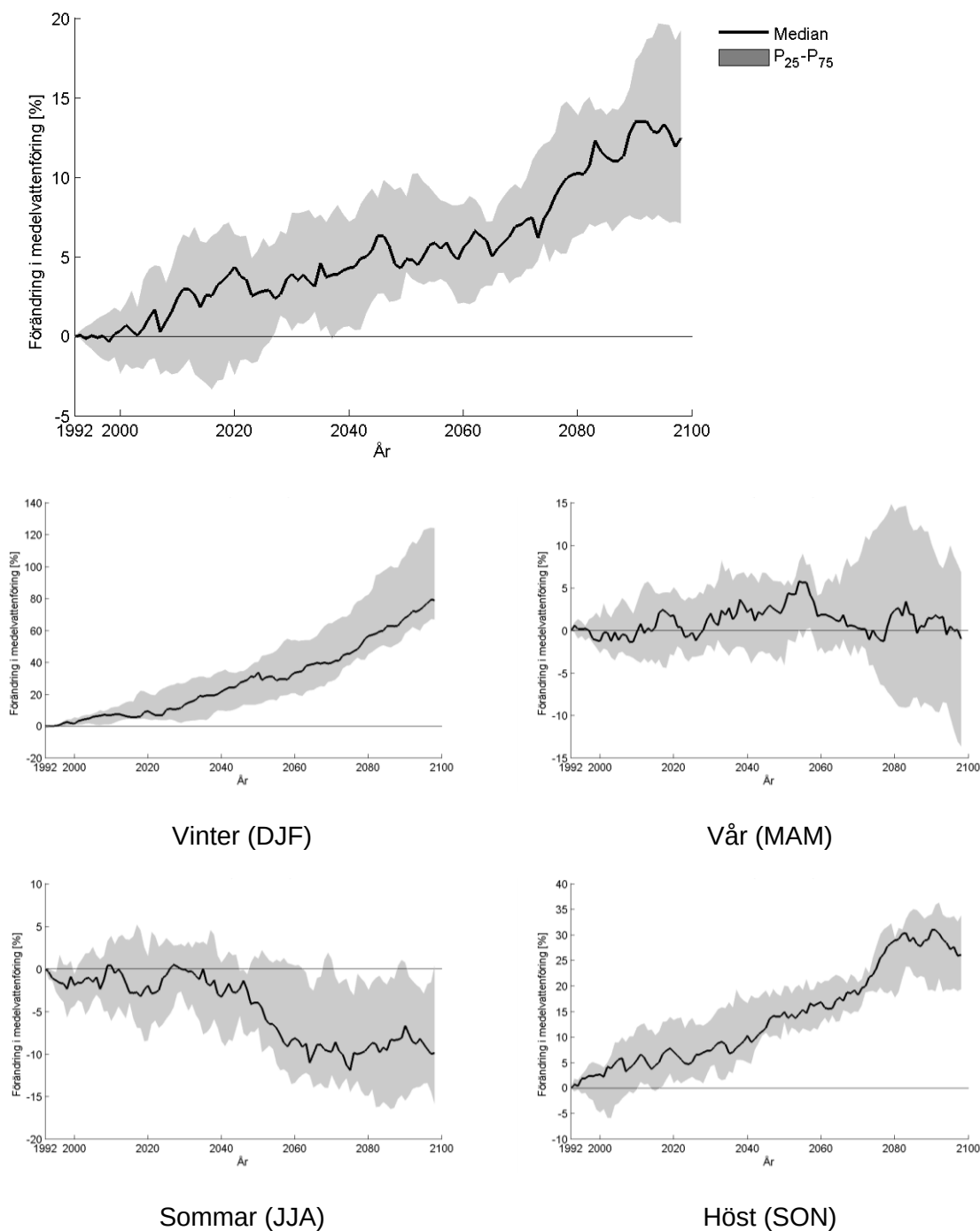
Figur 5.3-27. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Ljungans utlopp ur Mellansjön** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



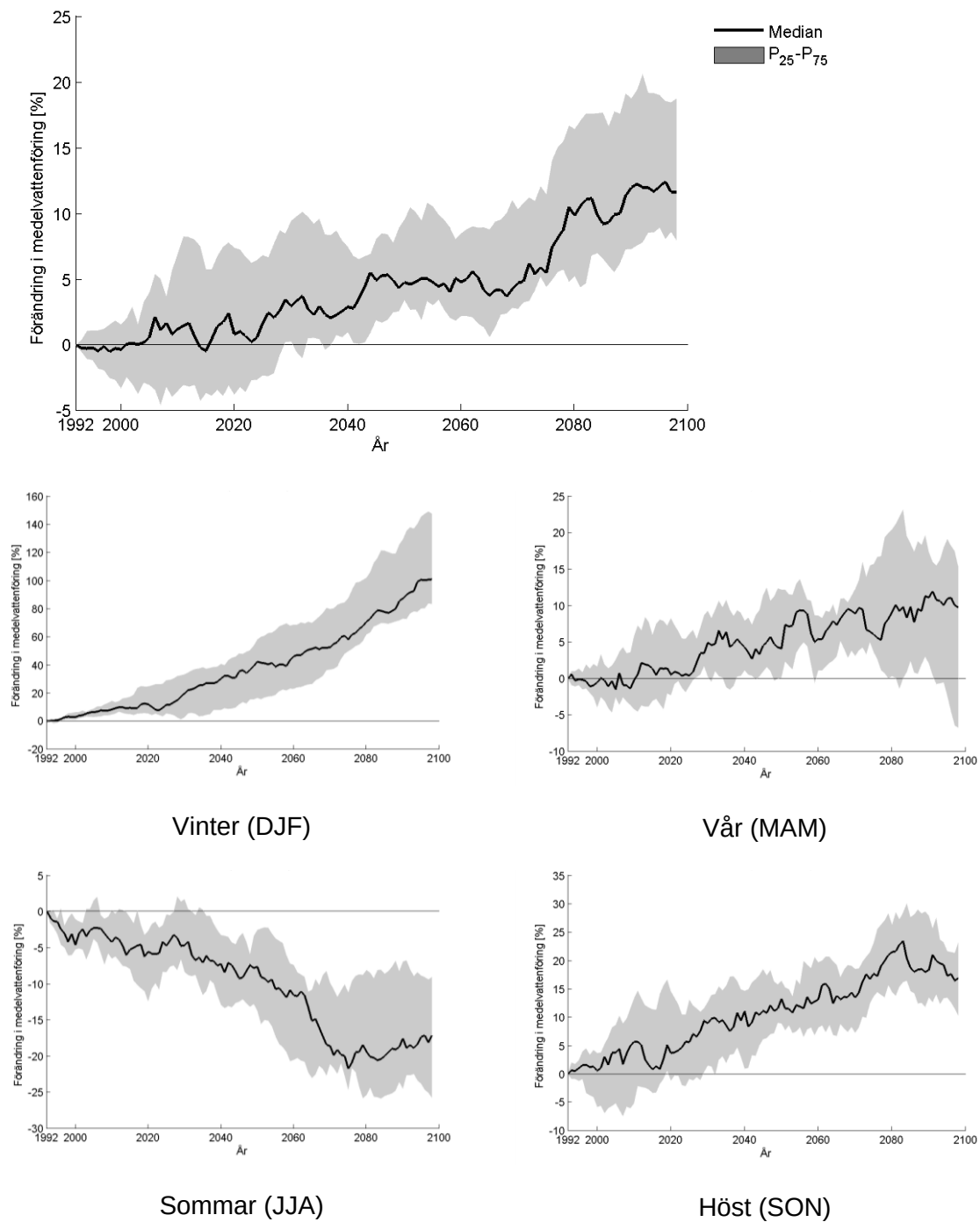
Figur 5.3-28. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Gimåns utlopp ur Mellansjön i Ljungans avrinningsområde enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



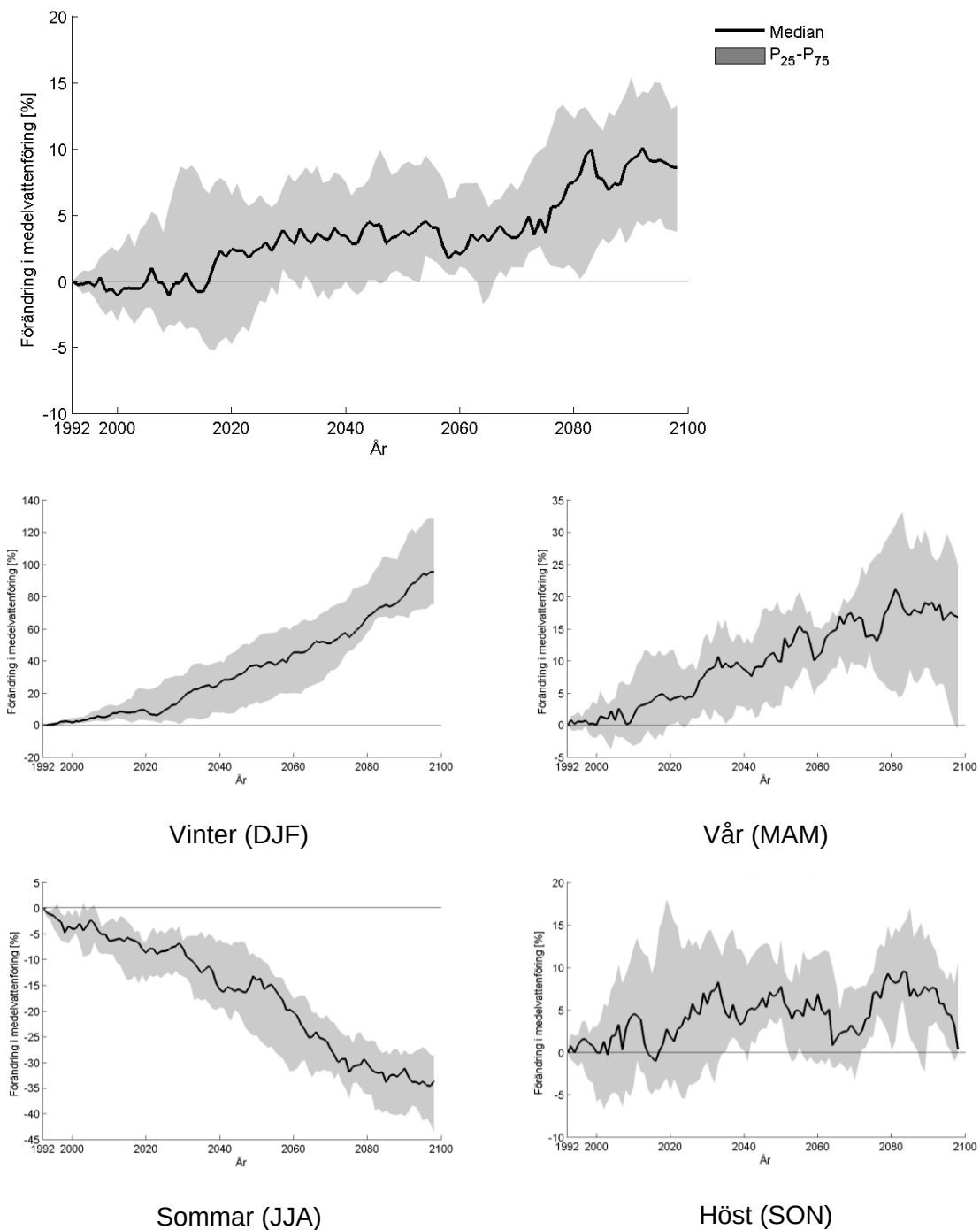
Figur 5.3-29. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Ljusnan nedan Lunen** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



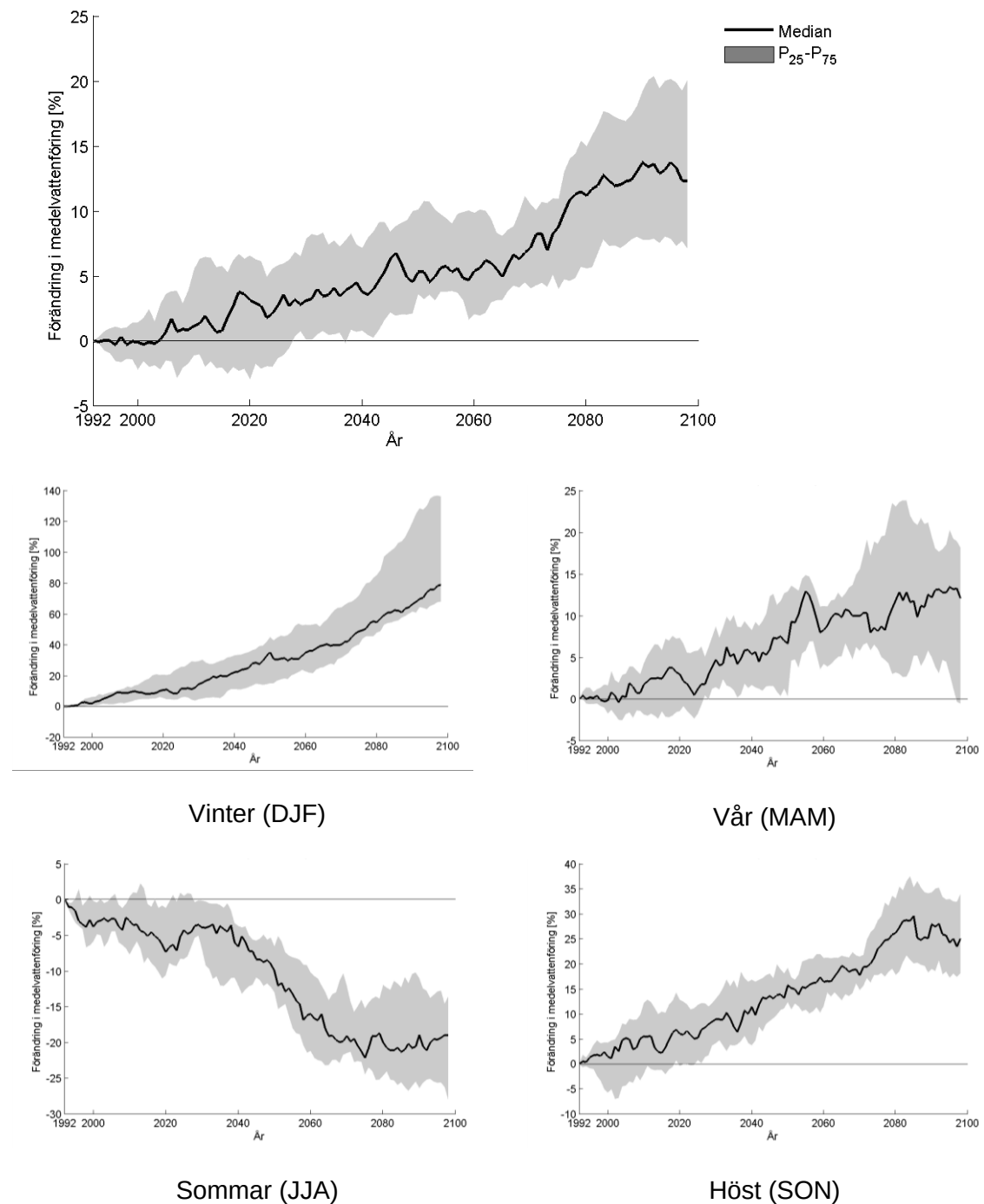
Figur 5.3-30. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Härjåns utlopp ur Härjåsjön, i Ljusnans avrinningsområde enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärde av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärde 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



Figur 5.3-31. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Hoans mynning i Ljusnan** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärde av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärde 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



Figur 5.3-32. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Kvarnåns mynning i Ängerån, i Ljusnans avrinningsområde enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärde av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärde 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

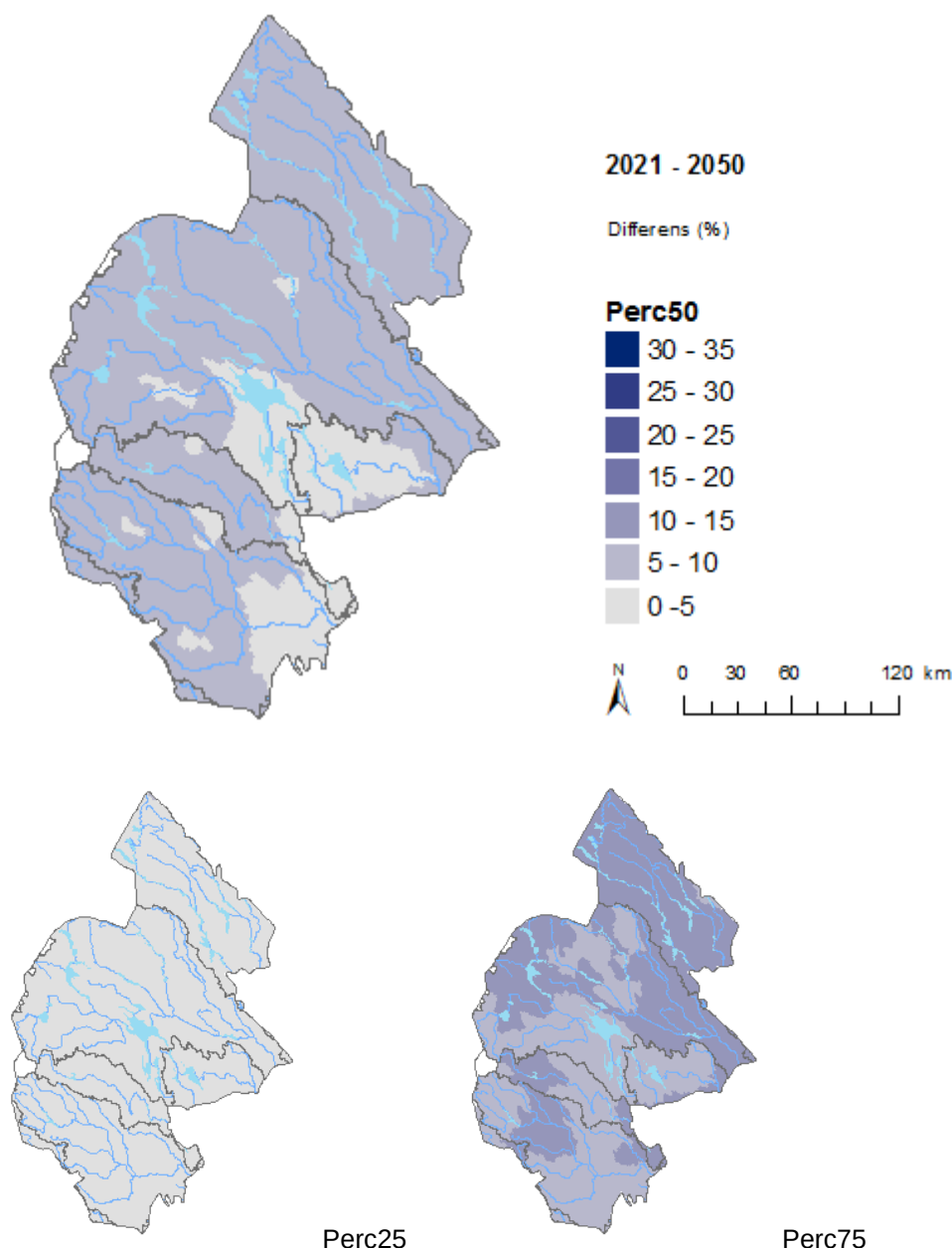


Figur 5.3-33. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Ljusnan vid Laforsens kraftverk** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

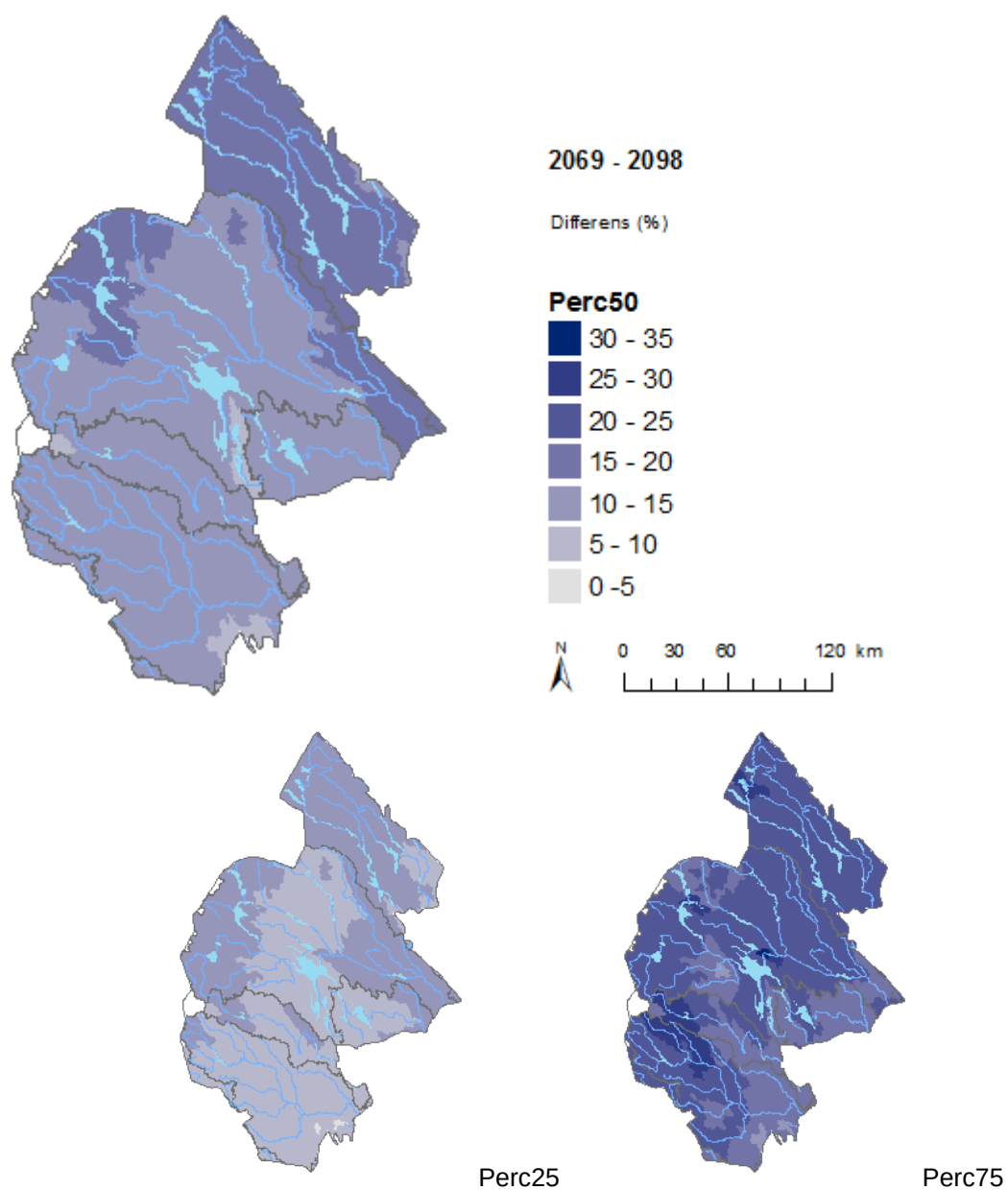
I figur 5.3-34 och 5.3-35 visas i kartform medianvärdet av förändringen av den lokala medelårstillrinningen i hela länet beräknat från samtliga klimatscenarioer för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098. Parallellt visas även 25:e percentilen och 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedeltillrinning för samma perioder.

I kartbilderna visas den lokala tillrinningen, det vill säga bara det bidrag av vatten som rinner från varje enskilt avrinningsområde. Det ger en bild av hur mindre vattendrag påverkas eftersom deras vattenföring endast beror av lokala förhållanden.

I kartbilden över den lokala tillrinningen enligt klimatscenarioe-medianen syns en ökning på mellan 5 till 10 % i större delen av länet för perioden 2021-2050 jämfört med 1961-1990. Mot slutet av seklet syns en ökning av den lokala tillrinningen i klimatscenariomedianen på mellan 10 till 15 % i större delen av länet, för Ångermanälven och längst upp i Indalsälven 15 – 20 %.



Figur 5.3-34. Förändring av lokal årsmedeltillrinning i Jämtlands län för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den övre figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedelvärden.



Figur 5.3-35. Förändring av lokal årsmedeltillrinning i Jämtlands län för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedelvärden.

5.3.3 100-årsflöden

I figurerna 5.3-36 till 5.3-44 presenteras 100-årsvattenföringar beräknade för Ångermanälvens, Indalsälvens, Ljungans och Ljusnans avrinningsområden, för de punkter som listas i tabell 5-2. Beräkningarna är gjorda för *oreglerade* förhållanden på *total* tillrinning. Att total tillrinning (vattenföringen) är beräknad betyder att allt tillrinnande vatten uppströms delavrinningsområdet är inräknat.

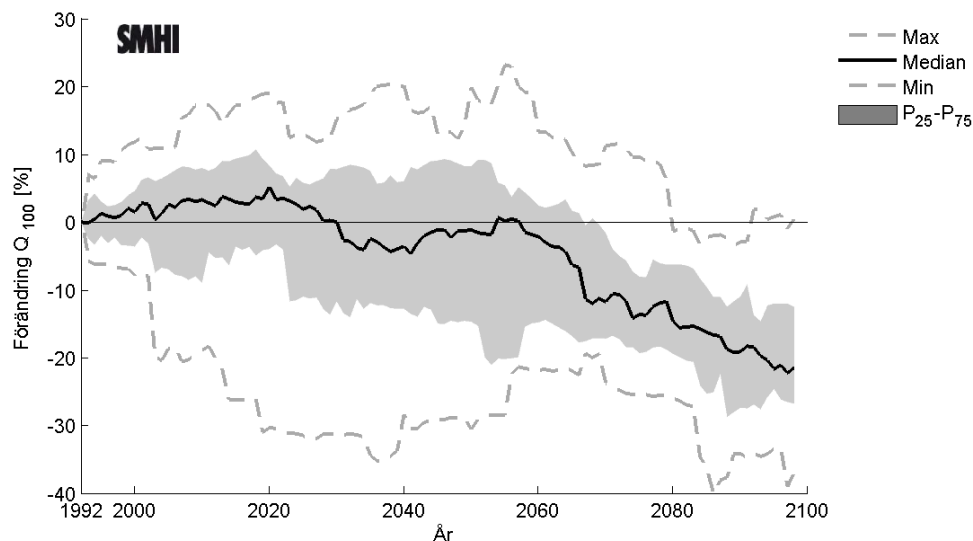
100-årsflöden har beräknats för löpande 30-årsperioder efter tidsperioden 1963-1992 (dvs. 1964-1993, 1965-1994, ..., 2069-2098). Detta har gjorts för samtliga klimatscenarier. 100-årsflödet beräknat för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilket beräknade 100-årsflöden för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen av storleken på 100-årsflödet uttrycks i procent. I bilaga 24 visas diagrammen med de enskilda klimatscenarierna.

Beräkningarna av framtida 100-årsflöden i Indalsälven visar för de flesta platser på en nedgång med kring -20 % då scenariomedianen betraktas. På samma sätt ser det ut för Ångermanälvens utlopp ur Ramselesjön. Tendensen i Ljungan går svagare nedåt, mot runt -10 % minskning. Också i Ljusnan är förändringen enligt beräkningarna svagare, men 100-årsflödena ser ut att minska till ca -10 % mot slutet av seklet.

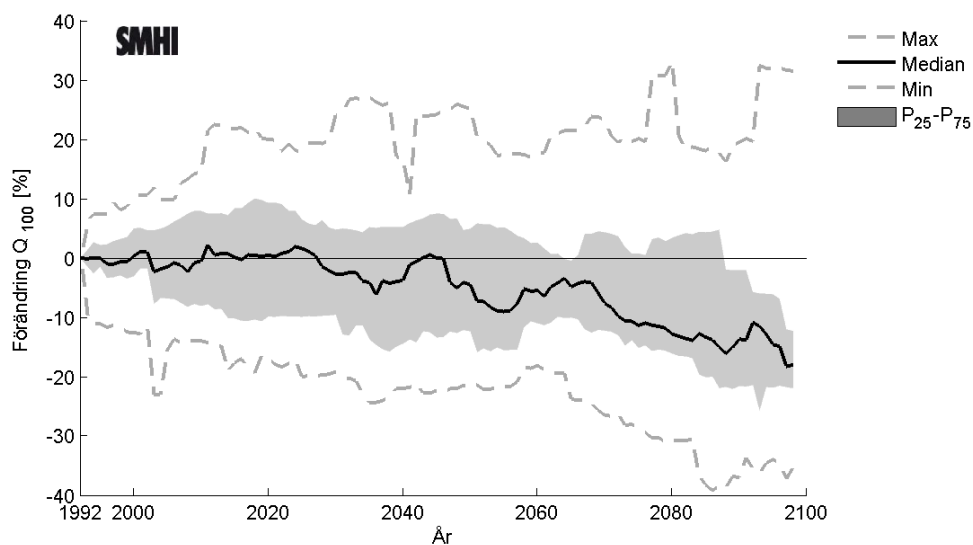
De minskande 100-årsflödena är troligen ett resultat av att allt mindre mängder snö lagras under vintern och smälter av på våren. Vårflödestopparna är dominerande för den hydrologiska regimen i denna region och orsakar vanligen de höga flödena. Detta kan jämföras med den förändrade säsongsvariationen i vattenföring (kapitel 5.3.1).



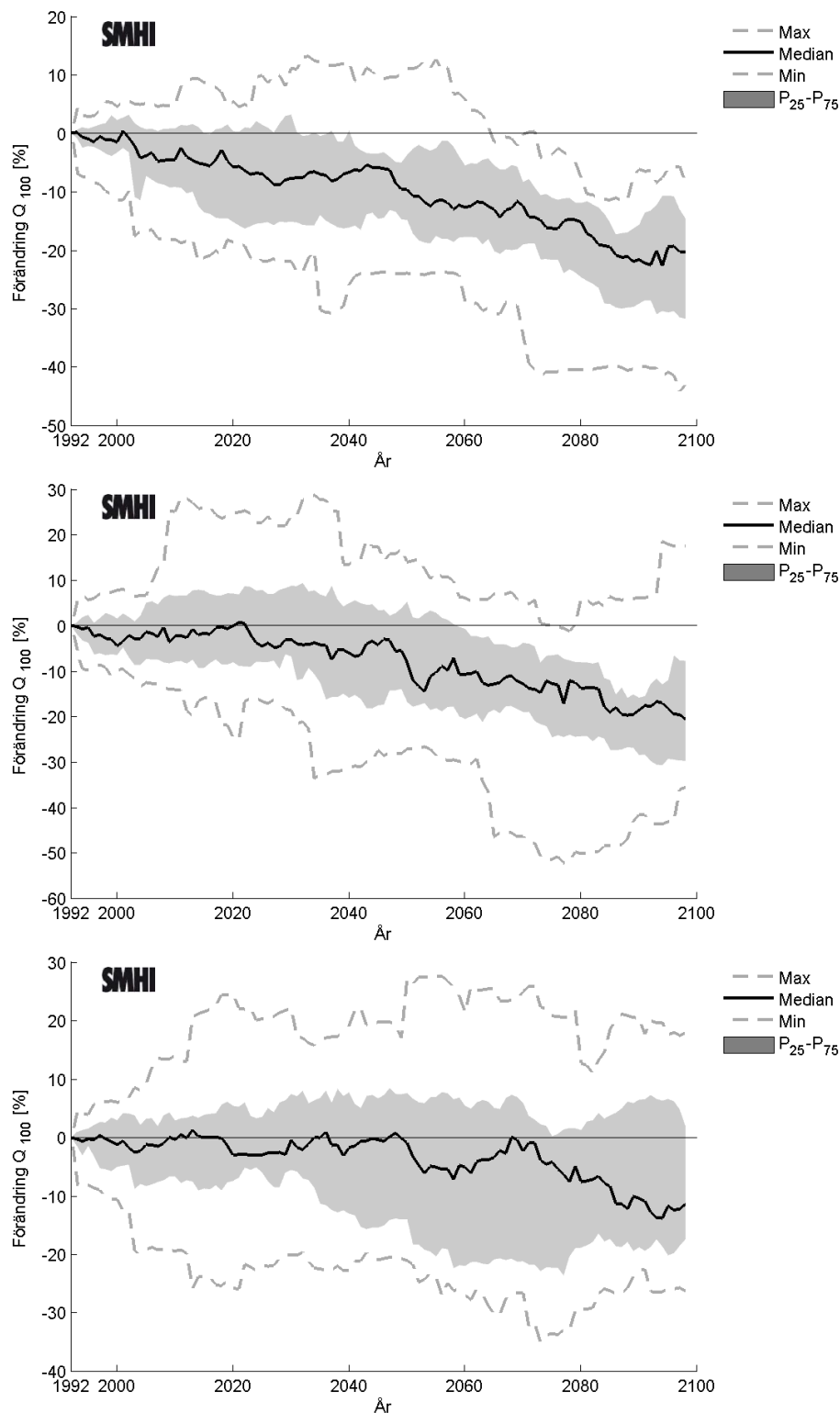
Översvämning i Hammerdal. Foto: Länsstyrelsen Jämtland.



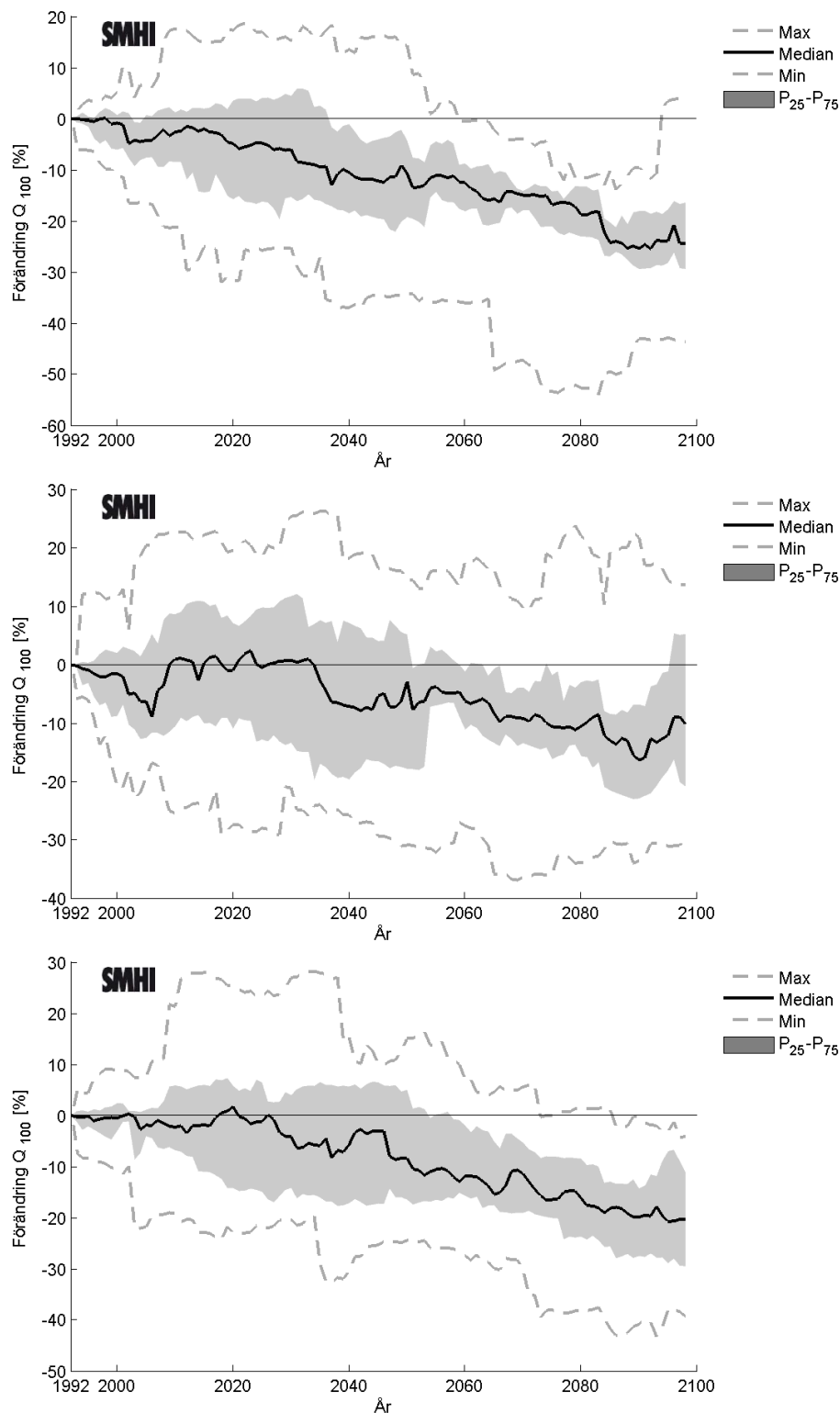
Figur 5.3-36. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Faxälvens utlopp ur Ramselesjön, Ångermanälvens avrinningsområde**, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.



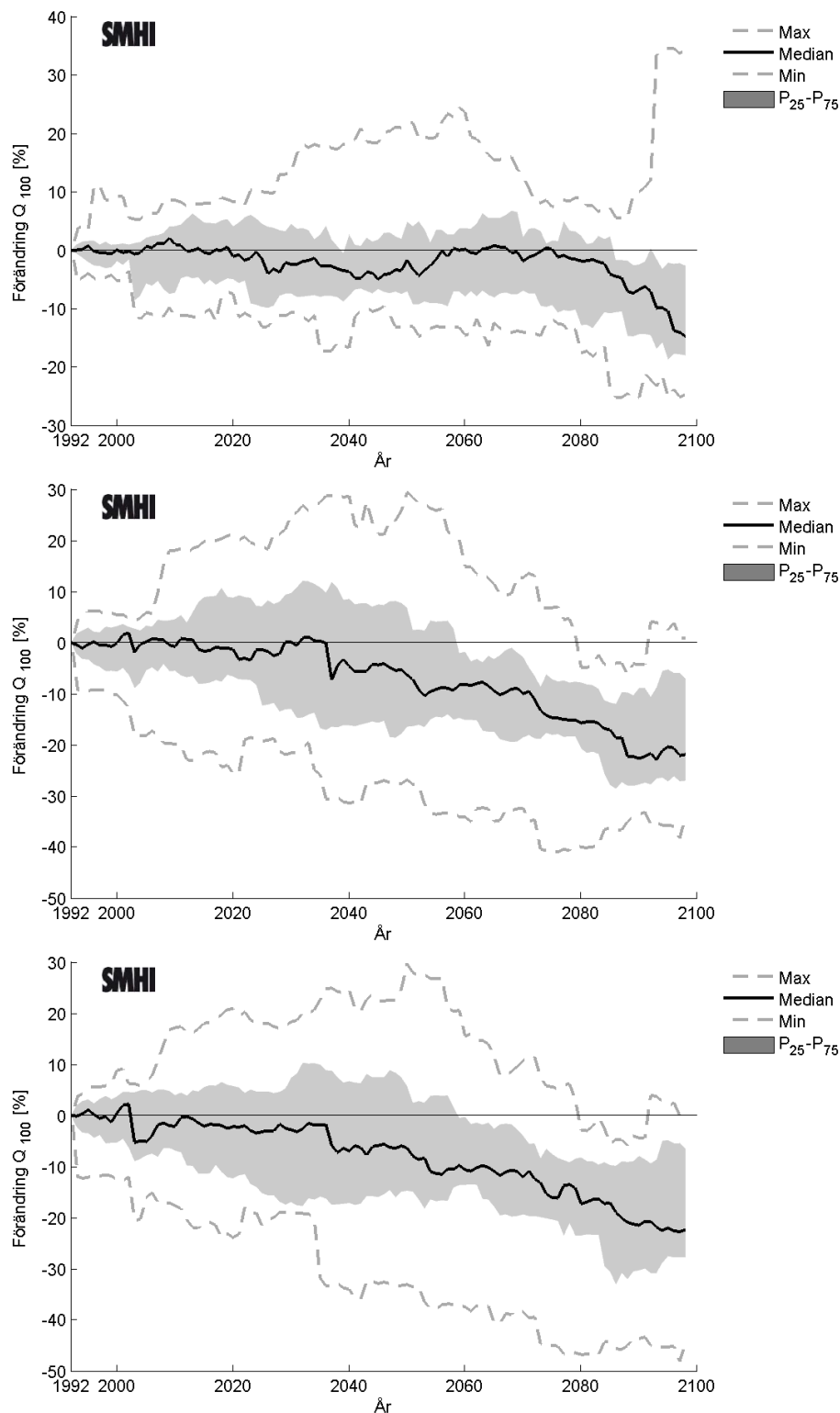
Figur 5.3-37. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Järpströmmens utlopp ur Kallsjön i Indalsälvens avrinningsområde** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.



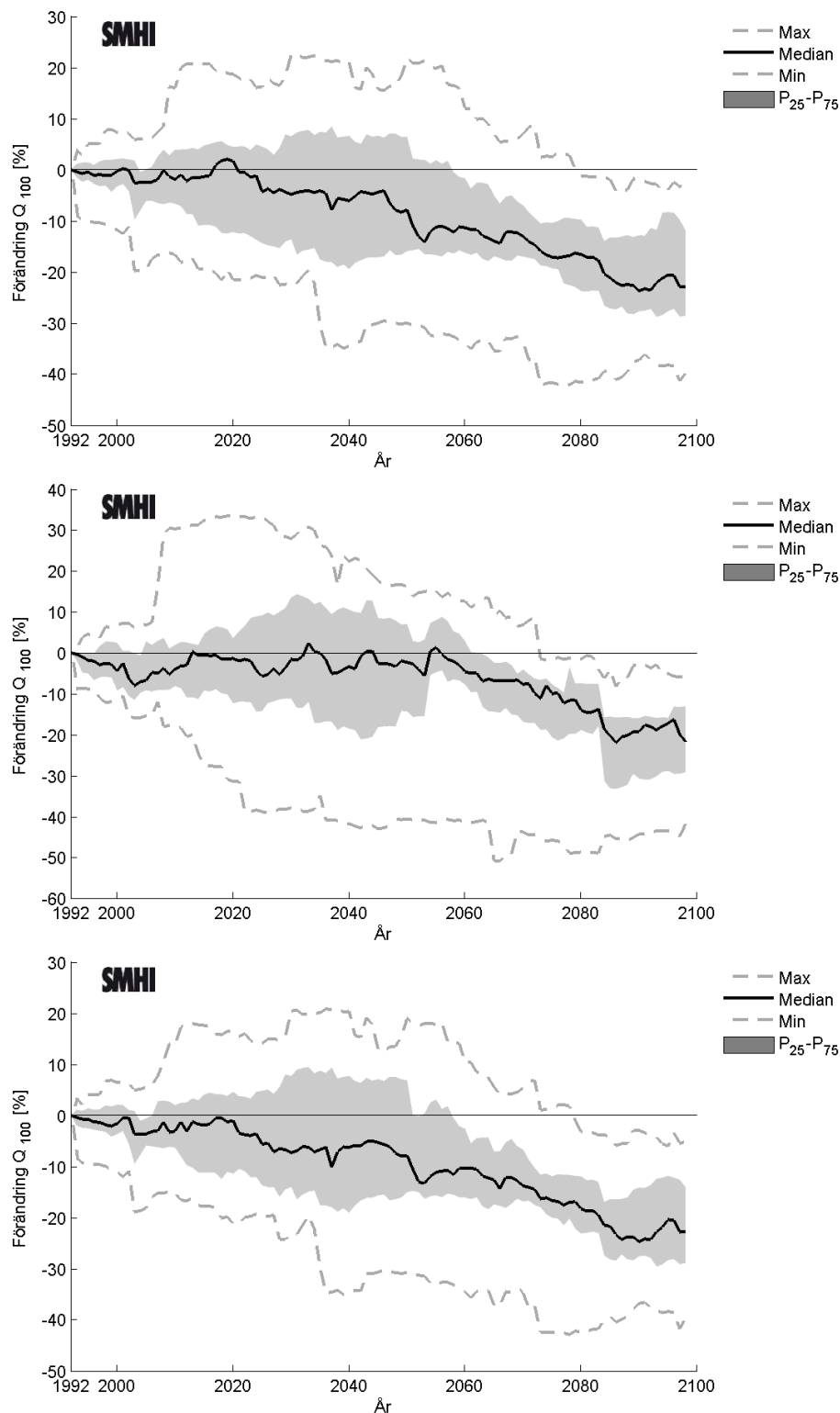
Figur 5.3-38. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Åreälvens mynning i Liten (överst)**, **Storbodströmmens utlopp ur Sällsjön (mitten)** och **Dammåns mynning i Ockesjön (nederst)**, samtliga i **Indalsälvens avrinningsområde**, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarioer.



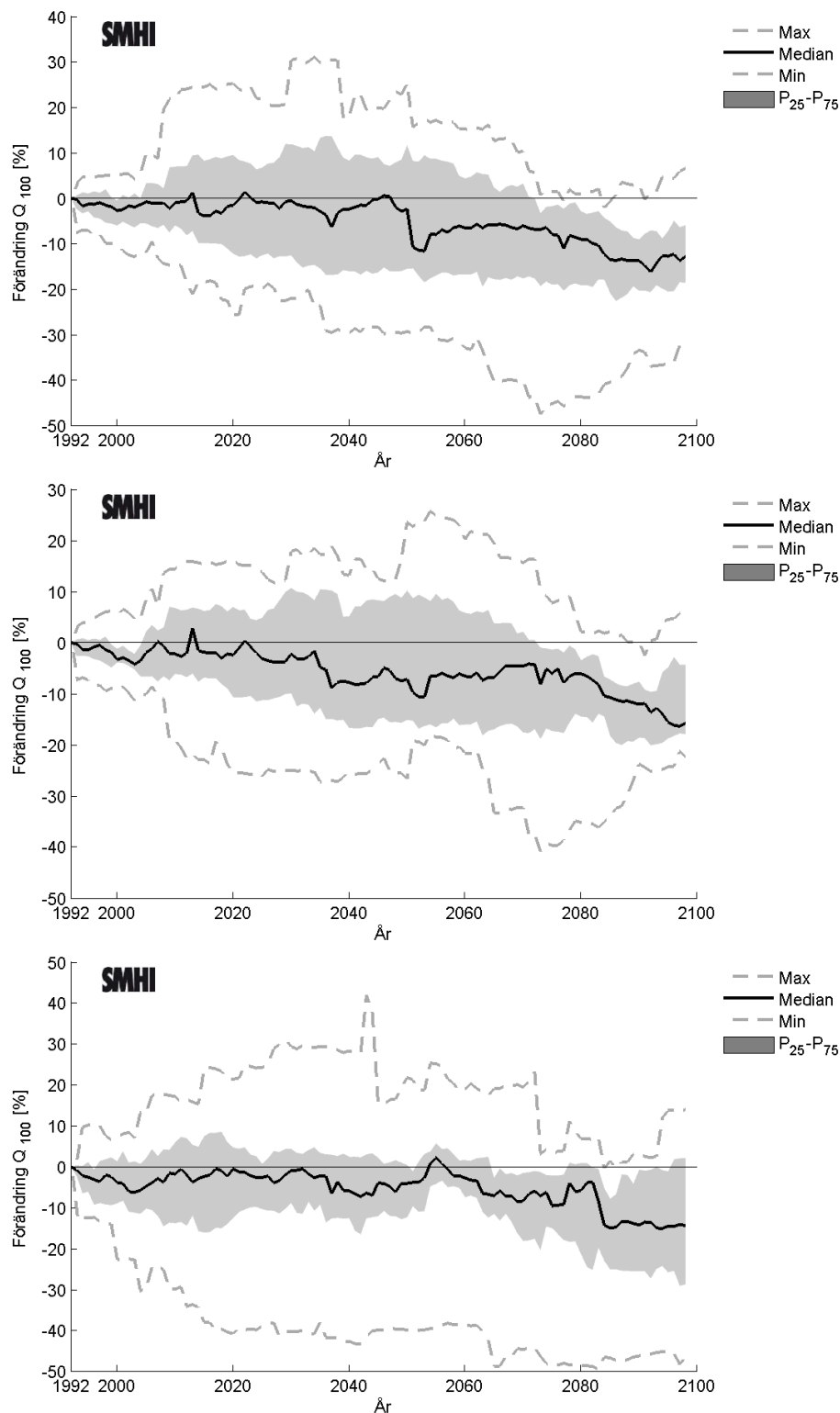
Figur5.3-39. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Ytterråns mynning i Storsjön (överst)**, **Billstaåns utlopp ur Näkten (mitten)** och **Indalsälven nedan Storsjön (Kattstrudeforsen, nederst)**, samtliga i **Indalsälvens avrinningsområde**, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarioer.



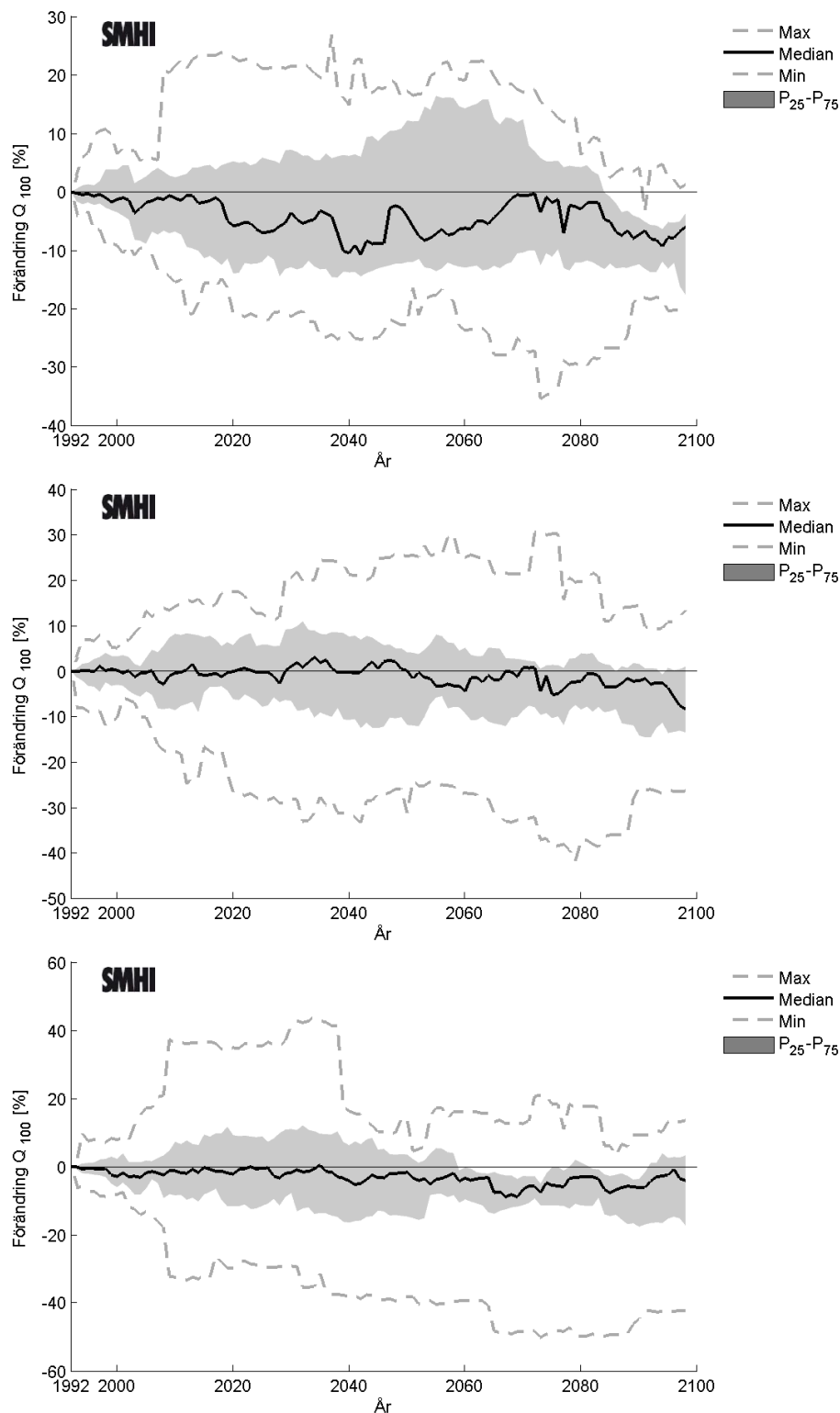
Figur 5.3-40. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Fisklösåns mynning i Stora Mjölkvattnet (överst), Långans mynning i Indalsäven (mitten) och Hårkans mynning i Indalsälven (nederst), samtliga i Indalsälvens avrinningsområde**, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarioer.



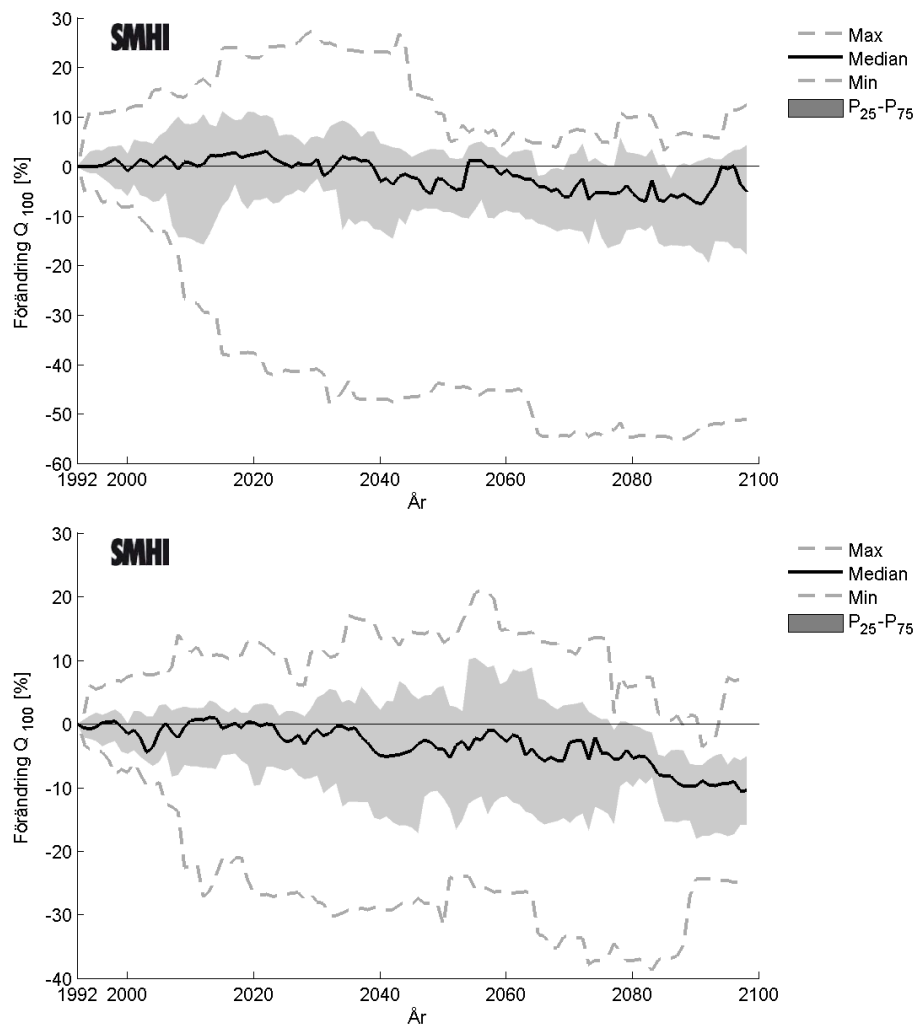
Figur 5.3-41. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Indalsälvens utlopp ur Gesunden (överst), Ammerån vid Överhammar (mitten), och Indalsälven vid stadsforsens kraftverk (nederst), samtliga i Indalsälvens avrinningsområde, enligt 16 klimatsimuleringar** (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarioer.



Figur 5.3-42. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Galåns mynning i Ljungan (överst), Ljungans utlopp ur Mellansjön (mitten) och Gimåns utlopp ur Mellansjön (nederst), samtliga i Ljungans avrinningsområde, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.



Figur 5.3-43. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Ljusnan nedan Lunen (överst)**, **Härjåns utlopp ur Härjåsjön (mitten)** och **Hoans mynning i Ljusnan (nederst)**, samtliga i **Ljusnans avrinningsområde**, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.

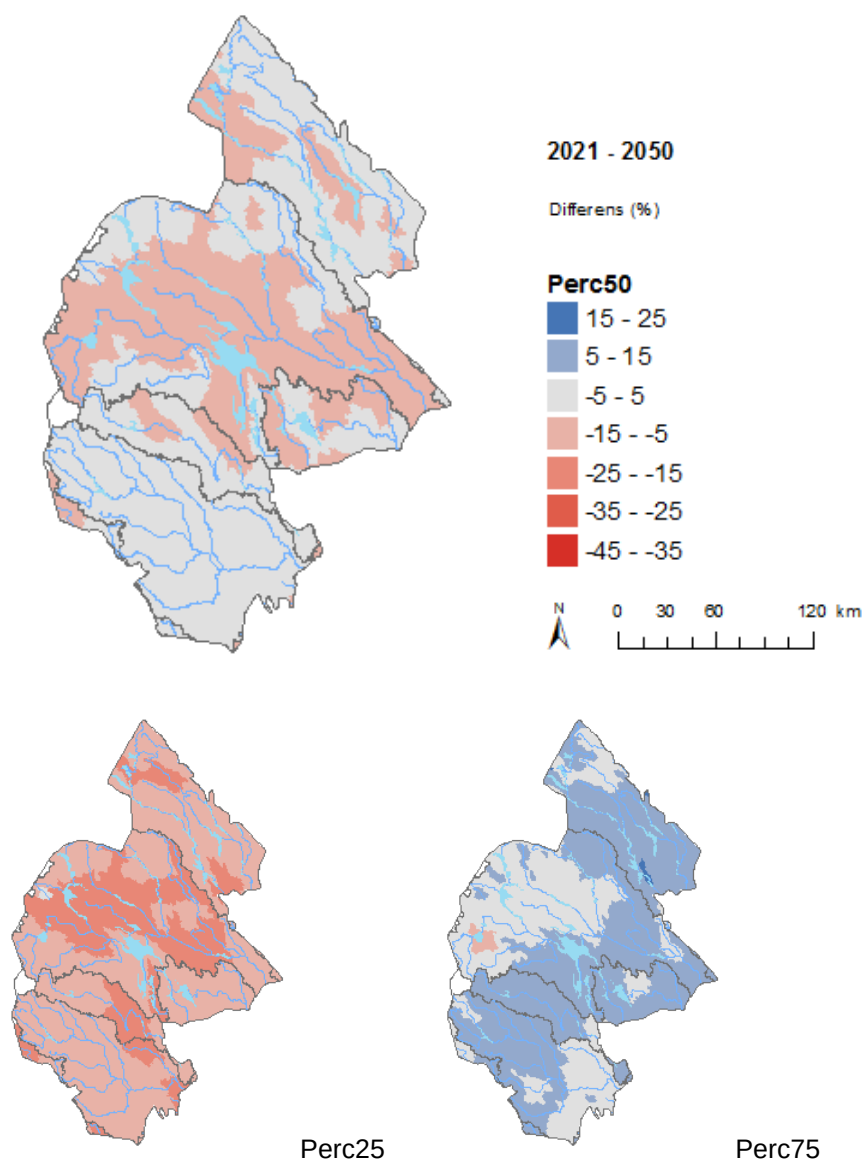


Figur 5.3-44. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Kvarnåns mynning i Ångerån (överst)** och **Ljusnan vid Laforsens kraftverk (nederst)**, båda i **Ljusnans avrinningsområde**, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.

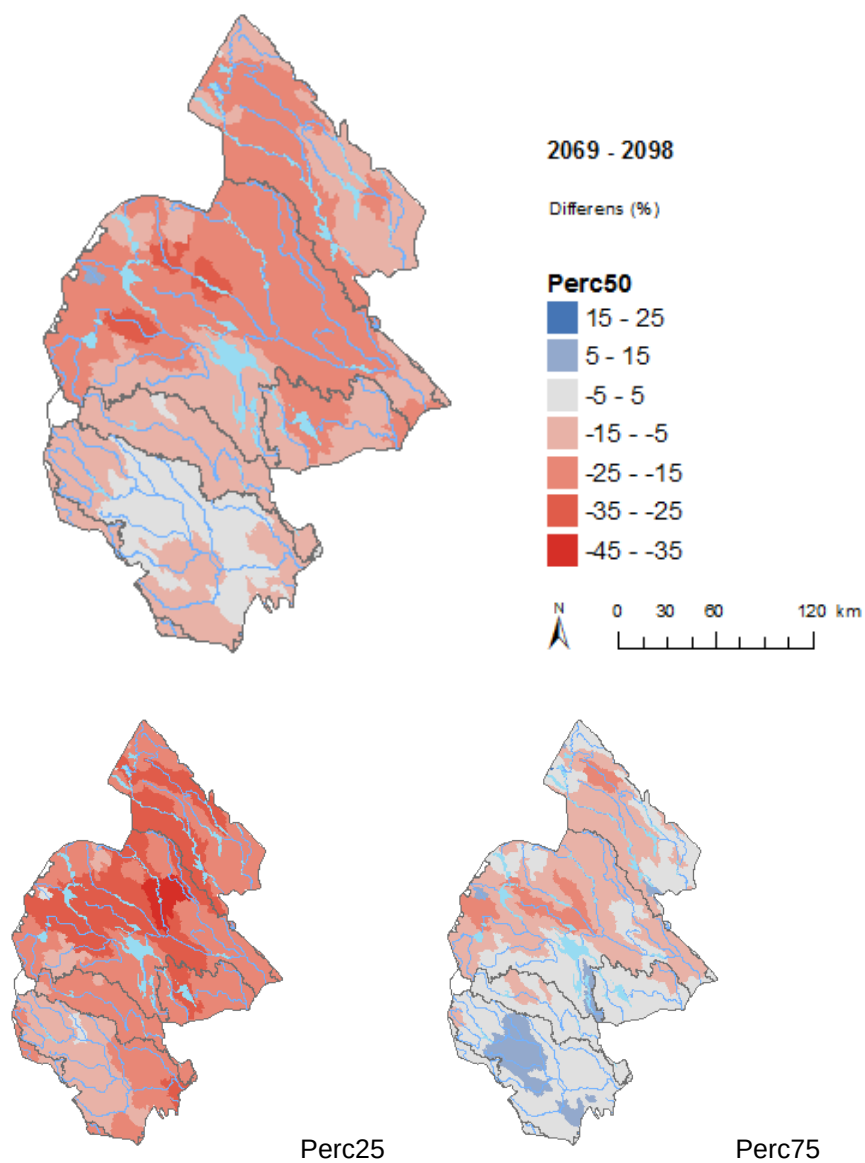
I figur 5.3-45 och 5.3-46 visas medianvärdet av förändringen av den lokala 100-årstillrinningen i hela länet beräknat från samtliga klimatscenarier för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098. Parallellt visas även 25:e percentilen och 75:e percentilen av samtliga scenariers 100-årstillrinning för samma perioder.

I kartbilderna visas den lokala tillrinningen, det vill säga bara det bidrag av vatten som rinner från varje enskilt avrinningsområde visas. Detta ger en bild av hur mindre vattendrag, vars vattenföring endast beror av lokala förhållanden, påverkas.

För perioden fram till mitten av seklet syns en minskning av lokal 100-årstillrinning i framför allt Indalsälvens avrinningsområde, i övriga länet relativt oförändrad tillrinning, då medianen studeras. Mot slutet av seklet förstärks signalen till 15 – 25 % minskning i stora delar av Indalsälven och 5 – 15 % i större delen av övriga länet. I kartorna för övre och undre percentiler förstärks signalerna åt respektive håll jämfört med mediankartorna, vilket visar på klimatsceniernas spridning.



Figur 5.3-45. Förändring av **lokal 100-årstillrinning** i Jämtlands län för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers 100-årsvärden.



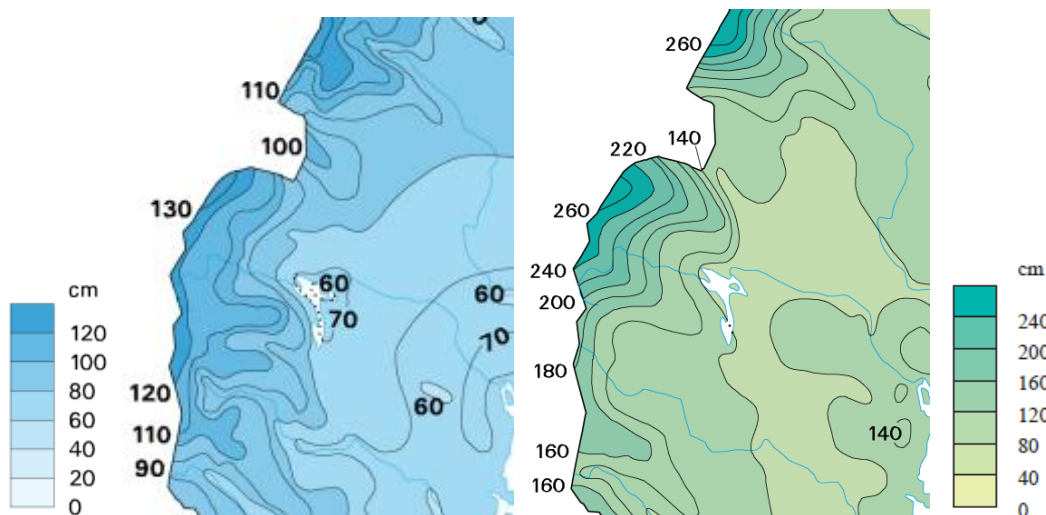
Figur 5.3-46. Förändring av **lokal 100-årstillrinning** i Jämtlands län för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers 100-årsmedelvärden.

5.4 Snö

Framtida maximalt vatteninnehåll i snön under året och framtida snödaggar har beräknats med HBV-modellen med klimatindata som beskrivs i kapitel 4.5.

5.4.1 Snöns maximala vatteninnehåll

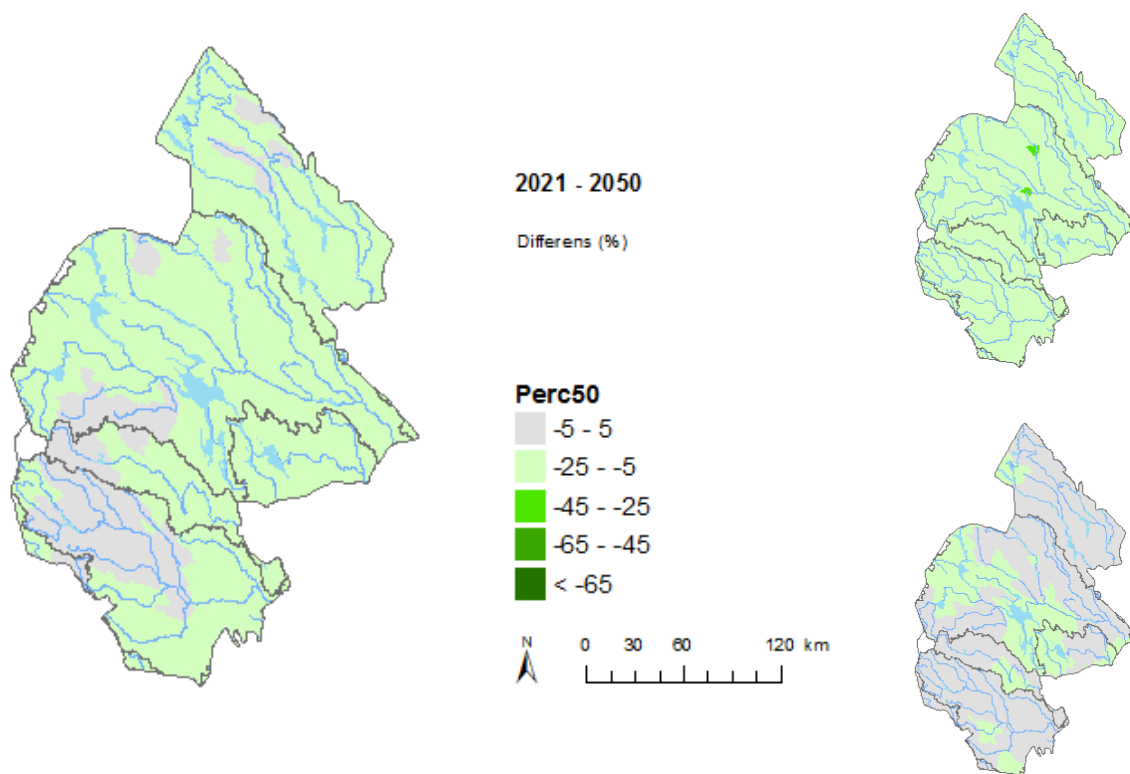
De största uppmätta snödjupen under referensperioden 1961-1990 var för Jämtlands län mellan 260 cm i delar av fjällen och 100 -120 cm i östra delarna (figur 5.4-1). Årsmedelvärdena för perioden 1961-1990 var mellan 60 och 130 cm. Observera att de för denna rapport utförda beräkningarna är gjorda på millimeter vatteninnehåll och inte i faktiskt snödjup som observationerna är uppmätta i, varför observationer och beräkningar inte kan jämföras direkt.



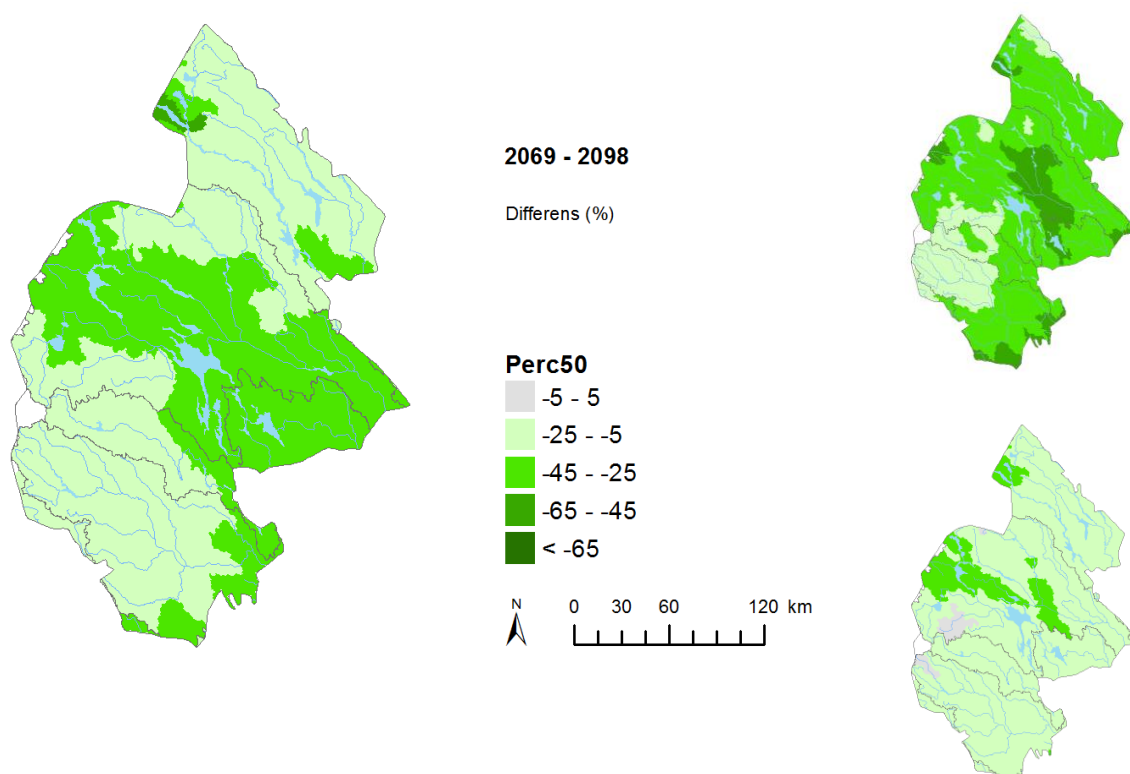
Figur 5.4-1 . Årsmedelvärden av maximalt snödjupet (cm) 1961 – 1990 (vänster) och det största uppmätta snödjupet under perioden 1961-1990 (höger). (Beskuren från Brandt och Eklund., 1999).

I figur 5.4-2 och 5.4-3 visas i kartform förändringen av snömax för perioden 2021-2050 respektive 2069 – 2098 för hela länet. Förändringen av snöns maximala vatteninnehåll (dvs. varje års maximala snötäcke) under glidande 30-årsperioder har jämförts med referensperiodens (1963 - 1992) medelvärde av maximalt vatteninnehåll i snön och uttrycks som förändring i procent.

I större delen av länet kan en minskning av snöns maximala vatteninnehåll på mellan 5 – 25 % observeras till mitten av seklet då medianen betraktas. Mot slutet av seklet förstärks signalen till en nedgång med mellan 25 – 45 % i Indalsälven jämfört med referensperioden.



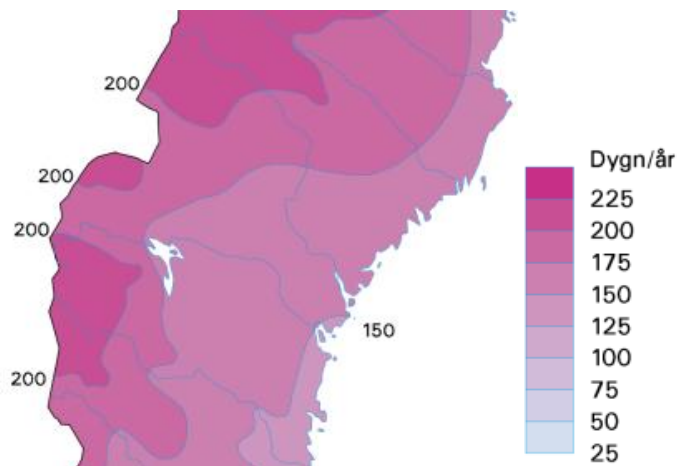
Figur 5.4-2. Förändring av snöns maximala vatteninnehåll för Jämtlands län för perioden 2021-2050. Medianvärden (stora kartan), 25:e (överst höger) och 75:e (nederst höger) percentilerna av klimatscenarioensemblen visas.



Figur 5.4-3. Förändring av snöns maximala vatteninnehåll för Jämtlands län för perioden 2069 – 2098. Medianvärden (stora kartan), 25:e (överst höger) och 75:e (nederst höger) percentilerna av klimatscenarioensemblen visas.

5.4.2 Antal dagar med snö

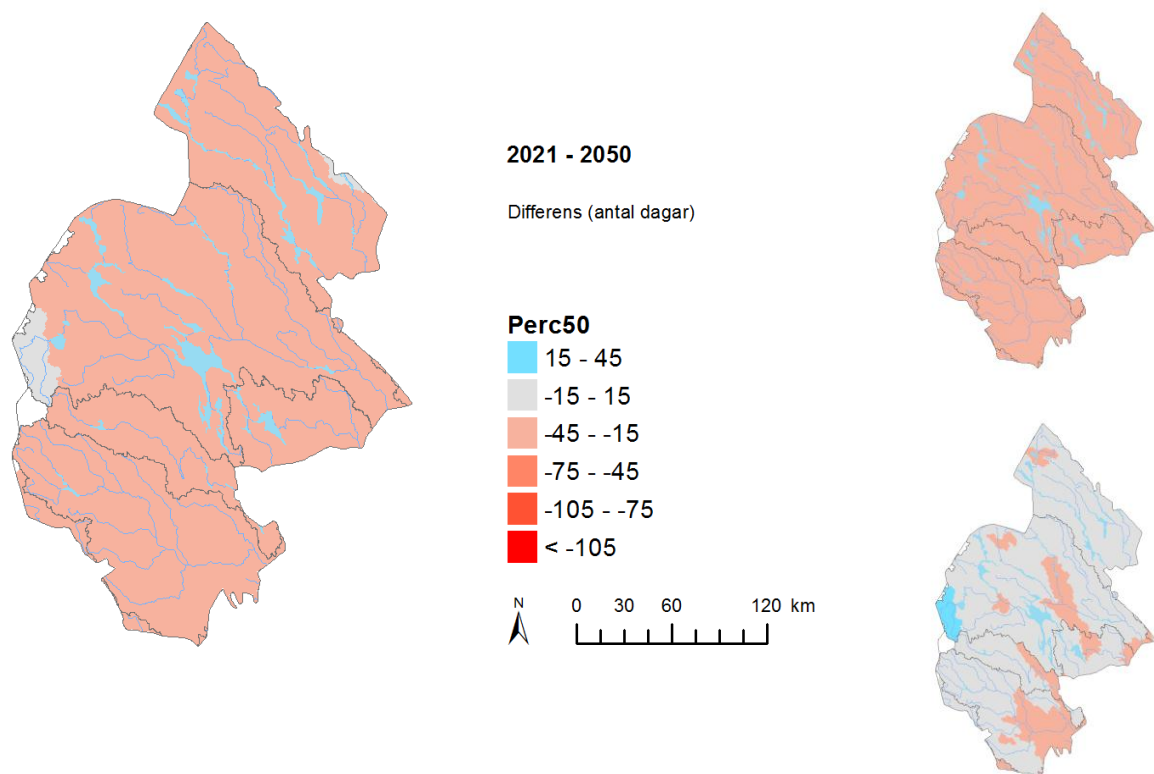
Medelvärdet av antal observerade snö dagar under referensperioden 1961-1990 var för Jämtlands län 200-225 i delar av fjällen till 150 dagar i länets östra delar (figur 5.4-4).



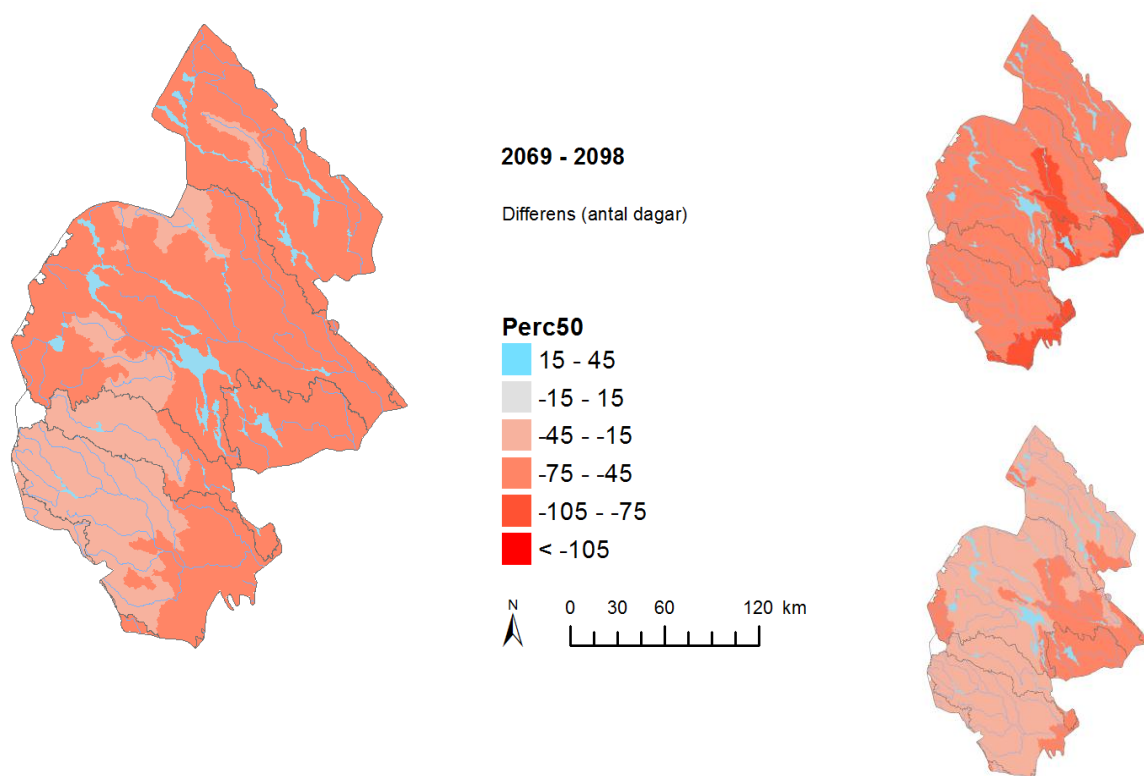
Figur 5.4-4. Antal dygn med snötäcke 1961 – 1990 (www.smhi.se>Klimatdata>Snö)

Antal snö dagar (antal dagar med snötäcke med vatteninnehåll > 5 mm) under glidande 30-årsperioder har beräknats och jämförts med referensperiodens (1963 - 1992) och visas i kartform i figur 5.4-5 och 5.4-6 som förändringen av antal snö dagar för perioden 2021-2050 respektive 2069 – 2098 för hela länet.

Fram till mitten av seklet visar klimatsimuleringarna på minskat antal snö dagar med mellan ca 15 till 45 dagar i större delen av länet då medianen av klimatscenarie-ensemblen studeras. Mot slutet av seklet är siffran 45 - 75 dagar för större delen av länet. Respektive percentil av ensemblen visar på klimatscenariernas spridning.



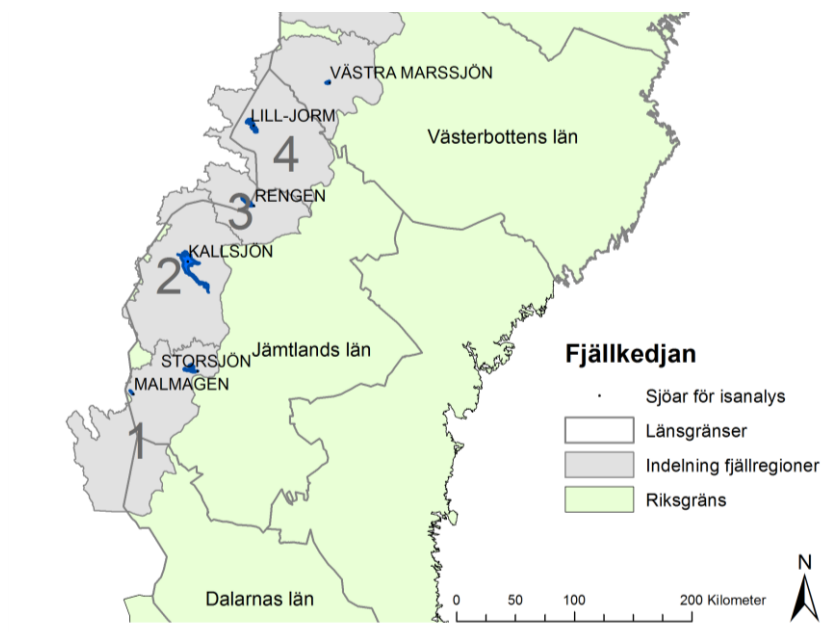
Figur 5.4-5. Förändring av antal snö dagar per år i Jämtlands län beräknat för perioden 2021-2050. Medianvärden (stora kartan), 25:e (överst höger) och 75:e (nederst höger) percentilerna av klimatscenarioensemblen visas.



Figur 5.4-6 Förändring av antal snö dagar per år i Jämtlands län beräknat för perioden 2069-2098. Medianvärden (stora kartan), 25:e (överst höger) och 75:e (nederst höger) percentilerna av klimatscenarioensemblen visas.

6 Klimatanalys av Fjällkedjan

SMHI gjorde 2011 en klimatanalys av svenska fjällkedjan med avseende på temperatur, nederbörd, isläggning och islossning i sjöar (Eklund, 2011). I analysen gjordes en indelning av fjällkedjan i 10 regioner utifrån hydrologisk områdesindelning och klimatkaraktäristik. I detta avsnitt sammanfattas resultaten för de delar av fjällen som ligger i Jämtlands län, område 1, 2, 3 och 4, se figur 5.5-1.



Figur 5.5-1 Analyserade regioner i Svenska fjällkedjan samt de sjöar som analyserats avseende isläggning och islossning. Beskuren från Eklund 2011.

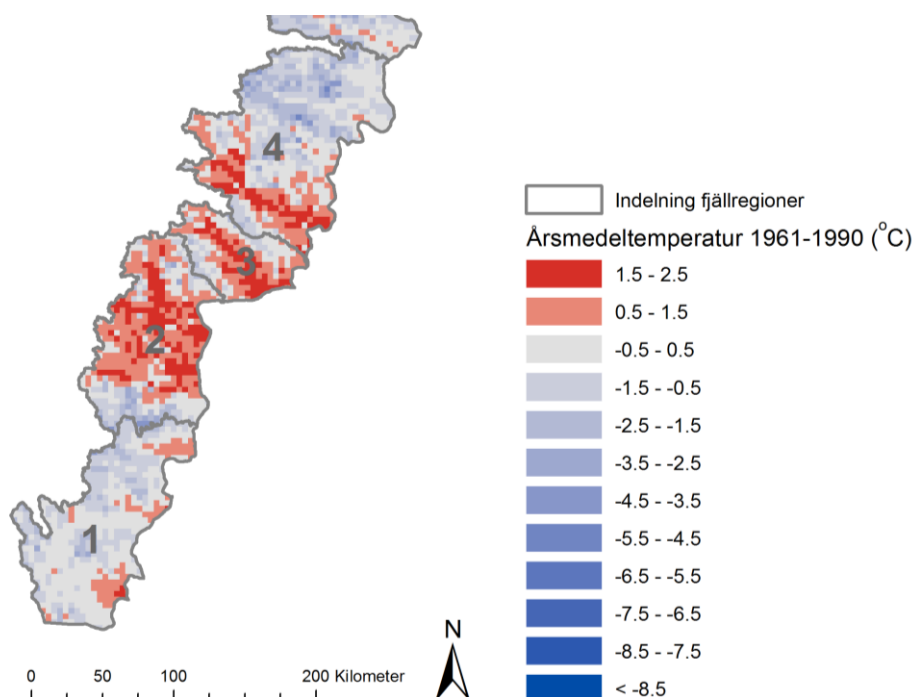
6.1 Temperatur och vegetationsperiod

Temperatur är en klimatvariabel som varierar måttligt både i tid och rum. Temperaturen är således relativt likartad över större områden. Höjden (egentligen trycket) har dock ett avgörande inflytande på temperaturen vilket spelar in när lågt och högt belägna områden jämförs med varandra. Det är anledningen till att det är kallare i fjällen än i mer låglänta områden och att medeltemperaturen varierar inom fjällkedjan. Temperaturen varierar stort mellan dal och topp i bergig terräng. En tumregel är att temperaturen sjunker med ca 0,6 °C /100 m.

Jämtlandsfjällen tillhör de varmare delarna av fjällkedjan. Årsmedeltemperaturen ligger i de lägre områdena över noll till skillnad från i större delen av övriga fjällen, se figur 5.5-2. I region 1, 2 och 4 är årsmedeltemperaturen idag dock totalt sett under noll medan den i region 3 ligger över noll.

Resultaten visar på en gradvis ökning av årsmedeltemperaturen under resten av seklet för samtliga regioner (figurer 5.5-3 till 5.5-6). I fjällområde 1, 2 och 4 innebär detta att medeltemperaturen under vår och höst kan förskjutas från strax under noll grader till strax över noll grader mot slutet av seklet. Under vintersäsongen väntas temperaturen öka men medeltemperaturerna överstiger troligen inte noll under detta sekel.

Generellt för figurerna är att trenden är likartad för de flesta klimatscenarier och att även de lägsta temperaturerna mot slutet av seklet med få undantag ligger på ett högre värde än referensperiodens medeltemperatur. Observera att medianen av klimatscenarioensembeln följer trenden i observationerna fram till 2009 mot högre värden.



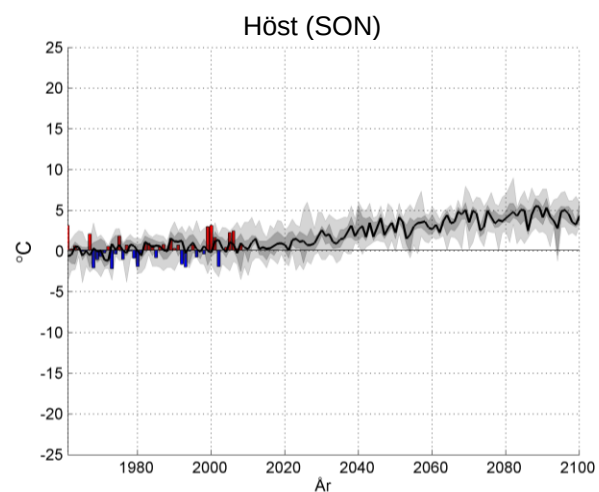
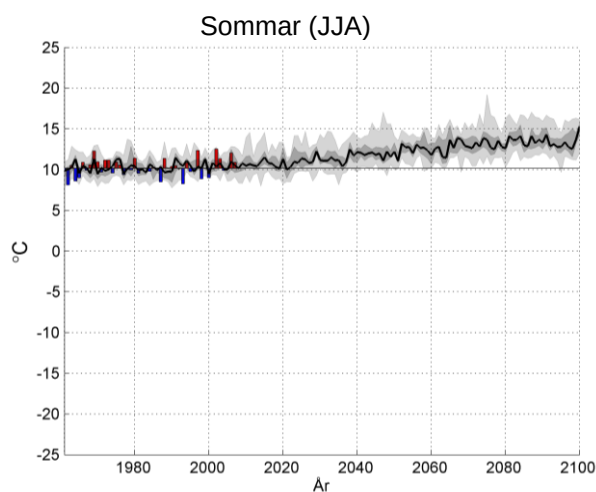
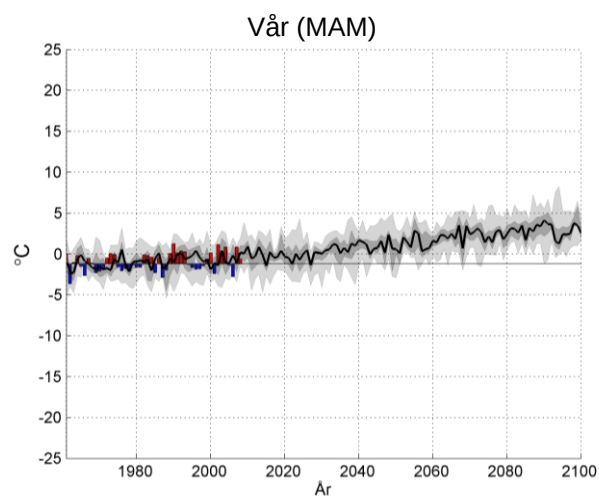
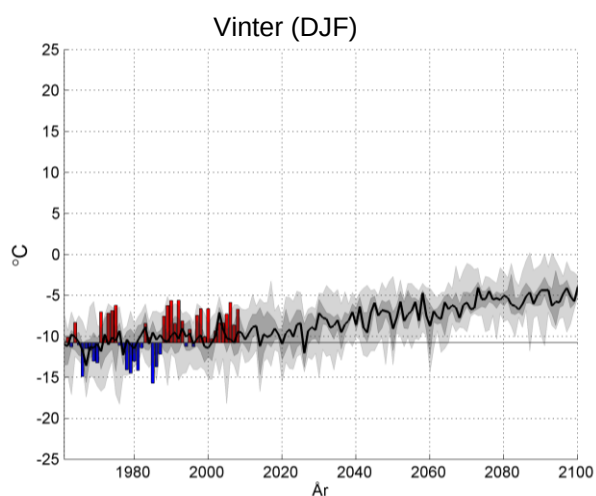
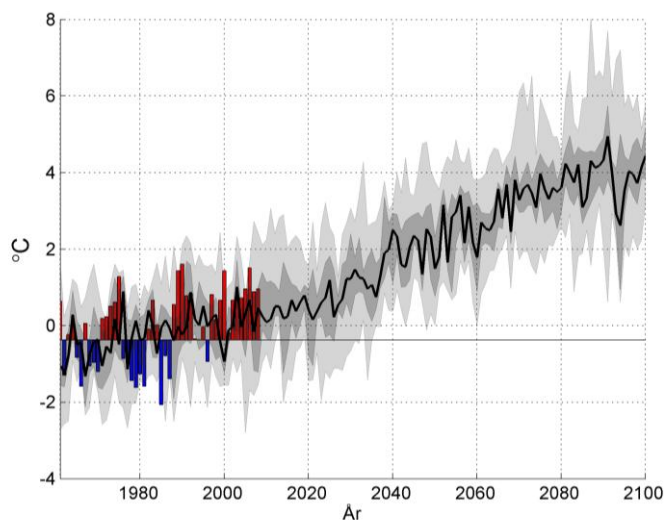
Figur 5.5-2. Årsmedeltemperatur i fjällkedjan under referensperioden 1961 – 1990 med data från PTHBV. Beskuren från Eklund 2011.

Vegetationsperiodens start- och sluttidpunkt samt vegetationsperiodens längd analyserades även. Vegetationsperiodens start beräknades som första tillfället för varje år då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5 °C under 4 dagar i följd. På motsvarande sätt har vegetationsperiodens slut beräknats som sista tillfället då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5 °C under 4 dagar i följd. Antal dygn mellan dessa tillfällen definieras som vegetationsperiodens längd.

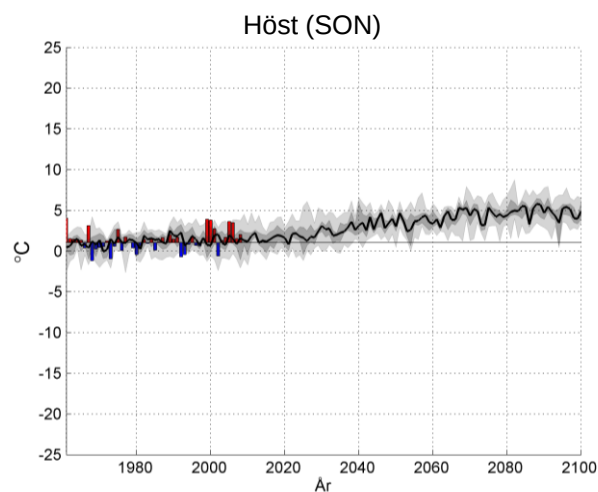
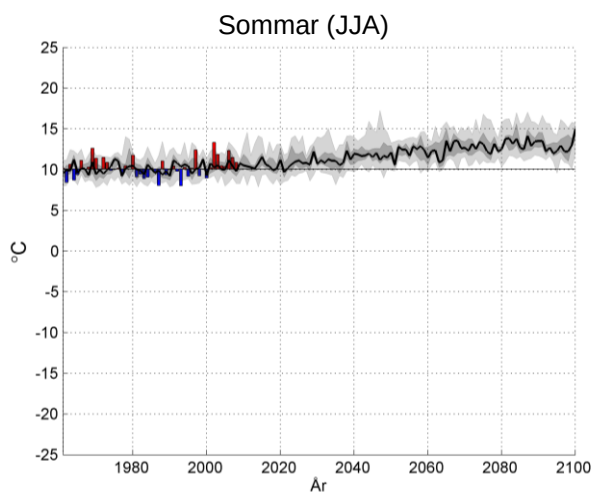
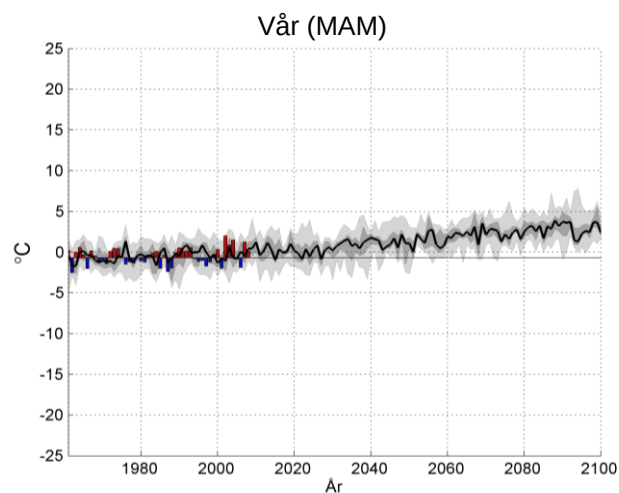
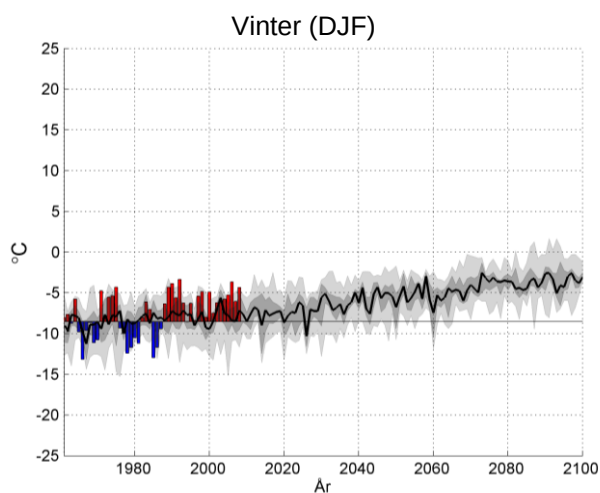
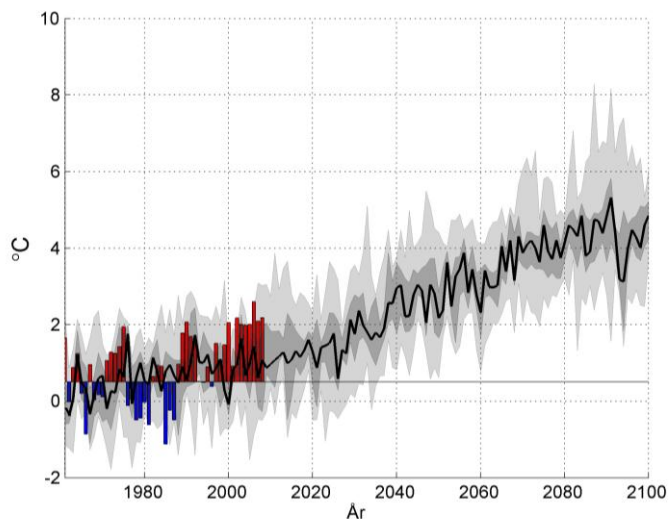
Resultaten presenteras relativt referensperioden 1961-1990 och visas i figurerna 5.5-7 till 5.5-14 för respektive fjällregion. Utifrån referensperiodens dagnummer för växtsäsongens start redovisas observerade år med senare vegetationsstart som röda staplar och observerade år med tidigare vegetationsstart som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar. På motsvarande sätt visas vegetationsperiodens slut. Vegetationsperiodens längd redovisas som avvikelse från vegetationsperiodens medellängd under referensperioden.

Medelvärdena för starttidpunkt skiljer sig inte mycket mellan områdena i dagens klimat. Vegetationsperiodens start infaller i medeltal 27-31 maj (dagnummer 137-141) och sluttidpunkten är i medeltal 1-8 oktober (dagnummer 264-271).

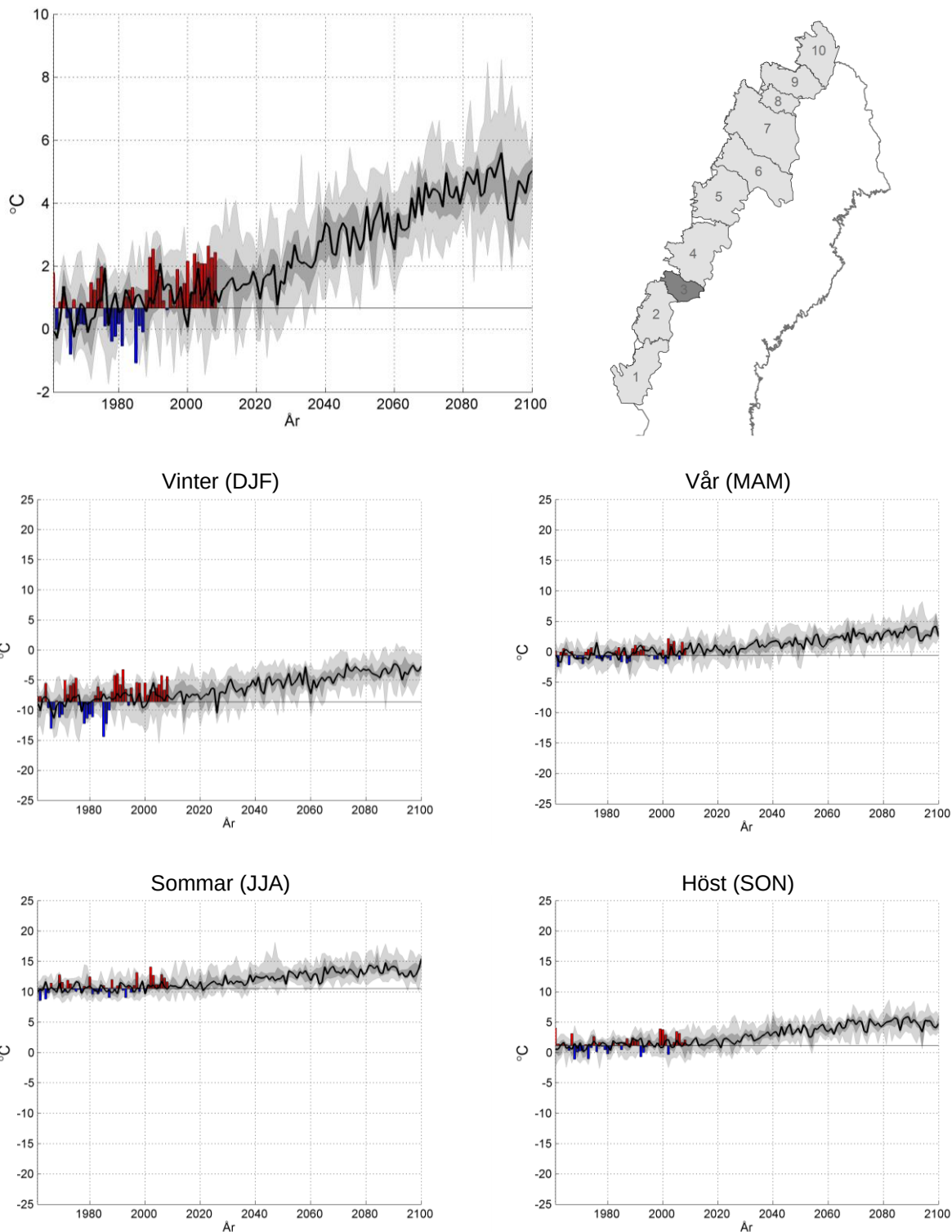
Resultaten visar att vegetationsperioden beräknas infalla tidigare och sluta senare under året i ett framtida varmare klimat. Förändringen sker snabbare avseende vegetationsperiodens slut. Resultaten är relativt lika för delregionerna. Växtsäsongens längd ökar gradvis då medeltemperaturen väntas stiga. Det förekommer en viss spridning i resultaten, men medianen av klimatscenariernas ensemble för vegetationsperiodens längd ligger mellan 25 och 75 dagar över referensperiodernas medel mot slutet av seklet. Största ökningen av vegetationsperioden sker mot hösten.



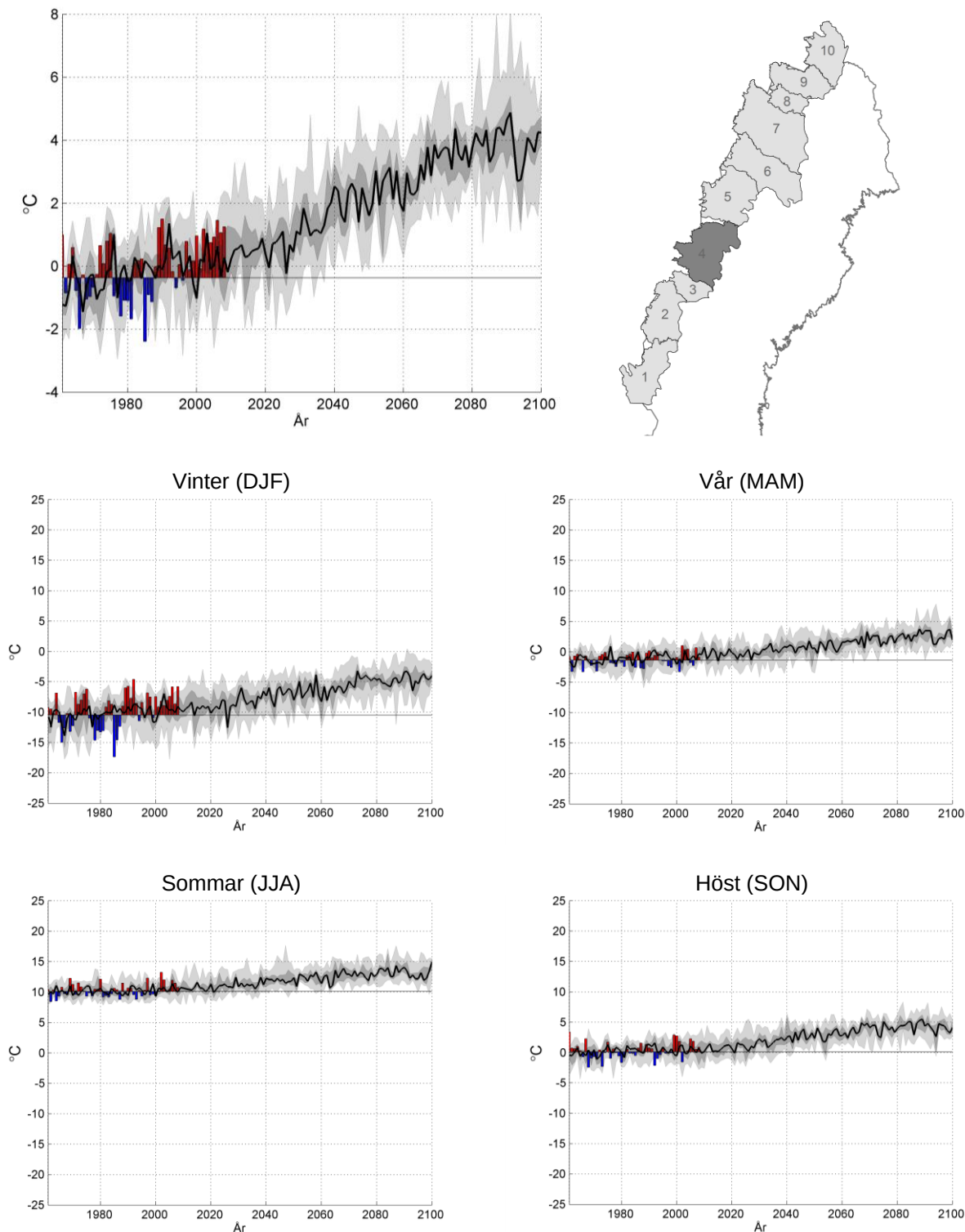
Figur 5.5-3. Övre figuren visar beräknad utveckling av årsmedeltemperatur i **fjällregion 1**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximi-värdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Övriga figurer visar på motsvarande sätt temperaturutvecklingen under de fyra årstiderna.



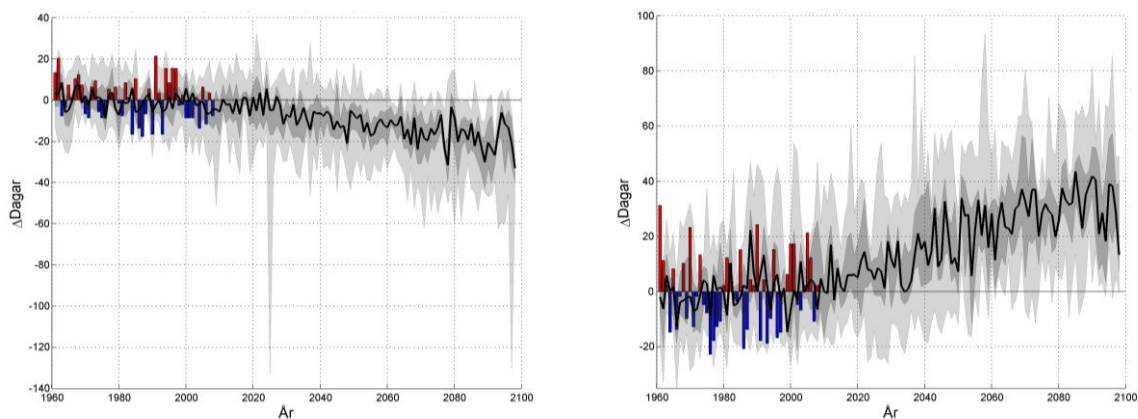
Figur 5.5-4. Övre figuren visar beräknad utveckling av årsmedeltemperatur i **fjällregion 2**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximi-värdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Övriga figurer visar på motsvarande sätt temperaturutvecklingen under de fyra årstiderna.



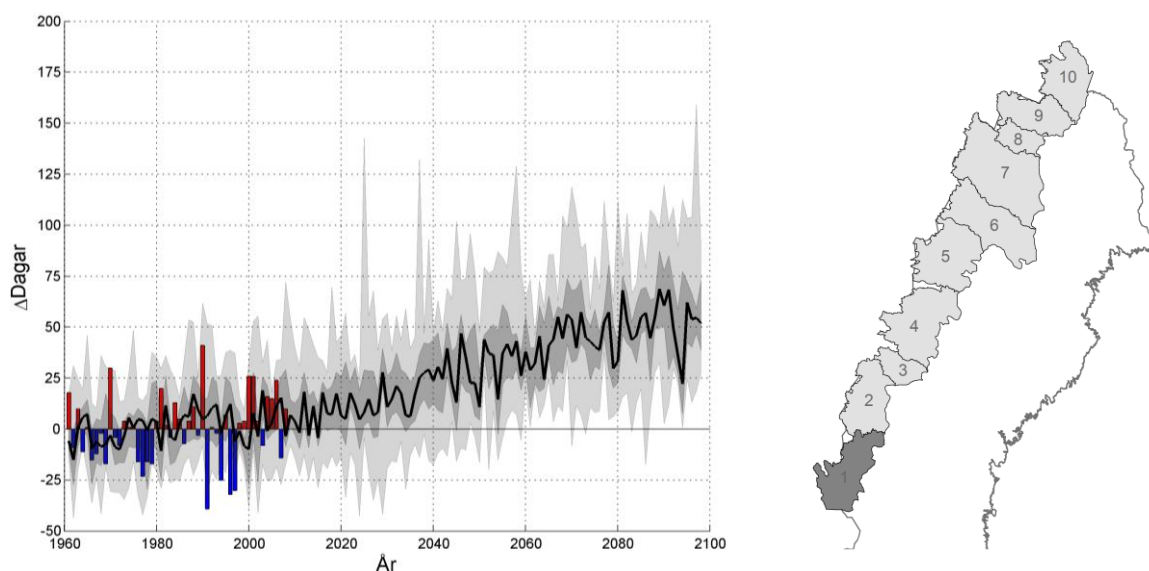
Figur 5.5-5. Övre figuren visar beräknad utveckling av årsmedeltemperatur i **fjällregion 3**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximi-värdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Övriga figurer visar på motsvarande sätt temperaturutvecklingen under de fyra årstiderna.



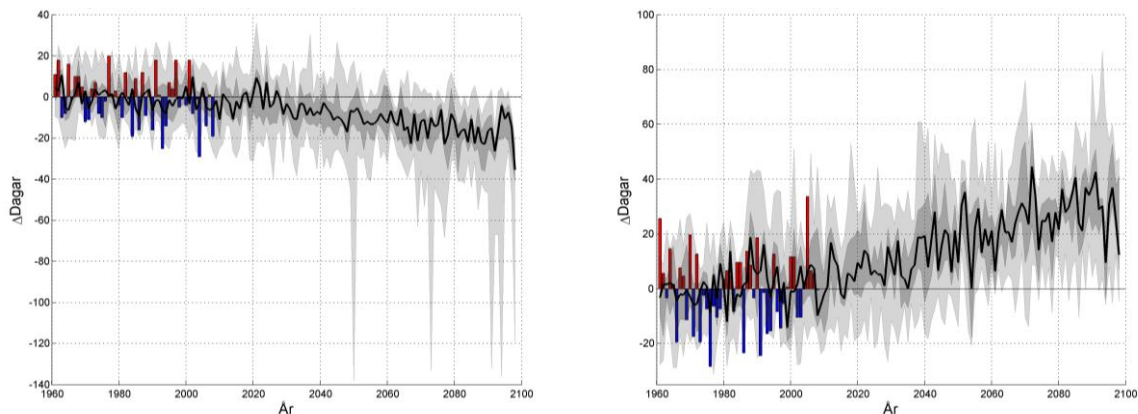
Figur 5.5-6. Övre figuren visar beräknad utveckling av årsmedeltemperatur i **fjällregion 4**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximi-värdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Övriga figurer visar på motsvarande sätt temperaturutvecklingen under de fyra årstiderna.



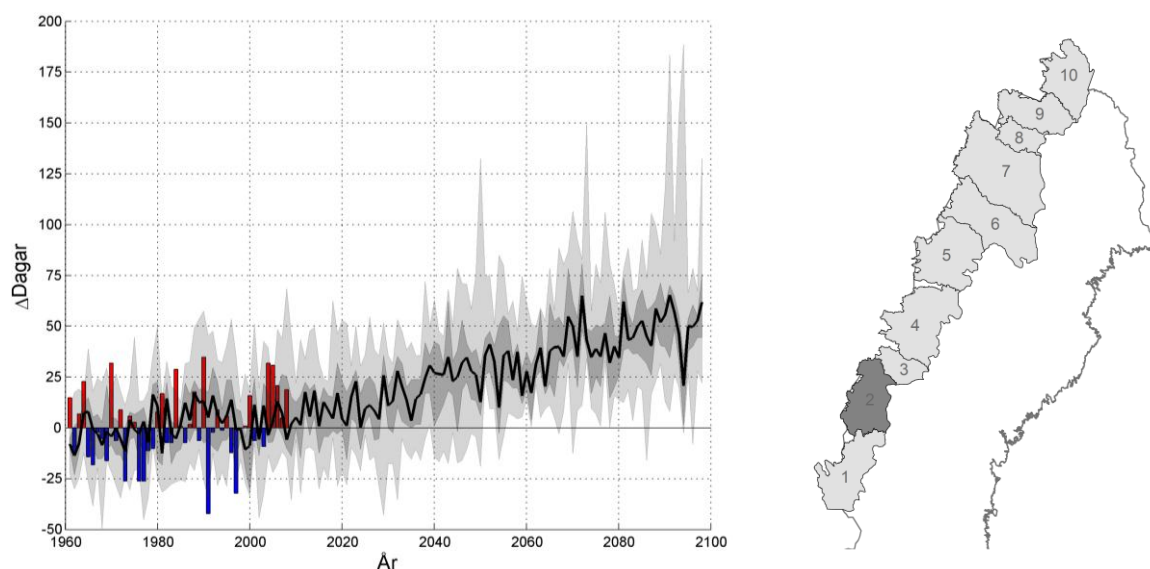
Figur 5.5-7. Vegetationsperiodens start (till vänster) och slut (till höger) på året relativt referensperioden 1961-1990 för **fjällregion 1**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.



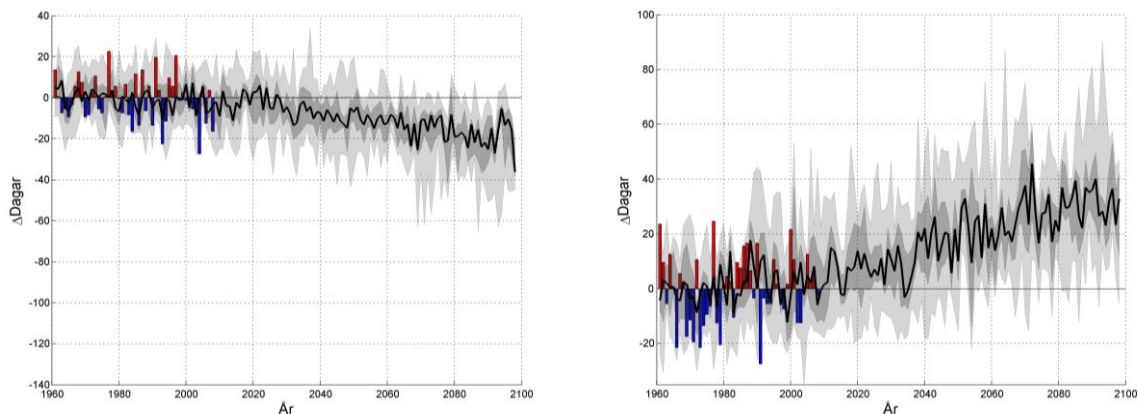
Figur 5.5-8. Vegetationsperiodens längd relativt referensperioden 1961-1990 för **fjällregion 1**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade perioder längre än referensperiodens medellängd visas som röda staplar och perioder kortare än referensperiodens medellängd visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.



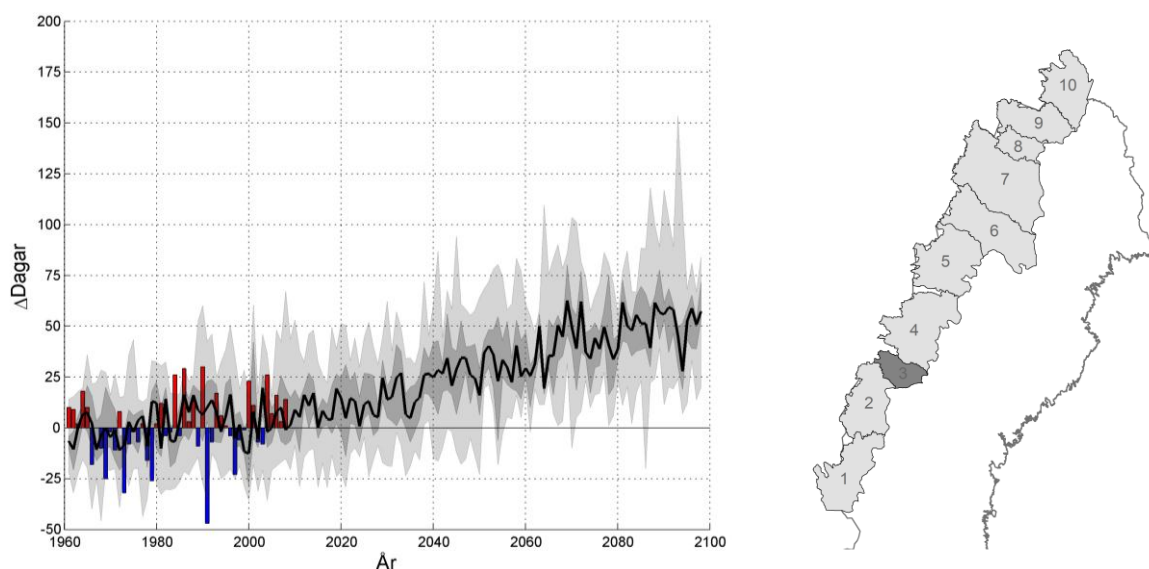
Figur 5.5-9. Vegetationsperiodens start (till vänster) och slut (till höger) på året relativt referensperioden 1961-1990 för **fjällregion 2**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.



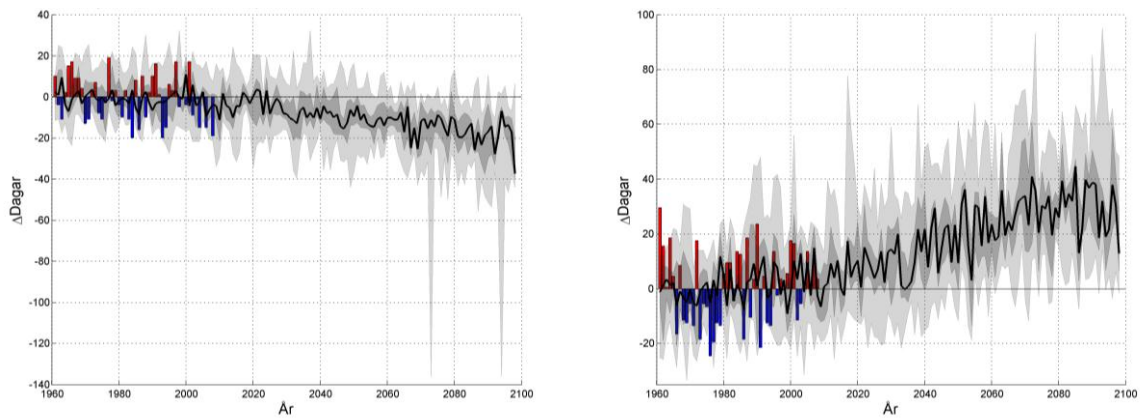
Figur 5.5-10. Vegetationsperiodens längd relativt referensperioden 1961-1990 för **fjällregion 2**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade perioder längre än referensperiodens medellängd visas som röda staplar och perioder kortare än referensperiodens medellängd visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.



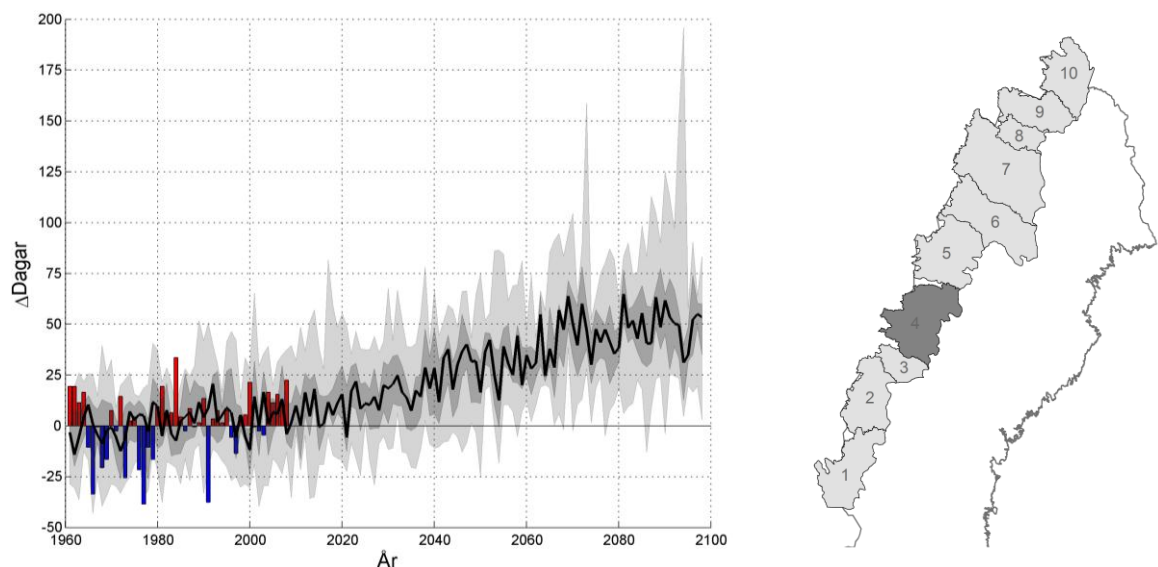
Figur 5.5-11. Vegetationsperiodens start (till vänster) och slut (till höger) på året relativt referensperioden 1961-1990 för **fjällregion 3**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.



Figur 5.5-12. Vegetationsperiodens längd relativt referensperioden 1961-1990 för **fjällregion 3**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade perioder längre än referensperiodens medellängd visas som röda staplar och perioder kortare än referensperiodens medellängd visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.



Figur 5.5-13. Vegetationsperiodens start (till vänster) och slut (till höger) på året relativt referensperioden 1961-1990 för **fjällregion 4**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.

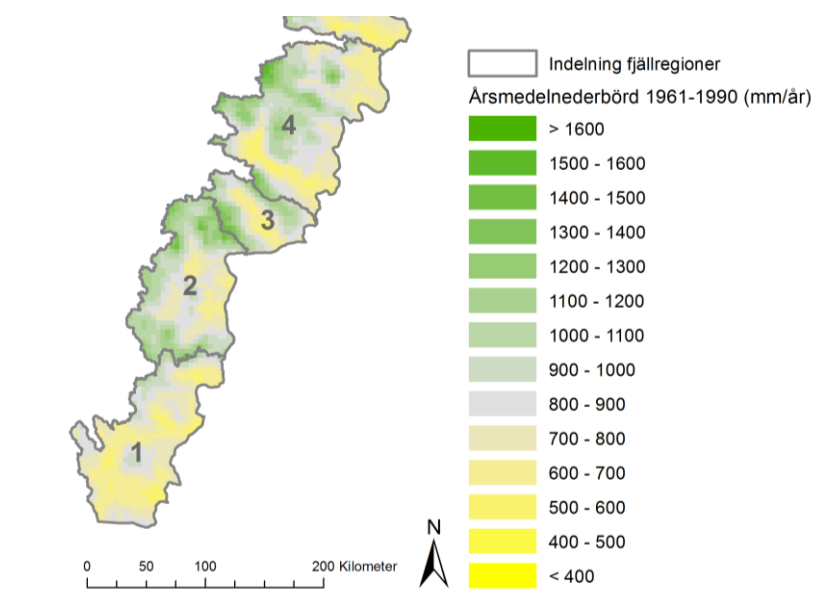


Figur 5.5-14. Vegetationsperiodens längd relativt referensperioden 1961-1990 för **fjällregion 4**. Historiska observationer visas som staplar. Observerade perioder längre än referensperiodens medellängd visas som röda staplar och perioder kortare än referensperiodens medellängd visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.

6.2 Nederbörd

Nederbörd varierar till skillnad från temperaturen avsevärt både i tid och rum. Nederbördens varaktighet och intensitet är nära kopplat till den mekanism som genererar nederbörden. Frontal nederbörd faller i samband med kall- och varmfrontspassager och ger relativt jämnt fördelad nederbörd över stora områden och faller med låg intensitet. Konvektiv nederbörd faller sommartid då luften värms kraftigt lokalt och stiger högt upp i atmosfären. Ofta bildas åskoväder på detta sätt. Karakteristiskt är stora lokala variationer, hög intensitet och kort varaktighet. Orografisk nederbörd uppstår när en luftmassa tvingas över ett bergsparti. Nederbörden ökar på vindsidan och minskar på läsida av bergspartiet, något som ofta samverkar med frontala och konvektiva nederbördstillfällen. Nederbörd har, sett över större områden, en tendens att öka med höjden vilket leder till att fjällkedjan generellt har högre årsnederbörd än resten av landet.

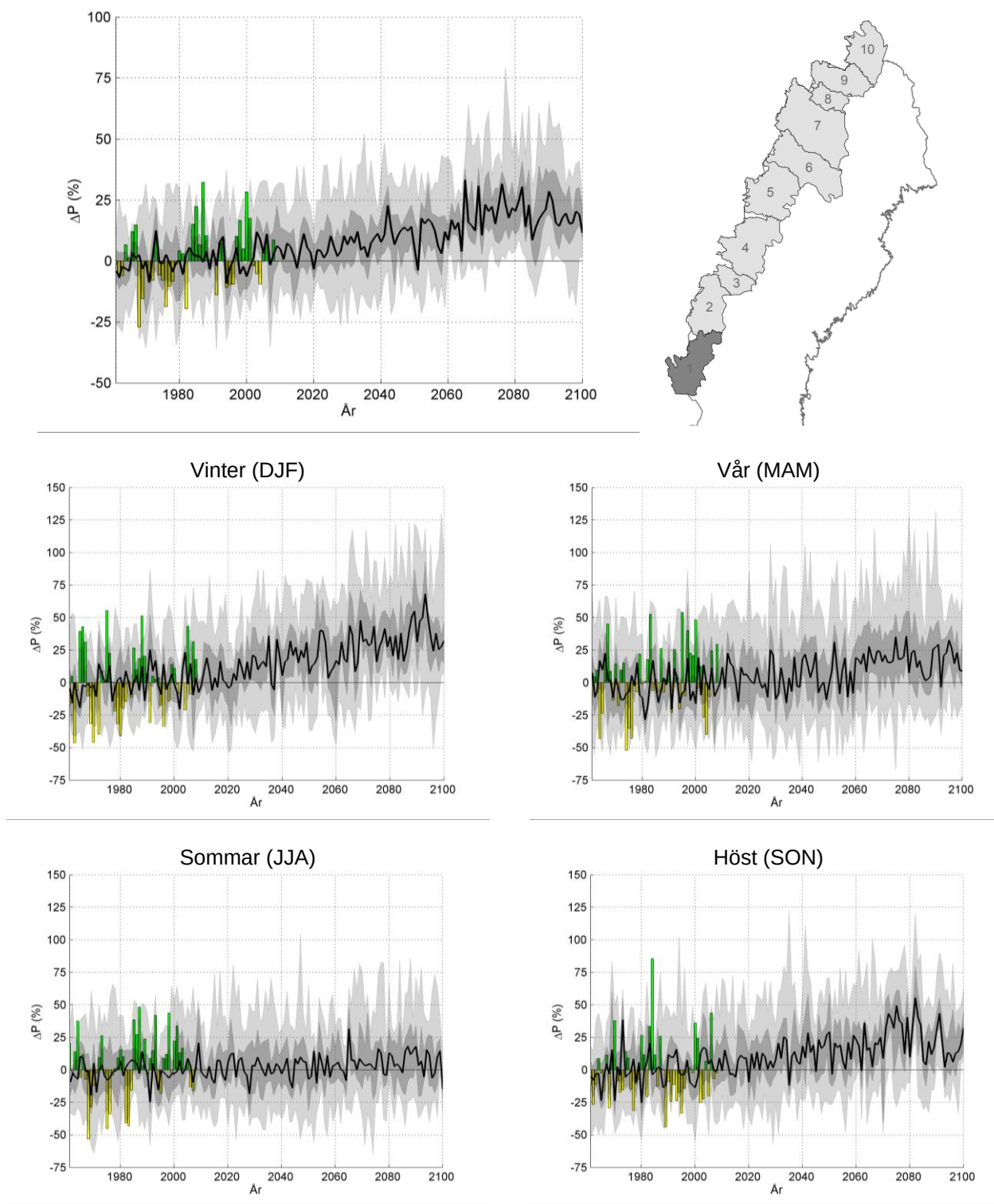
Årsmedelnederbörden i område 1, 2, 3 och 4 varierar stort och var för perioden 1961 – 1990 mellan ca 400 och 1500 mm, se figur 5.5-15. Medelvärde över hela fjällkedjan var för samma period 810 mm/år. Generellt sett ökar nederbörden från de östra till de västra delarna vilket beror på orografin och att nederbörden vanligen kommer in över landet från väster. Jämför även med länskartorna i bilaga 14.



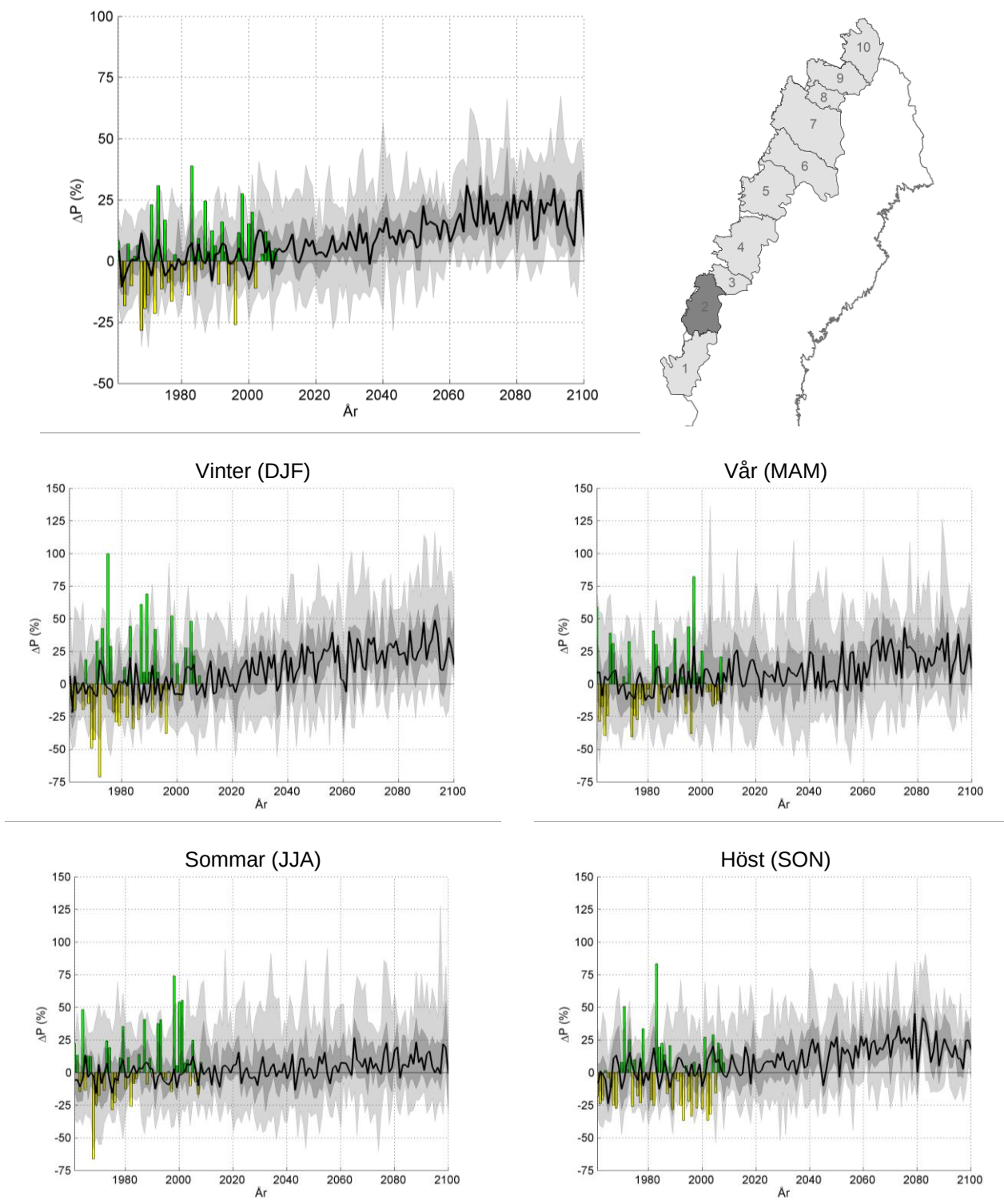
Figur 5.5-15. Årsmedelnederbörd i fjällkedjan under referensperioden 1961 – 1990 med data från PTHBV. Beskuren från Eklund 2011.

Utvecklingen av årsmedelnederbörd för regionerna i fjällkedjan visas i figur 5.5-16 till 5.5-19. Förändringen anges som procentuell avvikelse från referensperioden. Historiska observationers avvikelse från referensperiodens medelnederbörd för respektive region visas med staplar. Positiv avvikelse visas i gröna staplar och negativ avvikelse visas i gula staplar. De olika skuggningarna är statistiska mått som beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarier. Dessa fält är uppifrån och nedåt: maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimalt värde från samtliga klimatscenarier jämfört med referensperioden. Medianvärdet av ensemblens klimatscenarier visas med en svart linje. På samma sätt visas parallellt motsvarande data för de olika regionerna uppdelat på de fyra årstiderna, där vinter definieras som december – februari (DJF), vår som mars – maj (MAM), sommar som juni – augusti (JJA) och höst som september – november (SON).

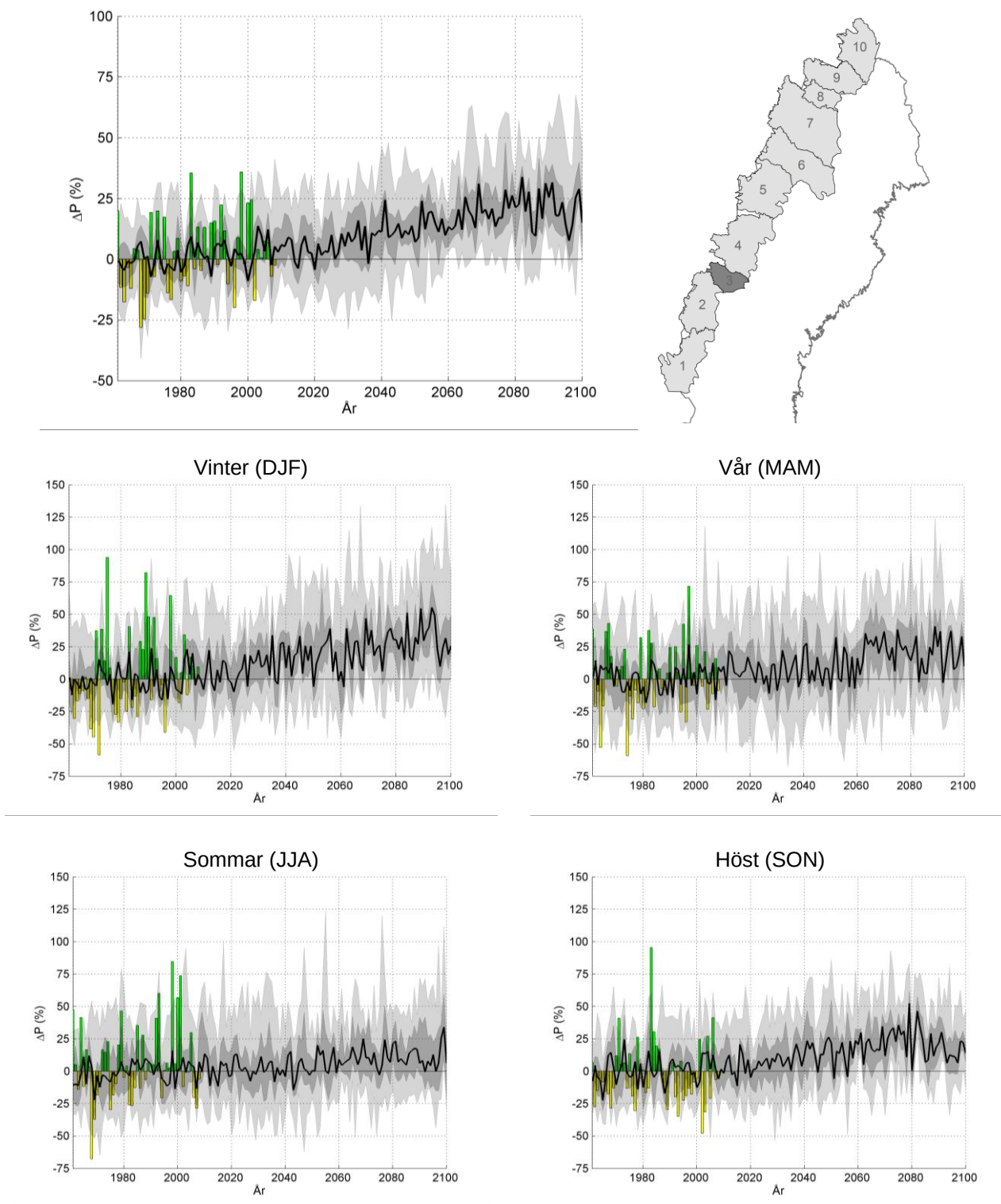
Resultaten visar en gradvis ökning av årsmedelnederbörd och säsongsmedelnederbörd under resten av seklet. Årsmedelnederbörden väntas öka med mellan 10 till 40-50 % mot slutet av seklet då klimatsceniernas ensemblemedian studeras. Förändringen är likartad i de olika studerade regionerna. Resultaten visar stor spridning mellan åren vilket också är fallet med observationerna.



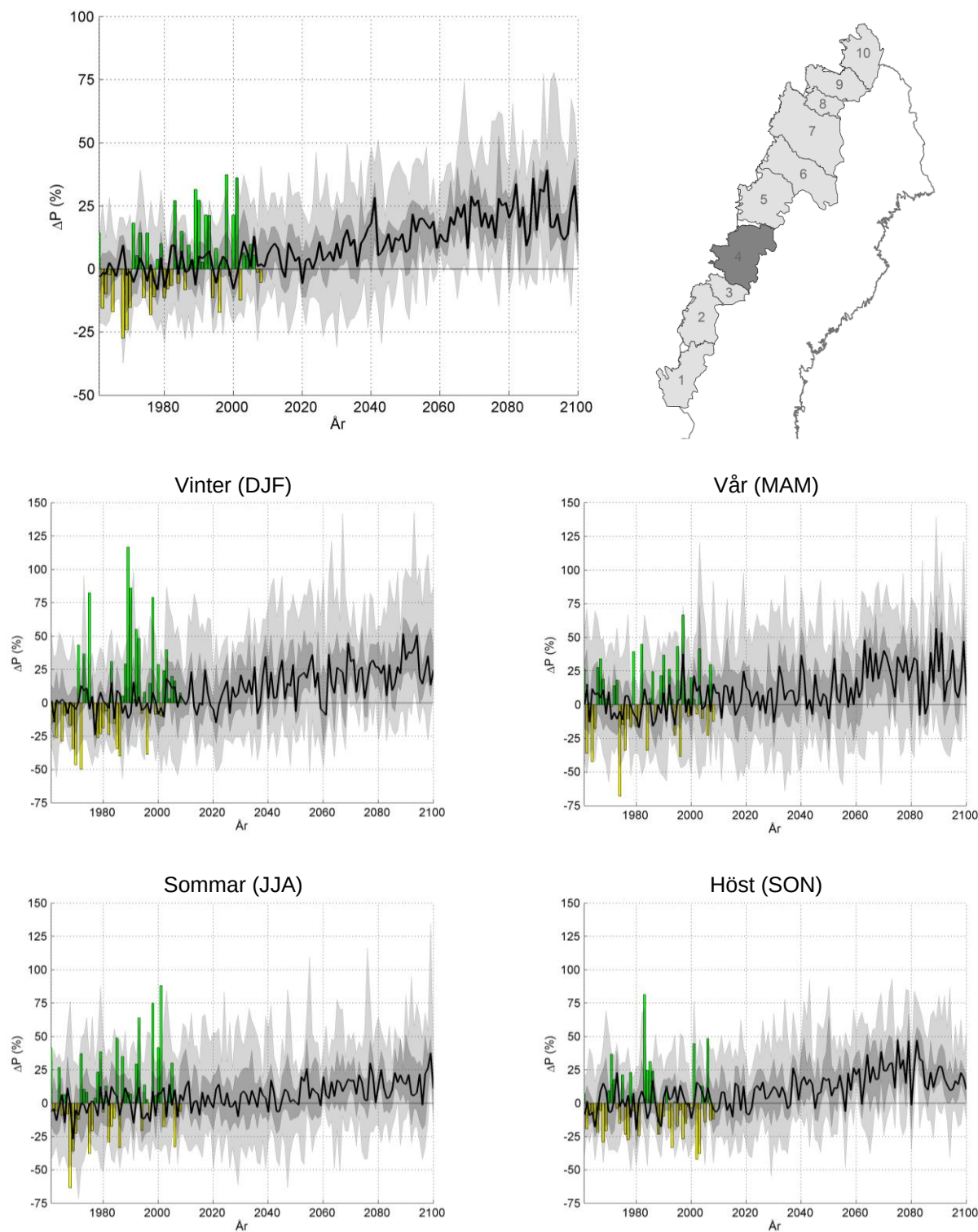
Figur5.5-16. Övre figuren visar beräknad utveckling av årsmedelnederbörd i **fjällregion 1**. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedelnederbörden från samtliga klimatberäkningar. Övriga figurer visar på motsvarande sätt nederbördsutvecklingen under Vinter (december, januari, februari, Vår (mars, april, maj), Sommar (juni, juli, augusti), Höst (september, oktober, november).



Figur 5.5-17. Övre figuren visar beräknad utveckling av årsmedelnederbörd i **fjällregion 2**. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedelnederbörden från samtliga klimatberäkningar. Övriga figurer visar på motsvarande sätt nederbördsutvecklingen under Vinter (december, januari, februari, Vår (mars, april, maj), Sommar (juni, juli, augusti), Höst (september, oktober, november).



Figur 5.5-18. Övre figuren visar beräknad utveckling av årsmedelnederbörd i **fjällregion 3**. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedelnederbörden från samtliga klimatberäkningar. Övriga figurer visar på motsvarande sätt nederbördsutvecklingen under Vinter (december, januari, februari), Vår (mars, april, maj), Sommar (juni, juli, augusti), Höst (september, oktober, november).



Figur 5.5-19. Övre figuren visar beräknad utveckling av årsmedelnederbörd i **fjällregion 4**. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e per-centilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedelnederbörden från samtliga klimatberäkningar. Övriga figurer visar på motsvarande sätt nederbördsutvecklingen under Vinter (december, januari, februari, Vår (mars, april, maj), Sommar (juni, juli, augusti), Höst (september, oktober, november).

6.3 Isläggning och Islossning

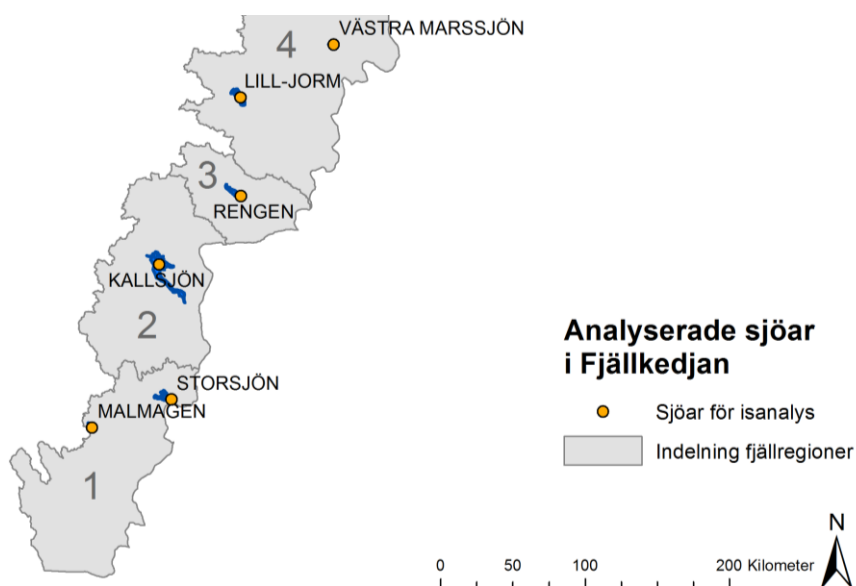
För att kunna beräkna isläggnings- och islossningstidpunkt i framtiden analyserades förhållandet mellan lufttemperatur och tidpunkt för dessa händelser för sjöar i fjällkedjan. Observerad isläggning och islossning under perioden 1961-2008 användes för att finna optimala temperatursamband under relevant period innan isläggning respektive islossning för de studerade sjöarna. Dessa samband applicerades sedan på framtida scenarier för lufttemperaturens utveckling.

Isläggningsdatum definieras i SMHIs observationer som det datum då hela sjön islades för första gången och legat kvar minst tre dagar. Islossningsdatum definieras som det datum då sjöns is i stort sett är borta. Om det förekommer flera perioder med is avses den sista islossningen. Systematiska isobservationer har utförts sedan 1870 (Eklund, 1999).

De sjöar i Jämtlands län för vilka observationer användes studien återfinns i tabell 5-4 och figur 5.5-16. Observationer under perioden 1961 – 2008 har använts. Sjöurvalet har skett med avseende på tillgänglig data och var i fjällkedjan sjöarna ligger. Sjöarna varierar stort i areal, djup och höjd över havet. Isstatistik för sjöarna ses i tabell 5-5.

Tabell 5-4. Sjöar i fjällkedjan för vilka islossnings- och isläggningsanalys har gjorts. Information om djup och volym anges i de fall de är kända.

Sjönr	Sjö	Fjällregion	Sjöarea (km ²)	Medeldjup (m)	Maxdjup (m)	Volym (milj m ³)
314	Malmagen	1	2	-	-	-
331	Storsjön	1	29	-	27	-
369	Kallsjön	2	154	40.1	134	6140
427	Rengen	3	22	21	70	414
462	Lilljorm	4	20	36,2	92	720,5



Figur 5.5-16. Sjöar i fjällkedjan för vilka islossnings- och isläggningsanalys med avssende på lufttemperatur har gjorts. Beskuren från Eklund 2011.

Tabell 5-5. Isstatistik för de analyserade sjöarna för standardnormalperioden 1961-2008.

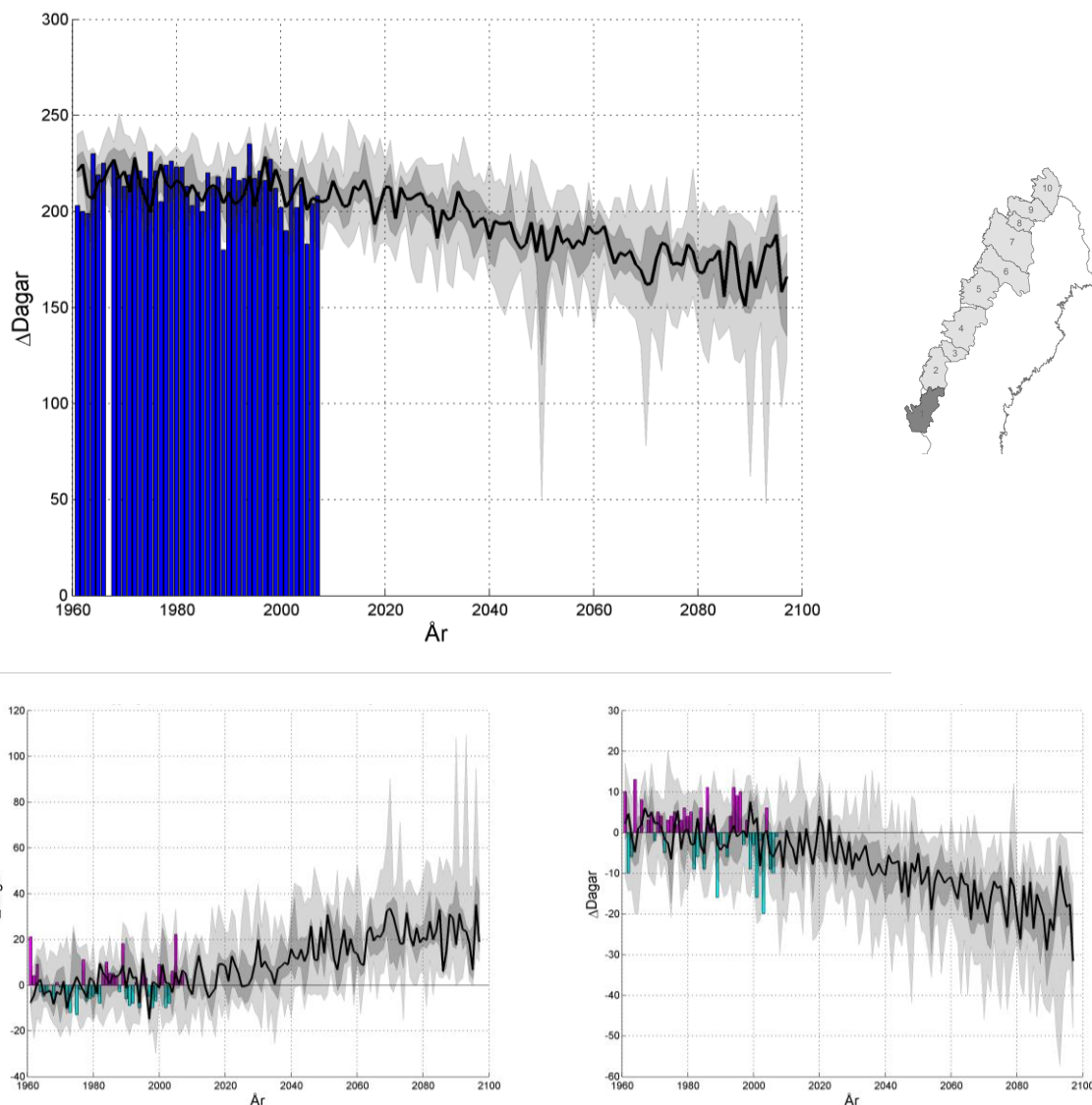
Sjön	Sjö	Fjäll-region	Isläggning (datum)	Islossning (datum)	Isvaraktighet (antal dagar)
314	Malmagen	1	29 okt	31 maj	214
331	Storsjön	1	14 nov	24 maj	191
369	Kallsjön	2	10 jan	19 maj	129
427	Rengen	3	7 dec	19 maj	163
462	Lilljorm	4	9 dec	26 maj	168

Analys av framtida isläggning och islossning har gjorts baserat på klimatscenarioensemblen för temperaturdata. Areellt interpolerad temperaturdata från PTHBV över delavrinningsområdena närmast kring respektive sjö har använts.

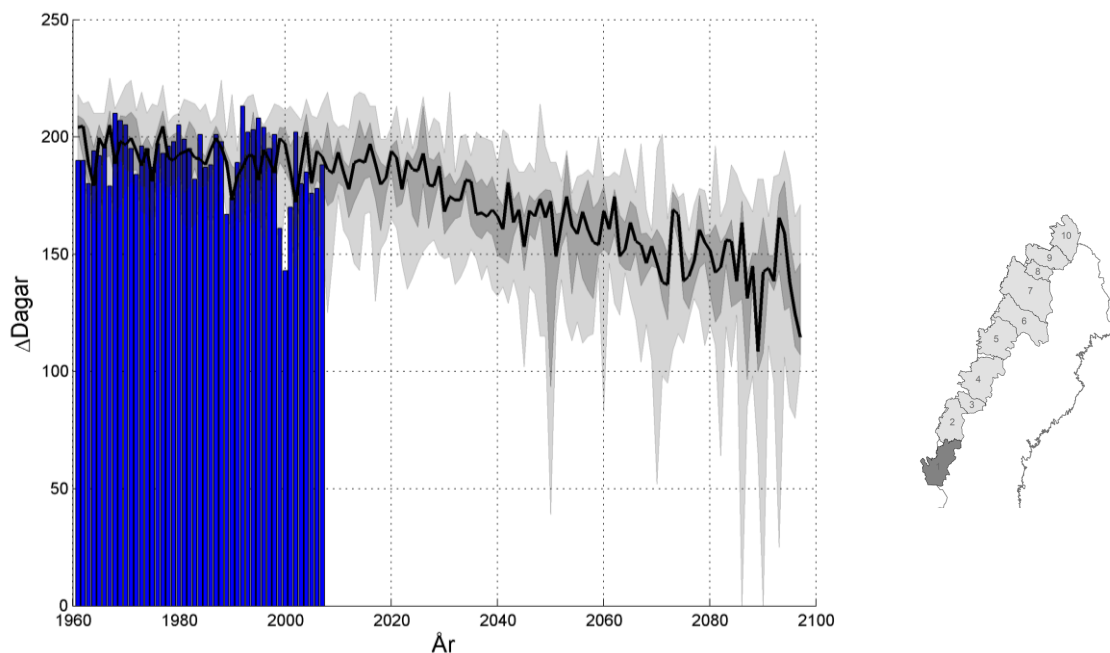
Observerad isläggning och islossning under perioden 1961-2008 har använts för att ta fram optimala temperatursamband för den avgörande perioden innan isläggning respektive islossning. Löpande medelvärden av lufttemperaturen för olika långa perioder innan observerad isläggning respektive islossning har beräknats. Den tröskeltemperatur och tidsperiod som vid simulering visat sig ge bäst korrelation med observerad tidpunkt för isläggning och islossning har använts för beräkning av framtida dagnummer för isläggning och islossning. Perioderna och tröskeltemperaturerna skiljer sig mellan sjöarna. Klimatscenario-ensemblens simulering av den historiska perioden bedömdes relativt god för samtliga sjöar. För mer information om metoden se Eklund (2011).

Resultaten visar att det är möjligt att simulera isläggning och islossning utifrån lufttemperatur relativt väl då medelvärden för den period bakåt i tiden som har relevans för isläggning och islossning används. Resultaten av klimatscenarioanalysen redovisas i figur 5.5-17 till 5.5-20 för respektive sjö. Utifrån referensperiodens dagnummer för isläggning och islossning redovisas observerade år med senare inträffad händelse som lila staplar och observerade år med tidigare inträffade händelser som turkos staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar. På motsvarande sätt visas isläggning. Framtida isperiods längd baserad på klimatscenarioensemblen visas i den större figuren, blå staplar visar observerad isperiods längd.

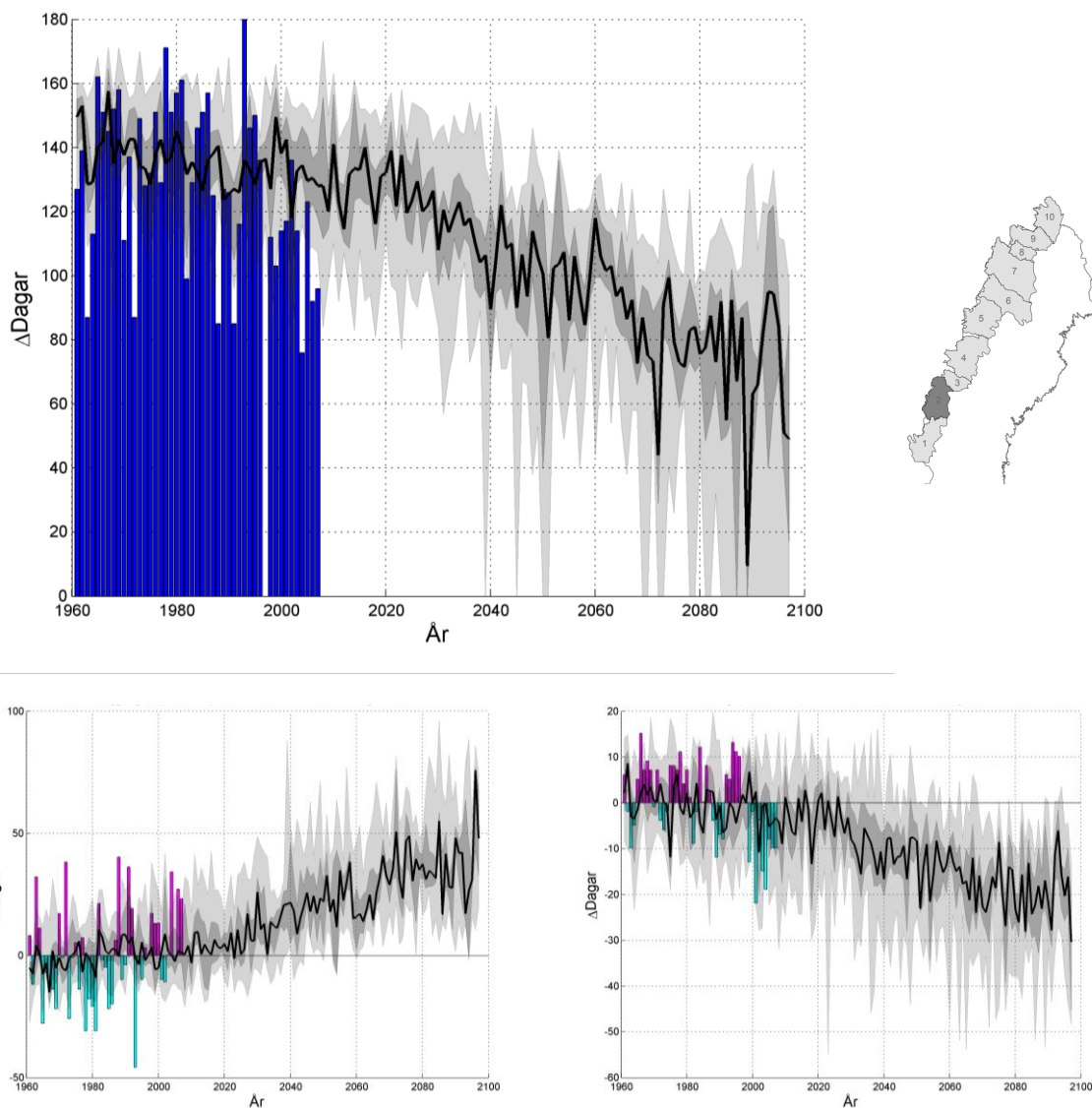
Resultaten visar att isläggning generellt väntas ske senare och islossning tidigare för samtliga sjöar, som en effekt av stigande lufttemperaturer i alla områden, med kortare isperiod som följd i alla områden. Framför allt är det isläggningen som väntas senareläggas något mer än vad islossningen tidigare läggs. Då medianen av klimatscenarioensemblen studeras för slutet av seklet syns att Kallsjön och Rengen visar trender på något mer senarelagd isläggning (upp mot 50-60 dagar) än övriga sjöar i de sydligare fjällregionerna (region 1 -4). Islossningen väntas ske upp till 20 – 30 dagar tidigare. Klimatscenarioerna visar på stor spridning, vilket också är fallet med observerade händelser.



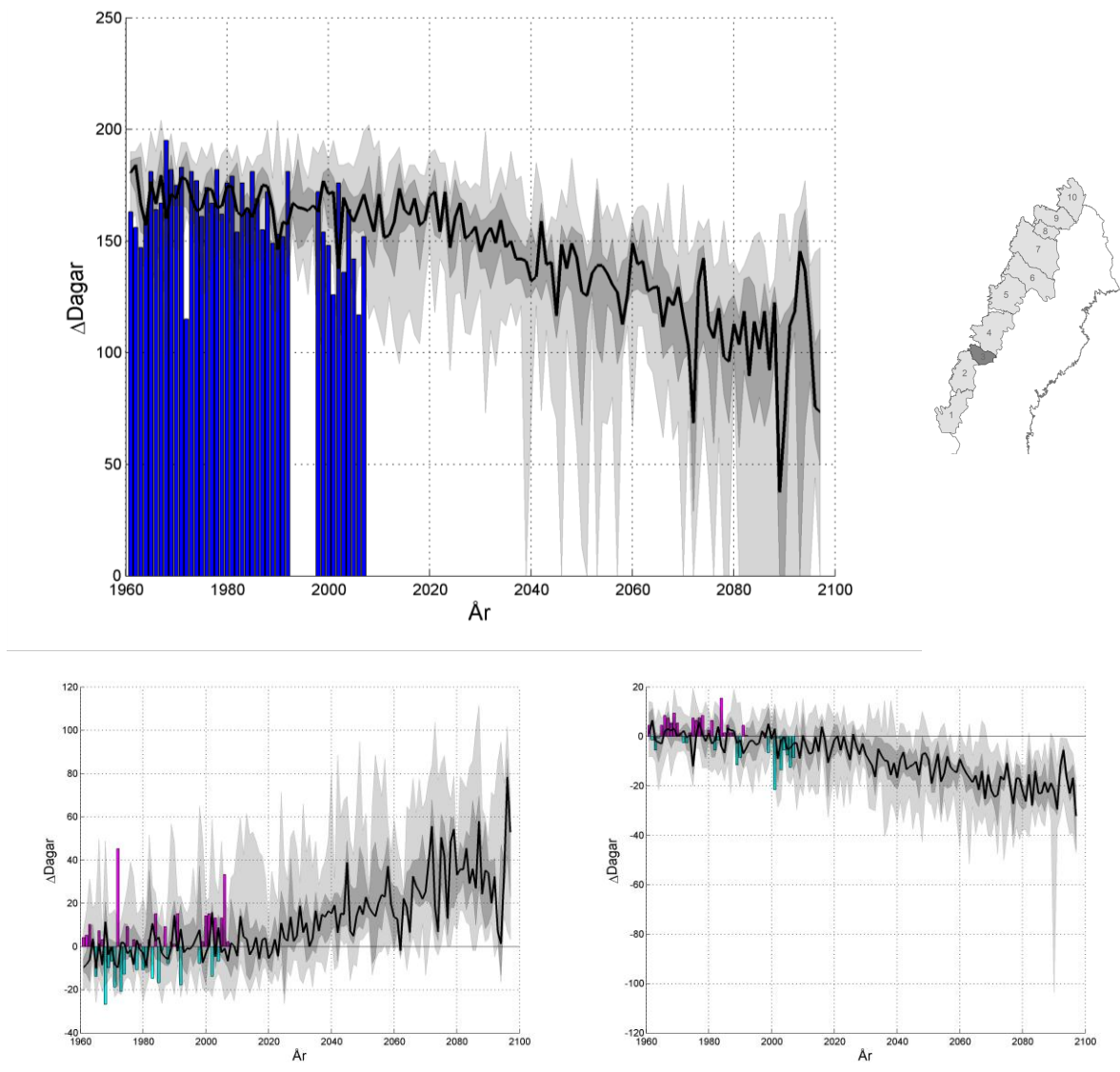
Figur 5.5-17. **Malmagen (fjällområde 1).** Överst visas beräknad förändring av isperiod. Observerade värden visas som blå staplar (luckorna beror på saknade data). Nere till vänster avvikelse i dagnummer jämfört med referensperioden för isläggning, nere till höger motsvarande för islossning. Observerade avvikelser visas som staplar, lila staplar senare och turkosa staplar tidigare datum. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier visas i samtliga figurer med den svarta linjen. Den mörkare skuggningen avser spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensembeln. Den ljusare skuggningen visar maximalt respektive minimalt värde av samtliga klimatberäkningar.



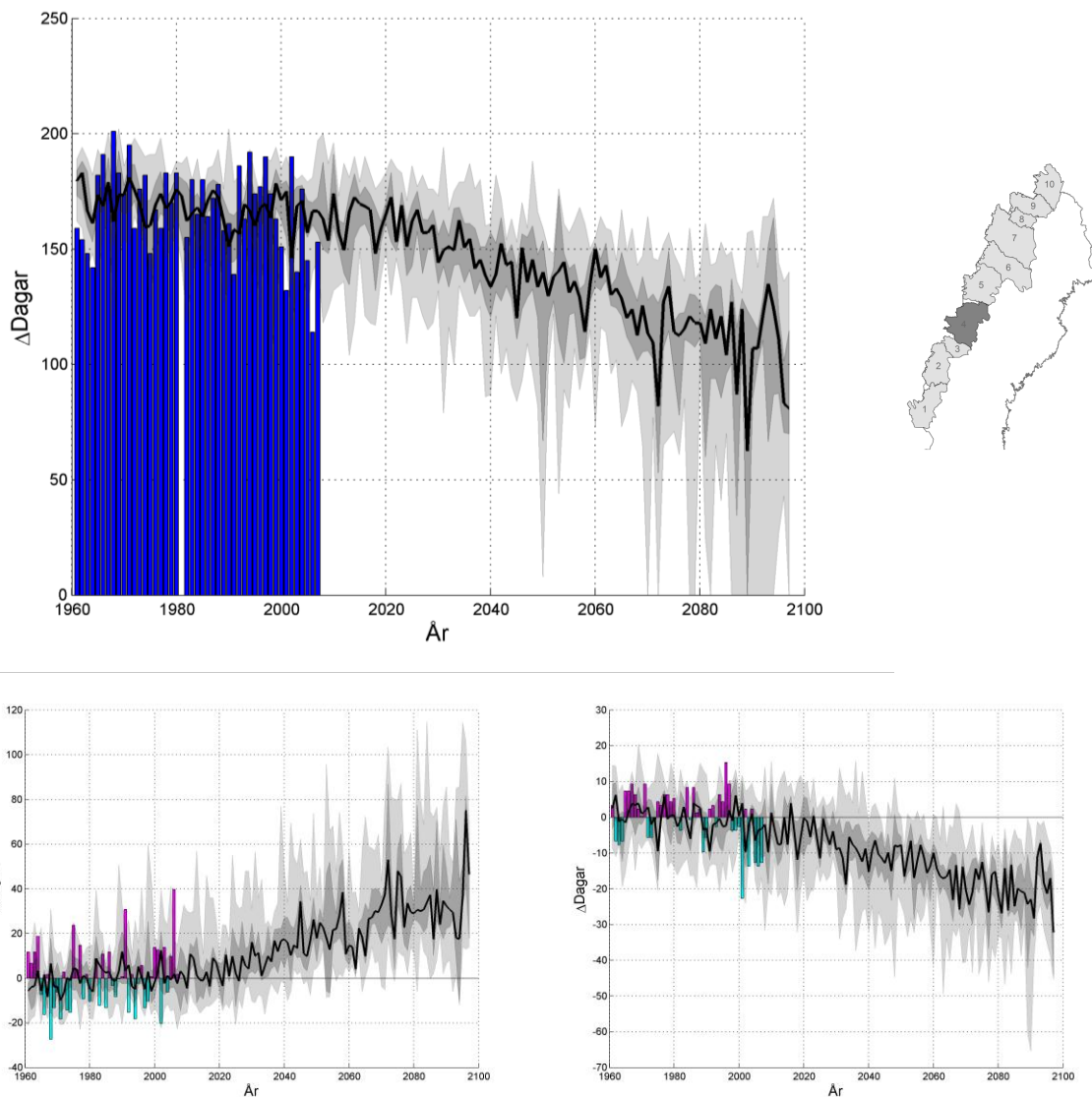
Figur5.5-18. **Storsjön (fjällområde 1).** Överst visas beräknad förändring av isperiod. Observerade värden visas som blå staplar. Nere till vänster avvikelse i dagnummer jämfört med referensperioden för isläggning, nere till höger motsvarande för islossning. Observerade avvikelser visas som staplar, lila staplar senare och turkosa staplar tidigare datum. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier visas i samtliga figurer med den svarta linjen. Den mörkare skuggningen avser spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. Den ljusare skuggningen visar maximalt respektive minimalt värde av samtliga klimatberäkningar.



Figur5.5-19. **Kallsjön (fjällområde 2).** Överst visas beräknad förändring av isperiod. Observerade värden visas som blå staplar (luckorna beror på saknade data). Nere till vänster avvikelse i dagnummer jämfört med referensperioden för isläggning, nere till höger motsvarande för islossning. Observerade avvikelser visas som staplar, lila staplar senare och turkosa staplar tidigare datum. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier visas i samtliga figurer med den svarta linjen. Den mörkare skuggningen avser spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. Den ljusare skuggningen visar maximalt respektive minimalt värde av samtliga klimatberäkningar.



Figur 5.5-20. **Rengen (fjällområde 3).** Överst visas beräknad förändring av isperiod. Observerade värden visas som blå staplar (luckorna beror på saknade data). Nere till vänster avvikelse i dagnummer jämfört med referensperioden för isläggning, nere till höger motsvarande för islossning. Observerade avvikelser visas som staplar, lila staplar senare och turkosa staplar tidigare datum. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier visas i samtliga figurer med den svarta linjen. Den mörkare skuggningen avser spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensembeln. Den ljusare skuggningen visar maximalt respektive minimalt värde av samtliga klimatberäkningar.



Figur 5.5-21. **Lilljorm (fjällområde 4).** Överst visas beräknad förändring av isperiod. Observerade värden visas som blå staplar (luckorna beror på saknade data). Nere till vänster avvikelse i dagnummer jämfört med referensperioden för isläggning, nere till höger motsvarande för islossning. Observerade avvikelser visas som staplar, lila staplar senare och turkosa staplar tidigare datum. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier visas i samtliga figurer med den svarta linjen. Den mörkare skuggningen avser spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. Den ljusare skuggningen visar maximalt respektive minimalt värde av samtliga klimatberäkningar.

7 Tjäle

Texten inom detta avsnitt är en sammanfattning av generella kunskaper om tjäle och resultat från tidigare utredningar över tänkbara förändringar av tjälförhållanden i ett framtida klimat.

I Sverige tjälas vanligen marken under vintern. Tjälens innebär att vattnet i marken fryser och processerna runt tjälningen har stor betydelse för markens struktur. Särskilt stor betydelse har den årliga tjälningen för att motverka jordbrukets packningsskador på lerjordar. För skogsbruket innebär de tjälade jordarna att skogsmaskiner får större bärighet. Skogsbruket är också anpassat till att framförallt transporter av timmer sker under vintern. Körskadorna blir mindre när huggning och transport av timmer görs vintertid på tjälad mark. Byggande av hus och vägar försvåras dock om marken riskerar att tjälas (SWECLIM, 2002).

Marken kan betraktas som ett system av olika delar: mineraldel, organiskt material, vatten och luft. Fördelningen dem emellan varierar mellan olika typer av jordar och lägen i terrängen. Dessutom varierar andelen vatten och luft under året. Vatten förekommer i marken både i flytande och fast (is) form. Hur mycket vatten som finns, och i vilken form, beror på värme- och vattentransporten i marken.

Det är stora skillnader mellan tjäle i ler-, silt- respektive sandjordar. Det beror på att markens textur och struktur, dvs. mineralpartiklarnas storlek, markens humusinhåll och hur komponenterna är sammansatta, är avgörande för dess värme- och vattenhållande egenskaper. (Troedsson och Nykvist, 1973).

I grovkorniga jordar, som sand, fryser det vatten som finns i jorden massivt. Gränsen mellan fuktiga och torra skikt är skarp. Om jorden inte är vattenmättad kan vattnet expandera fritt i porutrymmet och därmed sker ingen tjällyftning dvs. jorden som helhet ökar inte i volym. En helt vattenfylld sand med en porositet på 50 volymsprocent kan maximalt utvidgas ca 5 procent. Tjälens tillväxer successivt som en front allt djupare.

I finkorniga jordar, som leror, bildas skikt av ren is omgärdad av jord. Tillväxten av dessa islinser sker genom att vatten från omgivande jord transporteras till. Tillväxten nedåt i marken sker ojämnt. Tjälningen i leror gör att partiklarna kommer närmare varandra, vilket ökar bildningen av aggregat. Dessa är viktiga för lerornas struktur.

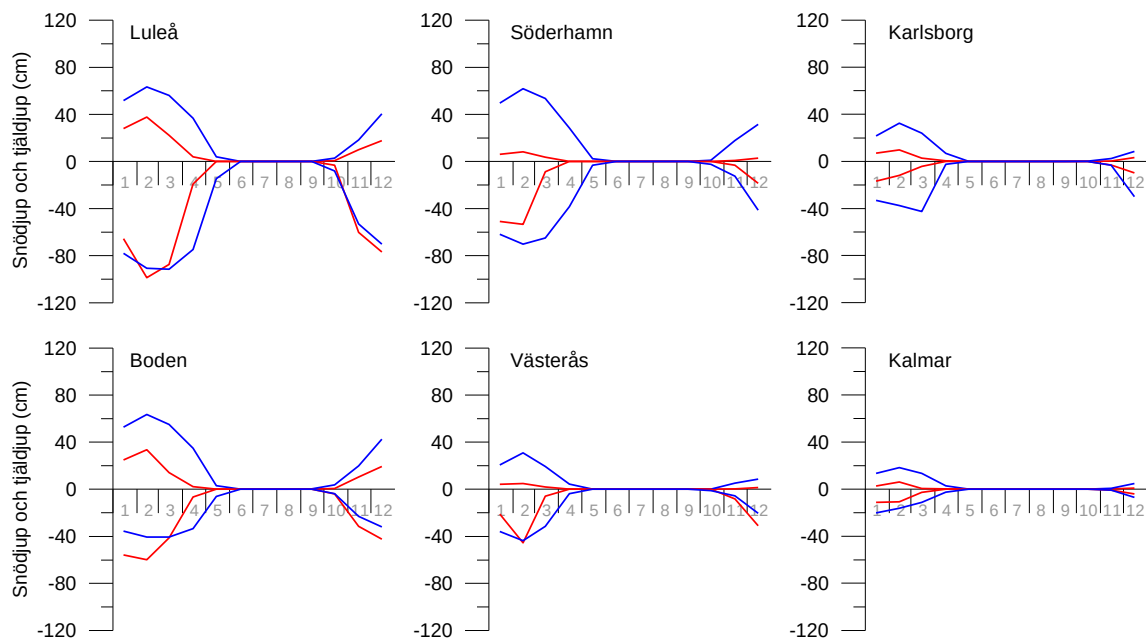
Tjälskjutning beror på omfördelning av vattnet i marken i samband med tjälens tillväxt och kan orsaka svåra problem. Det är främst i mjäla- och finmojordar som de stora islinserna (1-2 dm) utvecklas. När dessa smälter omfördelas materialet och effekten kan bli lyftning av mark, vägar, stolpar, träd etc. (Skogsstyrelsen, 1997).

Snön har en isolerande förmåga vilket innebär att om snö täcker marken tidigt på säsongen så blir tjälningen mildare. Markvegetation och humuslager har också en isolerande effekt och hämmar tjälens tillväxt (Eckersten m. fl., 1998).

På uppdrag av Klimat- sårbarhetsutredningen (som presenterade sin rapport 2007) utförde SMHI känslighetsstudier av hur tjäldjupet kan påverkas av en temperaturhöjning. En hydrologisk modell, HBV-modellen användes (Lindström et al. 1997). Modellen kalibrerades mot uppmätt snödjup och tjäldjup. Av mätplatserna var tre belägna i lerjordar och tre i sandjordar. Som referens användes månadsmedelvärden för perioden 1967-1980, vilka ansågs beskriva dagens klimat. Simuleringar gjordes med en temperaturökning på 3 °C över hela landet. Noggrannheten i tjäldjupsberäkningarna är låg och det bedömdes inte meningsfullt att göra fullständiga scenariosimuleringar (Lindström och Hellström, 2007).

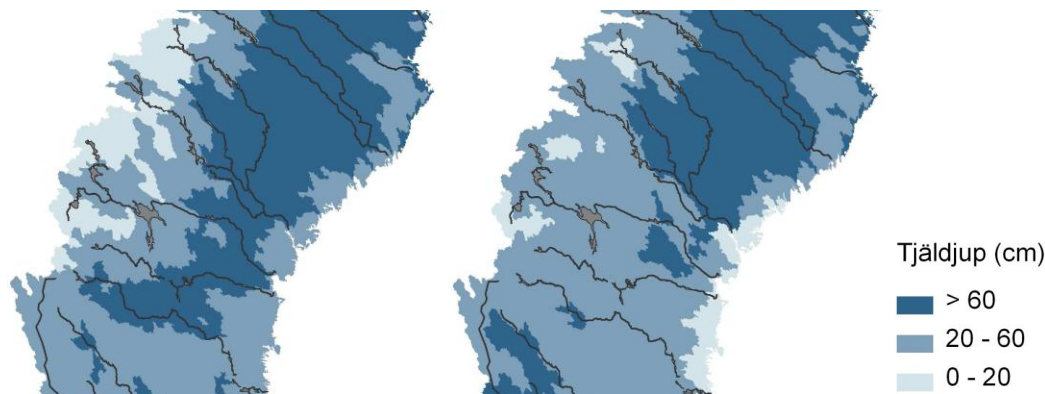
Figur 6-1 visar beräkningar av snödjup och tjäldjup med en temperaturökning på 3 °C jämfört med dagens klimat. Söderhamn (sandjord) ligger närmast Jämtland av de sex orterna. Tjälens utvecklas djupare i sandjordar än i lerjordar, vilket också framträder i de beräkningar som gjorts. För Söderhamn syns ett kraftigt minskat snödjup och kortare period med tjäle i det varmare klimatet. Söderhamn är dock en kustkommun och stämmer därför inte särskilt bra med förhållandena i Jämtland. Om vi istället jämför med de nordligare liggande orterna Luleå och Boden kan även här ses ett minskat snödjup och

kortare tjalperiod. Maximala medeltjäldjupet däremot ser ut att vara detsamma eller djupare i ett framtida klimat.



Figur 6-1. Beräknade månadsmedelvärden av snödjup och tjäldjup för dagens förhållanden (blå kurva) och efter en temperaturökning med 3 °C (röd kurva) för tre platser med sandjordar (överst) och tre platser med lerjordar (nederst). Noll-linjen representerar markytan. Från Lindström och Hellström (2007).

Det simulerade medeltjäldjupet i mars månad presenterades också i studien, baserade på medelvärdet av de uppskattade parametervärdena för lera och sand (figur 6-2). De bör ungefär motsvara förhållandena för morän (Lindström och Hellström, 2007). För Jämtland syns en förändring mot större medeltjäldjup i ett varmare klimat för de västliga delarna av länet. Tendensen för de sydöstliga delarna av länet tycks vara åt motsatt håll dvs. mindre tjäldjup. För länet som helhet kan man säga att denna studie pekar på en utjämning av medeltjäldjupet.



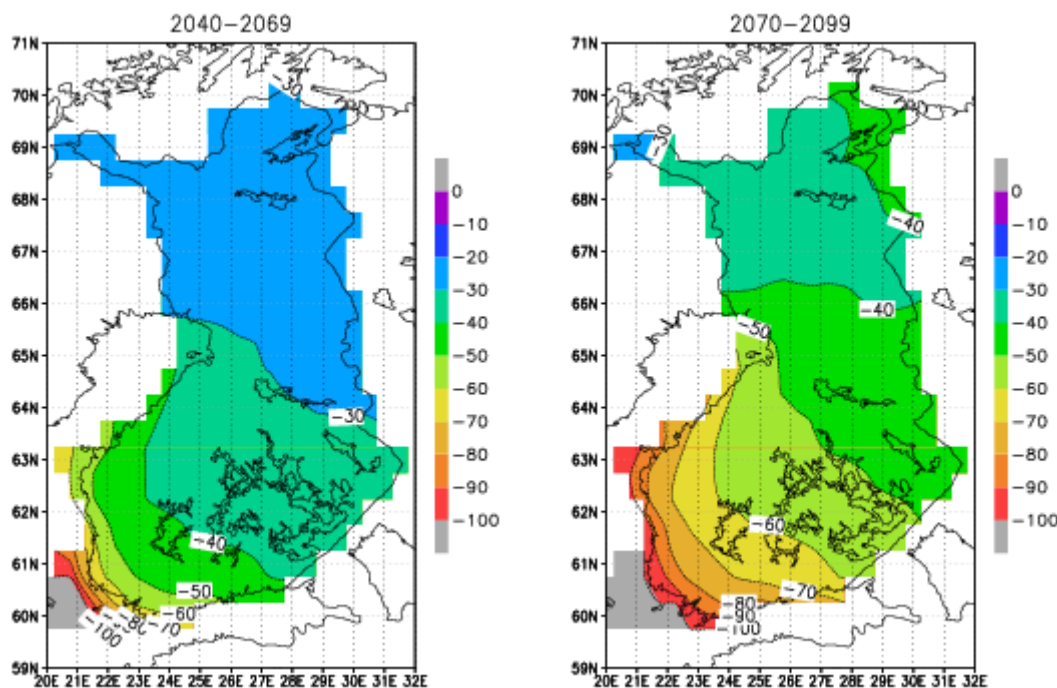
Figur 6-2. Beräknat medeltjäldjup för mars månad, med en parameteruppsättning som ungefär motsvarar förhållanden för morän i områden utan skog. Den vänstra figuren visar tjäldjup i dagens klimat och den högra med en medeltemperaturhöjning + 3 °C. Från Lindström och Hellström (2007).

Studien visade att man grovt kan simulera medelvariation under året med hjälp av en enkel modell. De gjorda simuleringarna, liksom alla scenarioräkningar är osäkra. Beräkningarna tyder dock på, enligt Lindström och Hellström (2007), att:

- Tjäldjupet är känsligt för en ökning av temperaturen
- Säsongen för tjäle blir kortare vid alla mätplatser
- I södra Sverige minskar det största tjäldjupet.

I Finland har en studie också utförts på hur tjälad mark påverkas av en klimatförändring. Den visar att det årliga maximala tjäldjupet på snöfria ytor i södra och centrala Finland minskar från 100-150 cm till 50-100 cm djup. I de norra delarna av Finland blir minskningen av tjäldjupet större, från 200-300 cm till 100-200 cm djup. Detta beror främst på markegenskaperna. En annan förändring är en ökning av dagar utan tjäle. För Finland betyder ett varmare klimat ett minskat snötäcke. Detta ökar sannolikheten för tjäle mitt i vintern i ett framtida klimat. Denna studie visar alltså också att klimatförändringar medför att tjälförhållandena påverkas i Norden (SWECLIM, 2002).

På finska Meteorologiska institutets webbplats finns en artikel om tjäldjup i framtida klimat på snöfria områden. Temperaturkartorna visar situationen under en typisk vinter (figur 6-3). Förändringen är tydligare i söder än i norr. I Lappland blir tjälskiktet mot mitten av seklet cirka 25 procent tunnare och mot slutet av seklet 30-40 procent tunnare. I inlandet i södra Finland minskar tjäldjupet mot slutet av seklet till hälften från det nuvarande. I den sydvästra skärgården kommer marken mestadels att vara utan tjäle enligt beräkningarna.



Figur 6-3. Framtidsberäkningar för hur mycket tunnare tjälskiktet kan bli på snöfria områden (i procent) under en normal vinter. Till vänster visas framtidsperioden 2040-2069 och till höger 2070-2099. För båda bilderna är jämförelseperioden 1971-2000. (Källa: klimatguiden.fi baserat på AcclimII och Jylhä et al, 2009)

Beräkningarna gäller enbart för snöfria områden, till exempel flygfält och huvudvägar. För dessa områden är marktypen och den kumulerade köldsumman avgörande för det största tjäldjup som förekommer under vintern. På fält och i skogar har snötäcket en avgörande betydelse som värmeisolerare. På områden där snön plogas bort fryser marken djupare.

Tjälning och upptining är komplicerade processer med flera faktorer som påverkar, vilket delvis beskrivits ovan. De studier som hittills gjorts över hur framtidsklimatet kan påverka snö- och tjäldjup är få och givetvis förenade med stora osäkerheter. En viktig osäkerhetsfaktor är snödjupet och när snön kommer på säsongen. Kalla långa vintrar med tidigt snötäcke kan ge mindre tjäldjup än vintrar utan snö men med en kortare kall period. Med ett klimat i förändring kan variationen mellan år vara stor.

8 Brandrisk

I Sverige inträffar varje år i genomsnitt mellan 3 000 och 4 000 bränder i skog och mark. Brändernas omfattning varierar mycket från år till år, men ofta berörs mer än 2 000 ha i landet. De ekonomiska följderna är stora i form av räddningsinsatser och skador på skog och byggnader.

Bränder i skog och mark orsakas främst av blixtnedslag och olika slags mänsklig påverkan, som t ex spridning efter lägereldar, barns lek, gräseldning eller gnistor från tåg och maskiner. Antalet bränder är störst i de tätbefolkade storstadsregionerna, där många människor vistas ute i naturen och i de östra torrare delarna av landet. Hur stor areal som brinner, beror förutom torka och vindförhållanden också på hur snabbt branden upptäcks och på tillgängliga släckningsresurser (SMHI faktablad nr 14, 2003).

Under vår och sommar utfärdas allmänna varningar när det är stor brandfara i skog och mark. Varningarna bygger på olika beräkningsmetoder och dagliga beräkningar ger detaljerade kartor med prognoser för markfuktighet, skogsbrands- och gräsbrandsrisk.

Risken för skogsbrand är nära relaterad till ett områdes hydrologi och därför används en särskild version av en hydrologisk prognosmodell (SMHI:s HBV-Skogsbrandmodell) för att bedöma vatteninnehållet i det ytliga markskiktet. Vatteninnehållet, eller snarare graden av torka, har stor betydelse för eldens spridning. Skogsbrandfaran bedöms även med ett kanadensiskt modellsystem (FWI) som främst beskriver brandens beteende och spridningsrisk.

Länsstyrelsen i Jämtlands län har sammanställt en rapport över de effekter ett förändrat klimat kan tänkas ha på skogs- och gräsbrand i Jämtlands län (Länsstyrelsen Jämtlands län, 2012). Slutsatsen var att skogsbrandrisken troligen inte ökar, men att brandrisksäsongen blir längre. För gräsbränder ansågs inte risken komma att öka, och inte heller säsongen att förlängas. Minskande befolkning bedömdes dock eventuellt kunna minska förmågan att hantera stora skogsbränder.

När klimatet förändras påverkas också de faktorer som inverkar på skogsbrandssituationen (MSB, 2008). SMHI har, på uppdrag av MSB, utfört en studie över hur risken för skogsbrand kan komma att förändras i framtiden med klimatförändringarna. För klimateffektstudier har metodik utvecklats för att från klimatmodeller skapa indata till brandriskmodeller. En beskrivning av metodiken finns i en slutrapport från fas 2 av projektet ”Scenarier för framtida skogsbrandrisk” (Gardelin m.fl., 2011).

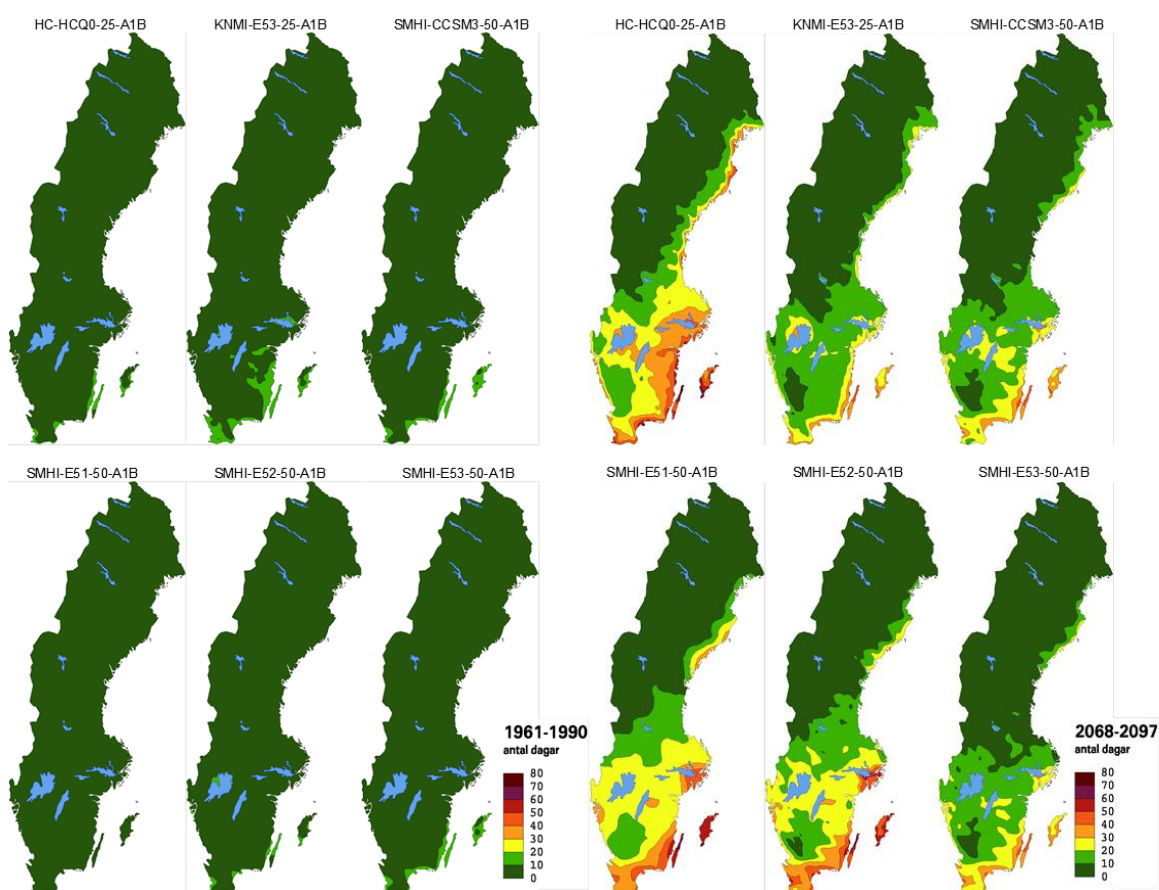
Nedan presenteras utsnitt ur kartor från delrapportering av projektet *Klimatscenarier Brandrisk HBV*, etapp 1 (Gardelin m.fl. 2010). De beräkningar som gjorts avser antändningsrisk och baseras på sex olika klimatmodeller med utsläppsscenario A1B.

Kartorna visar det genomsnittliga antalet dagar under april-september då det beräknas vara hög brandrisk, dels för perioden 1961-1990 och dels för den framtida perioden 2068-2097 (figur 7-1).

I större delen av landet uppnås hög brandrisk i medeltal under färre än 10 dagar per säsong under 1961-1990, vilket även innefattar Jämtlands län. För slutet av århundradet, 2068-2097, visar beräkningarna att antalet dagar ökar. Alla klimatscenarier visar framförallt ökning av antalet brandriskdagar i sydligaste och sydöstra Sverige. För Jämtlands län ses dock ingen ökning av antal dagar med hög brandrisk.



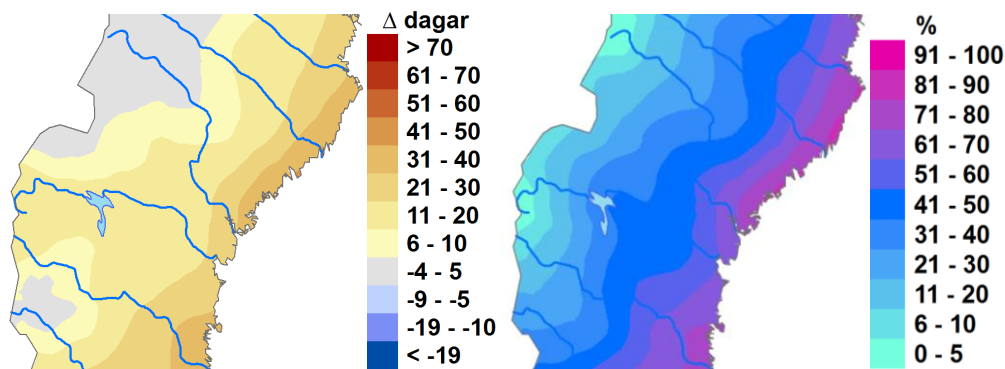
Skogsbrand. Foto: SMHI



Figur 7-1. Antalet dagar med hög brandrisk under referensperioden 1961-1990 (vänster) och 2068-2097 (höger), baserat på sex olika klimatscenarier. Antalet dagar avser 30-årsperiodens medelvärde för säsongen april-september. Källa: Delrapportering av etapp 1 av det MSB-finansierade projektet Klimatscenarier Brandrisk HBV (Gardelin m. fl. 2010).

I den under året publicerade slutrapporten för projektet (MSB, 2013) presenteras resultat över förskjutning av brandrisksäsongen, dess längd och förekomsten av sammanhängande högriskperioder i

ett framtida klimat. Slutsatserna var att perioder med hög brandrisk kommer även i framtiden att vara vanligast i de områden som idag är mest utsatta, främst i Östersjölandskapen. För södra Sverige ökar brandrisksäsongens längd med ca 50 dagar och i norra Sverige med 10-30 dagar. Frekvensen av högriskperioder ökar i hela Sverige och längden för dessa perioder ökar även. Högriskperioder definieras som sammanhängande dagar med höga index. För att ingå i beräkningarna måste index 6 uppnåtts under minst 4 dagar eller index 5 under minst 6 dagar eller index 4 under minst 10 dagar.



Figur 7-2. Vänstra kartan visar förändringen i brandrisksäsongens längd för perioden 2068-2097 jämfört med 1961-1990 och till höger ses frekvens av år då det förekommer minst en högriskperiod 2068-2097. Kartorna avser medelvärden av 6 klimatscenarier och HBVS-index 4, 5 eller 6.

För Jämtlands län ses att brandrisksäsongen bedöms öka (med undantag av fjällområdena). För ett band över mellersta delarna av länet beräknas ökningen vara mellan 11 och 20 dagar för slutet på seklet i jämförelse med 1961-1990. Avseende frekvensen av år då det förekommer minst en högriskperiod ses också en ökning med uppemot 40% vid slutet av seklet för de sydöstliga delarna av länet (figur 7-2).

9 Slutsatser

I rapporten redovisas en stor mängd data och beräkningar med syfte att ge en översiktlig bild av klimatförhållandena i Jämtlands län såväl under dagens förhållanden som i framtidens förändrade klimat. Arbetet är baserat på observationer och analyser från SMHI, klimatscenarier från den internationella klimatforskningen samt sammanställningar av tidigare studier över klimatförändringarnas konsekvenser. Observationerna avser perioden 1961-2010 (i vissa fall 1961-2012). Framtidsberäkningarna avser tidsperioden fram till år 2100.

För att ge en bild av de osäkerheter som råder om framtidens klimat har ett flertal regionala klimatscenarier utnyttjats i arbetet. De flesta av klimatscenierna utgår från utsläppsscenario SRES A1B. Urvalet är baserat på vad som varit tillgängligt vid SMHI när rapporten skrevs. Scenarierna representerar en god bredd av den internationella forskningens resultat och är betydligt mer omfattande än det begränsade antal scenarier som fanns tillgängliga när Klimat- och sårbarhetsutredningen lade fram sitt slutbetänkande hösten 2007. Den stora spridningen mellan olika klimatmodeller ger en mer nyanserad bild än vad som tidigare varit fallet. Klimatforskningen kommer ständigt med nya resultat som kan komma att modifiera bilden ytterligare, vilket läsaren bör vara medveten om.

De sexton regionala klimatscenarier som använts i studien har nedskalats till s.k. gridrutor med upplösningen 4 km × 4 km. Den internationella meteorologiska standardnormalperioden 1961-1990 har använts som referensperiod för de analyser som gjorts av temperatur och nederbörd, samt de olika klimatindex som baserats på dessa. För de hydrologiska analyserna avseende vattenföring och snö är referensperioden 1963-1992 av tekniska skäl.

Ett flertal analyser avser extremer av något slag, exempelvis ”antalet sammanhängande dygn med dygnsmedeltemperatur över 20°C”. Dessa analyser presenteras som genomsnittlig förändring sett över

30-årsperioder, t.ex. 1961-1990 jämfört med 2021-2050. Det ska påpekas att dessa extremer varierar väldigt mycket mellan enskilda år, vilket inte ses från medelvärdet över perioderna.

Följande resultat framgår av klimatanalyserna i denna rapport för Jämtlands län:

- Klimatberäkningarna visar en successiv och tydlig ökning av årsmedeltemperaturen under det innevarande seklet. Spridningen mellan beräkningarna avseende förändringens storlek är stor, men i medeltal ses en ökning för länet med ca 4°C till slutet av seklet. För perioden 1961-1990 var årsmedeltemperaturen 1,0°C.
- Vintern är den säsong som uppvisar störst variation i medeltemperatur mellan år. För perioden 1961-2012 var variationen ca 10 grader. Alla säsonger visar en temperaturuppgång under seklet men den är mest framträdande för vintern, med i medeltal 6 grader över länet.
- Det regionala temperaturmönstret, med varmare förhållanden i öster och svalare i de mer höglänta områdena i väster, kvarstår i framtiden.
- I och med den förväntade allmänna temperaturhöjningen under 2000-talet ökar även den genomsnittliga maximala dygnsmedeltemperaturen med ca 3 grader.
- Vegetationsperioden för norra Sverige har ökat med ca två veckor under de senaste fyrtio åren, och förväntas fortsätta att öka. För Jämtland visar beräkningarna att vegetationsperioden 1961-1990 var i medeltal 140 dagar. Framtidsberäkningarna visar på en allt tidigare start och ett allt senare slut för vegetationsperioden. Vid slutet av seklet börjar den genomsnittliga vegetationsperioden i slutet av april och pågår till slutet av oktober, en ökning med ca 50 dagar.
- Under de senaste två decennierna har behovet av uppvärmning minskat (med undantag av 2010). Denna utveckling fortsätter och vid slutet av seklet har uppvärmningsbehovet enligt beräkningarna minskat med ca 25% jämfört med 1961-1990.
- Årsmedelnederbörden ökar successivt, men med stor variation mellan åren. I slutet av seklet visar medianvärdet på ca +20% i relation till referensperioden.
- Under de senaste ca 20 åren har Jämtland haft mycket regn sommartid. I framtidsberäkningarna ser det inte ut att bli en trend för somrarna. Den tydligaste nederbördsökningen ses istället för vintern, med uppemot 40% vid seklets slut i jämförelse med 1961-1990.
- Största nederbördsmängd per dygn och per 7-dygnsperiod varierar mycket mellan åren. Under perioden 1961-2012 var siffrorna för länet som helhet; 10-40 mm respektive 35-95 mm. Den kraftiga nederbörden beräknas öka men med fortsatt stor variation mellan åren.
- De kortvariga intensiva regnen förväntas bli kraftigare. För 30-minutersregn visar beräkningarna en ökning med runt 30%, för 1-timmesregn 20-30% och för de längre varaktigheterna ca 20%.
- För maximala antalet sammanhängande dygn utan nederbörd ses en svag minskning (ca 3). Variationen mellan år är stor och kan antas vara så även i framtiden.
- Vattenföringen förändras mot högre vinterflöden samt lägre och tidigare vårflödestoppar. Denna förändring i säsongsdynamik orsakas av temperaturhöjningen och den ökade nederbörden vintertid som innebär att mer vatten tillförs vattendragen under den kallare årstiden.
- Årsmedelvattenföringen ökar med 10-20% för samtliga undersökta vattendragspunkter (undantaget Billstaån).
- För 100-årsflödena ses en minskning på 10-20%.
- Snötäcket minskar i länet både avseende maximalt vatteninnehåll och varaktighet. Vid slutet av seklet ses en minskning på 25-45% av det maximala vatteninnehållet. Antalet dagar med snö tycks minska med 45-75 dagar för länet.

Ett stort antal övriga klimatberoende förhållanden kommer också att förändras efterhand som klimatet ändras. I denna rapport kommenteras olika förhållanden utifrån befintlig litteratur.

- En studie över fem fjällsjöar visar att som en följd av varmare förhållanden väntas isläggningen ske senare och islossningen tidigare. Framförallt isläggningen påverkas. Den islagda perioden minskar med mellan 40 och 60 dagar i medeltal.
- För Jämtland tycks en förändring ske mot större medeltjäldjup för de västliga delarna av länet i ett varmare klimat. Förändringen i de sydöstliga delarna av länet pekar mot mindre tjäldjup.
- Brandrisksäsongen bedöms öka för Jämtlands del, med undantag av fjällområdena. Frekvensen av år då det förekommer minst en högriskperiod ökar med uppemot 40% i de sydöstliga delarna av länet.

En förenklad sammanfattning av de beräknade förändringarna ses i tabell 8-1. Observera att det är mycket generaliserade siffror som anges i tabellen och att det kan vara stor variation över länet såväl som mellan olika år.

Tabell 8-1. Förenklad sammanfattning av Jämtlands framtida klimat. Tabellen visar skillnader mellan perioderna 2069-2098 och 1961-1990. Resultaten är baserade på medelvärden från 16 klimatscenarier, med tyngdpunkt på utsläppsscenario SRES A1B.

	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Årsmedel
Temperatur	+6°C	+4°C	+3°C	+4°C	+4°C
Nederbörd	+40%	+20%	+10%	+20%	+20%
Avrinning	ökning	ökning	minskning	ökning	+10–20%
Islossning	I fjällsjöarna cirka 20 dagar tidigare				
Snötäcke	Antalet dagar minskar med 45-75 över länet. Maximala snötäcket minskar från cirka 300 mm till cirka 200 mm.				
Växtsäsong	Vegetationsperioden ökar med cirka 50 dagar.				

10 Referenser

- ACCLIM II-hankkeen lyhyt loppuraportti
http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=f72ce783-0bae-4468-b67e-8e280bec1452&groupId=30106.
- Alexandersson H. 2003. Korrektion av nederbörd med enkel klimatologisk metodik. *SMHI Meteorologi*, nr 111, Norrköping.
- Andréasson J., Bergström S., Gardelin M., German J., Gustavsson H., Hallberg K. och Rosberg J. 2011. Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - metodutveckling och scenarier. *Elforsk rapport* 11:25.
- Berg P., Moseley C., and Haerter J.O. (2013) Strong increase in convective precipitation in response to higher temperatures, *Nature Geoscience*, doi:10.1038/ngeo1731
- Bergström S., Hellström S.-S. och Andréasson J. 2006. Nivåer och flöden i Vänerns och Mälarens vattensystem – Hydrologiskt underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen. *SMHI Reports Hydrology*, No. 20, Norrköping.
- Brandt M. och Eklund A. 1999. Snöns vatteninnehåll. Modellberäkningar och statistik för Sverige. *SMHI Hydrologi* nr 79.
- Eckersten H., Jansson P-E., Karlsson S., Lindroth A., Persson B., Perttu K., Blombäck K., Karlberg L. och Persson G. 1998. Biogeofysik – en introduktion. *Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Avdelningsmeddelande* 98:9.
- Eklund A. 1999. Isläggning och islossning i svenska sjöar. *SMHI Hydrologi* nr 81.
- Eklund D. 2011. Klimatsammanställning – Fjällkedjan. *SMHI Rapport* Nr 2011 – 40.
- Gardelin M., Andréasson J., Sahlberg J. och Stensen B. 2010. Klimatscenarier Brandrisk HBV – Delrapport Etapp 1. *SMHI Rapport* Nr 2010-33.
- Gardelin M., Andréasson J., Olsson J., Sahlberg J., Stensen B. and Yang W. 2011. Scenarier för framtida skogsbrandrisk. *SMHI Rapport* Nr 2011-77.
- 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 Johnsen, C.A. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.
- 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.
- Johansson, B. 2000. Areal precipitation and temperature in the Swedish mountains. An evaluation from a hydrological perspective. *Nordic Hydrology*, 31, 207-228.
- Johansson, B. and Chen, D. 2003. The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modelling. *International Journal of Climatology*, 23, 1523-1535.
- Johansson, B. and Chen, D. 2005. Estimation of areal precipitation for runoff modelling using wind data: a case study in Sweden. *Climate Research*, 29, 53-61.

- Jylhä K., Ruosteenoja K., Räisänen J., Venäläinen A., Ruokolainen L., Saku S. ja Seitola T. 2009. Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten, ACCLIM-hankkeen raportti 2009. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/15711/2009nro4.pdf?sequence=1>
- Lindström G. och Hellström S-S. Simulering av tjäldjup i ett framtida klimat. (2007-05-21)
- Lindström G., Johansson B., Persson M., Gardelin M. och Bergström S. 1997. Development and test of the distributed HBV-96 model. *Journal of Hydrology*, 201, 272-288.
- Länsstyrelsen Jämtlands län 2012. Red. B. Olofsson. Skogs-och gräsbrand utifrån ett förändrat klimat. Dnr. 451-569-2012
- MSB 2008. Red. SLU Umeå: Granström A. Skogsbränder under ett förändrat klimat – En forskningsöversikt. 29 s.
- MSB 2013. Red. SMHI: Sjökvist E., Axén Mårtensson J., Sahlberg J., Andréasson J. och Hallberg K. Framtida perioder med hög risk för skogsbrand – Analyser av klimatscenarier. MSB535-Februari 2013. 65 s.
- 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.
- Nikulin G., Kjellström E., Hansson U., Strandberg G. and Ullerstig A. 2011. Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. *Tellus*, 63A, 41-55.
- Olsson J. and Foster K. 2013. Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige. *SMHI klimatologi* nr 6. 21s.
- Olsson J. och Foster K. 2013. Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige. SMHI Klimatologi Nr 6, 2013.
- Olsson J., Amaguchi H., Alsterhag E., Dåverhög M., Adrian P.-E. and Kawzmura A. 2013. Adaptation to climate change impacts on urban storm water: a case study in Arvika, Sweden. *Climatic Change* 116:231-247. DOI 10.1007/s10584-012-0480-y.
- Skogsstyrelsen 1997. *Marken i skogslandskapet*. Skogsstyrelsen.
- SMHI 2002. Län och huvudavrinningsområden i Sverige. *SMHI faktablad* nr 10.
- SMHI 2003. Brandrisk. *SMHI faktablad* nr 14.
- SMHI 2004. Huvudavrinningsområden på gränsen mellan Sverige, Norge och Finland. *SMHI faktablad* nr 20.
- SMHI 2004. Översvämningar i Sverige. *SMHI faktablad* nr 21.
- SMHI 2006. Is på sjöar och älvar. *SMHI faktablad* nr 30.
- SMHI 2008. Sveriges sjöar. *SMHI faktablad* nr 39.
- SMHI 2009. Sveriges landskapsklimat. *SMHI faktablad* nr 42.
- SMHI 2010. Sveriges vattendrag. *SMHI faktablad* nr 44.
- SMHI 2011. Värmeböljor i Sverige. *SMHI faktablad* nr 49.
- SMHI 2011. Vind och storm i Sverige 1901-2010. *SMHI faktablad* nr 51.
- SOU 2006. Översvämningshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vänern. Delbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2006:94. Stockholm.
- SOU 2007a. Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60, Stockholm.

SOU 2007b. Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat. Klimat- och sårbarhetsutredningen *SOU 2007:60*, bilaga B14.

SWECLIM 2002. Expertstöd i klimatfrågan. *Årsrapport 2001*.

Troedsson T. och Nykvist N. 1973. *Marklära och markvård*. Almqvist & Wiksell.

van der Linden P., and J.F.B. Mitchell (eds.) 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: *Summary of research and results from the ENSEMBLES project*. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160pp.

Wern L. 2012. Extrem nederbörd i Sverige under 1 till 30 dygn, 1900-2011. *SMHI Meteorologi* nr 2012-143.

Wern L. och Barring L. 2009. Sveriges vindklimat 1901-2008. Analys av förändring i geostrofisk vind. *SMHI Meteorologi* nr 138/2009.

Yang W., Andréasson J., Graham L.P., Olsson J., Rosberg J. and Wetterhall F. 2010. Distribution based scaling to improve usability of RCM projections for hydrological climate change impacts studies. *Hydrology Research*, 41.3-4, 211-229.

Övriga referenser

Länsstyrelsernas GIS-tjänster, <http://www.gis.lst.se/lanskartor/>

www.smhi.se

SMHIs klimataarkiv

SMHIs statistikdatabas

SMHI vattenweb: vattenweb.smhi.se

Klimatguiden.fi

11 Bilagor

Analysen av Jämtland läns framtidsklimat har gjorts utgående från de klimatscenarier som beskrivits i kap. 4.7. Dessa klimatscenarier har, som framgår av tabell 4-1, en horisontell upplösning av 25-50 km. Efter justering av temperatur och nederbörd, med hjälp av observationer såsom beskrivs i kap. 4.5, har klimatscenarierna lagrats med samma upplösning som den observerade databasen, dvs. 4 km × 4 km. I bilagorna 2-21 samt 23 finns kartor för temperatur- och nederbördsvariabler och olika index baserade på desamma. Värdena som visas i kartorna beräknas utifrån de sexton klimatscenarierna för respektive ruta och representerar 30-årsmedelvärden.

De bearbetade klimatscenarierna gör det möjligt att presentera analyser och kartor med motsvarande upplösning i rummet. Det är dock mycket viktigt att poängtera att *de regionala klimatmodellerna inte har denna höga upplösning och därmed inte heller de klimatdata som kommer från desamma.*

Bilaga 1. Extrem nederbörd i dagens klimat. Nederbördsmängder (mm) för varaktigheterna 30 minuter, 1 timme, 2 timmar, 6 timmar, 12 timmar och 24 timmar med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år.

Bilaga 2. Årsmedeltemperatur (°C). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 3. Vintermedeltemperatur (december-februari) (°C). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 4. Vårmedeltemperatur (mars-maj) (°C). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 5. Sommarmedeltemperatur (juni-augusti) (°C). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 6. Höstmedeltemperatur (september-november) (°C). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 7. Högsta dygnsmedeltemperatur (°C). Observerade värden 1961-1990. Beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 8. Antal sammanhängande dygn med dygnsmedeltemperatur > 20°C. Observerade värden 1961-1990. Beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 9. Vegetationsperiodens längd (antal dagar). Observerade värden 1961-1990. Beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 10. Vegetationsperiodens starttidpunkt (dagnummer). Observerade värden 1961-1990. Beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 11. Vegetationsperiodens sluttidpunkt (dagnummer). Observerade värden 1961-1990. Beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 12. Värmebehov (graddagar). Observerade värden 1961-1990. Beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 13. Kylbehov (graddagar). Observerade värden 1961-1990. Beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 14. Årsmedelnederbörd (mm). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 15. Vintermedelnederbörd (december-februari) (mm). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. Differensen uttrycks som procent.

Bilaga 16. Vårmedelnederbörd (mars-maj) (mm). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. Differensen uttrycks som procent.

Bilaga 17. Sommarmedelnederbörd (juni-augusti) (mm). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. Differensen uttrycks som procent.

Bilaga 18. Höstmedelnederbörd (september-november) (mm). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. Differensen uttrycks som procent.

Bilaga 19. Antal dygn med > 10 mm nederbörd (dygn). Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010. Beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 20. Största 1-dygnsnederbörd. Observerade värden 1961-1990. Beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 21. Största 7-dygnsnederbörd. Observerade värden 1961-1990. Beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 22. Förändring av extremnederbörd. Procentuell förändring förvaraktigheterna 30 minuter, 1 timme, 2 timmar, 3 timmar, 6 timmar, 12 timmar och 24 timmar för återkomsttiderna 1,5,10,20 och 30 år.

Bilaga 23. Antal sammanhängande dygn med nederbörd < 1mm/dygn (antal dygn). Observerade värden 1961-1990. Beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 24. Förändring av 100-årstillrinning enligt 16 klimatscenarier (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen för referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 senaste åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat för perioden 2021-2050 jämfört med värdet för 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

Bilaga 1 kommenteras i kapitel 3.2.3; Bilaga 2-6 kommenteras i kap.5.1.1; Bilaga 7-8 kommenteras i kap.5.1.2; Bilaga 9-11 kommenteras i kap. 5.1.3; Bilagorna 12-13 kommenteras i kap. 5.1.4; Bilagorna 14-18 kommenteras i kap. 5.2.1; Bilaga 19-21 kommenteras i kap. 5.2.2; Bilaga 22 kommenteras i kap. 5.2.3; Bilaga 23 kommenteras i kap. 5.2.4 och Bilaga 23 kommenteras i kap. 5.3.3.

Bilaga 1– Extrem nederbörd

Tabell 2. Nederbördsmängder (mm) med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år för de tio utnyttjade meteorologiska stationerna för **varaktigheten 30 minuter**.

Varaktighet: 30 minuter	Återkomsttid (år)					
Station	1	2	5	10	20	30
Börtnan	7.0	9.3	12.3	14.6	16.8	18.1
Dravagen	7.5	9.4	11.9	13.8	15.7	16.8
Föllinge	6.8	9.9	14.0	17.1	20.1	22.0
Gubbhögen	7.8	10.1	13.2	15.5	17.8	19.2
Hallhåxåsen	9.8	13.9	19.3	23.4	27.5	29.9
Hunge	10.6	12.6	15.3	17.3	19.3	20.5
Klövsjöhöjden	9.0	12.9	18.2	22.1	26.1	28.4
Korsvattnet	8.9	13.1	18.5	22.7	26.8	29.2
Krångede	9.7	17.1	26.8	34.2	41.6	45.9
Tännäs	7.9	10.8	14.7	17.7	20.6	22.3

Tabell 3. Nederbördsmängder (mm) med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år för de tio utnyttjade meteorologiska stationerna för **varaktigheten 1 timme**.

Varaktighet: 1 timme	Återkomsttid (år)					
Station	1	2	5	10	20	30
Börtnan	9.0	11.1	14.0	16.1	18.3	19.6
Dravagen	10.8	12.4	14.6	16.2	17.8	18.7
Föllinge	8.2	10.2	12.8	14.8	16.7	17.9
Gubbhögen	9.7	12.3	15.8	18.4	21.1	22.6
Hallhåxåsen	11.9	16.5	22.6	27.2	31.8	34.4
Hunge	12.4	14.8	17.9	20.2	22.6	24.0
Klövsjöhöjden	11.5	15.7	21.3	25.6	29.8	32.3
Korsvattnet	11.3	16.9	24.2	29.7	35.3	38.5
Krångede	12.6	20.3	30.4	38.1	45.7	50.2
Tännäs	10.0	13.5	18.1	21.6	25.1	27.2

Tabell 4. Nederbördsmängder (mm) med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år för de tio utnyttjade meteorologiska stationerna för **varaktigheten 2 timmar**.

Varaktighet: 2 timmar		Återkomsttid (år)				
Station	1	2	5	10	20	30
Börtnan	11.5	13.6	16.4	18.4	20.5	21.7
Dravagen	13.5	15.8	18.9	21.2	23.5	24.9
Föllinge	10.9	13.4	16.8	19.4	22.0	23.5
Gubbhögen	12.2	15.7	20.4	23.9	27.5	29.5
Hallhååsen	15.3	20.8	28.0	33.5	39.0	42.2
Hunge	14.7	17.0	20.0	22.3	24.6	26.0
Klövsjöhöjden	14.2	18.2	23.6	27.7	31.8	34.2
Korsvattnet	14.0	19.9	27.6	33.5	39.4	42.8
Krångede	16.8	23.7	32.8	39.6	46.5	50.5
Tännäs	12.1	16.2	21.5	25.6	29.6	32.0

Tabell 5. Nederbördsmängder (mm) med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år för de tio utnyttjade meteorologiska stationerna för **varaktigheten 6 timmar**.

Varaktighet: 6 timmar		Återkomsttid (år)				
Station	1	2	5	10	20	30
Börtnan	17.3	20.4	24.5	27.6	30.7	32.5
Dravagen	21.5	25.8	31.4	35.7	39.9	42.4
Föllinge	17.1	20.4	24.8	28.1	31.5	33.4
Gubbhögen	18.3	27.0	38.4	47.1	55.8	60.8
Hallhååsen	22.3	27.7	34.9	40.3	45.8	48.9
Hunge	20.3	23.5	27.7	30.9	34.1	36.0
Klövsjöhöjden	23.1	27.0	32.1	36.0	39.9	42.2
Korsvattnet	21.3	27.4	35.6	41.8	47.9	51.5
Krångede	24.7	32.3	42.3	49.8	57.4	61.8
Tännäs	17.9	22.3	28.2	32.6	37.0	39.6

Tabell 6. Nederbörds mängder (mm) med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år för de tio utnyttjade meteorologiska stationerna för **varaktigheten 12 timmar**.

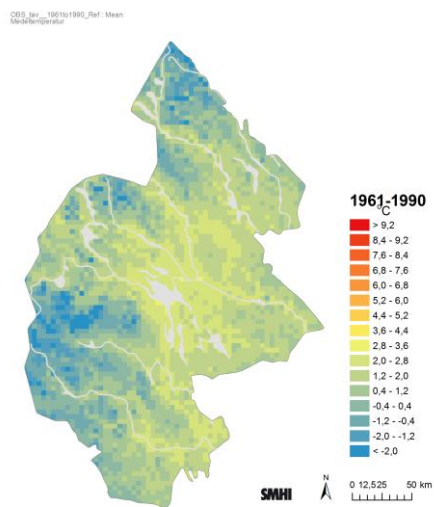
Varaktighet: 12 timmar		Återkomsttid (år)				
Station	1	2	5	10	20	30
Börtnan	21.3	26.2	32.6	37.5	42.4	45.2
Dravagen	28.2	33.8	41.3	46.9	52.6	55.9
Föllinge	23.6	28.7	35.5	40.6	45.8	48.8
Gubbhögen	24.0	35.2	49.9	61.0	72.1	78.7
Hallhååsen	28.8	35.6	44.5	51.3	58.0	62.0
Hunge	24.5	29.5	36.1	41.1	46.0	49.0
Klövsjöhöjden	29.1	33.3	39.0	43.2	47.4	49.9
Korsvattnet	26.8	33.1	41.3	47.5	53.7	57.3
Krångede	29.3	36.7	46.6	54.0	61.5	65.8
Tännäs	23.3	28.5	35.3	40.4	45.5	48.5

Tabell 7. Nederbörds mängder (mm) med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år för de tio utnyttjade meteorologiska stationerna för **varaktigheten 24 timmar**.

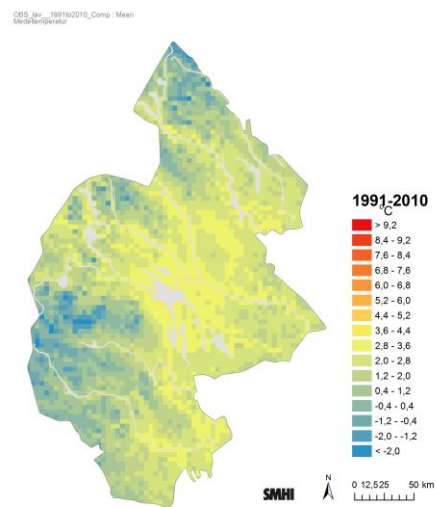
Varaktighet: 24 timmar		Återkomsttid (år)				
Station	1	2	5	10	20	30
Börtnan	28.2	33.6	40.6	45.9	51.2	54.3
Dravagen	37.3	44.5	54.0	61.3	68.5	72.7
Föllinge	28.3	36.2	46.6	54.5	62.4	67.0
Gubbhögen	29.6	43.3	61.3	74.9	88.6	96.6
Hallhååsen	33.1	42.7	55.5	65.1	74.7	80.3
Hunge	30.1	36.6	45.2	51.7	58.2	62.0
Klövsjöhöjden	38.4	43.9	51.1	56.6	62.1	65.3
Korsvattnet	33.7	39.1	46.3	51.7	57.1	60.3
Krångede	34.1	44.1	57.3	67.4	77.4	83.2
Tännäs	29.3	35.1	42.7	48.5	54.2	57.6

Bilaga 2 – Årsmedeltemperatur (se kap. 5.1.1)

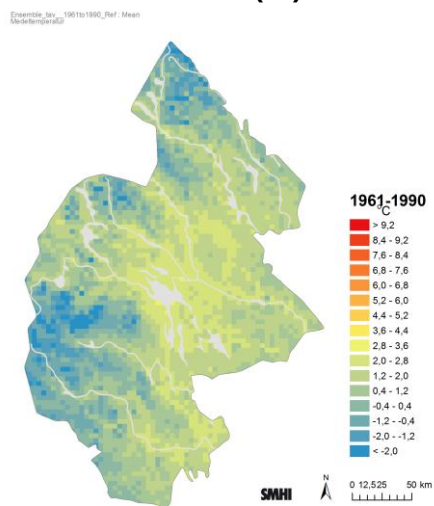
Observerat 1961-1990 (°C)



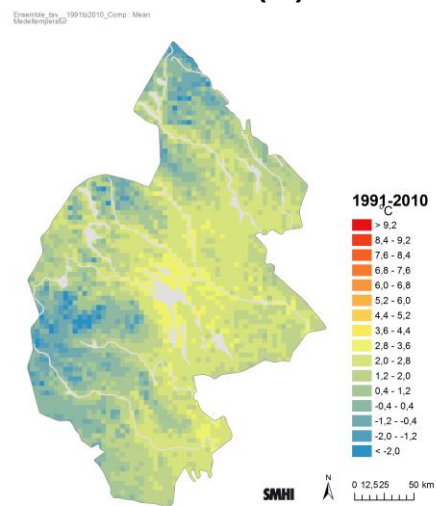
Observerat 1991-2010 (°C)



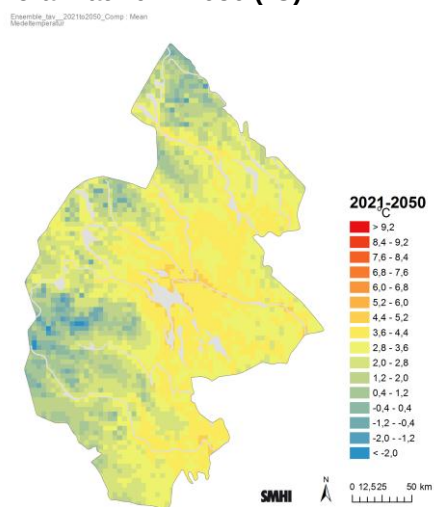
Beräknat 1961-1990 (°C)



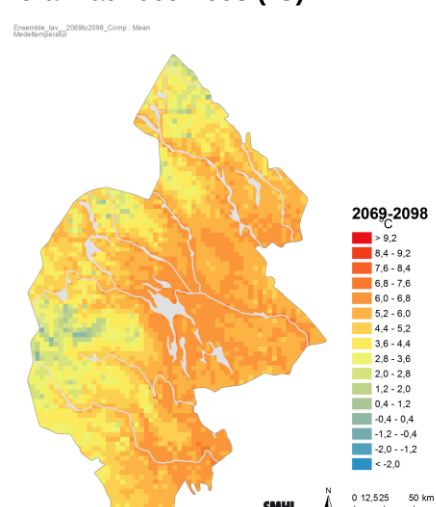
Beräknat 1991-2010 (°C)



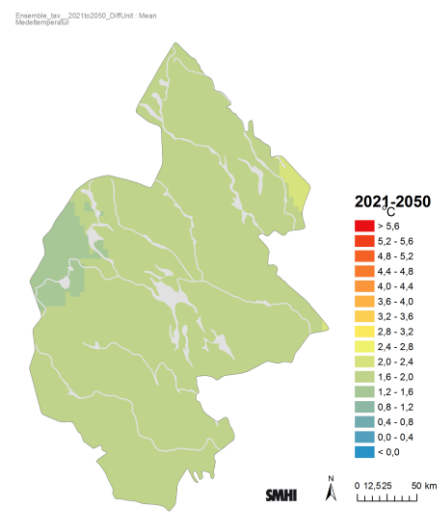
Beräknat 2021-2050 (°C)



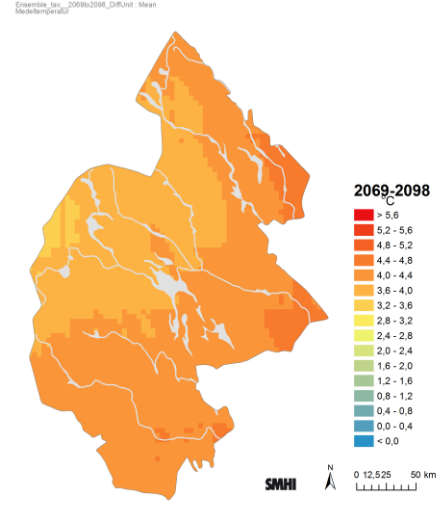
Beräknat 2069-2098 (°C)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



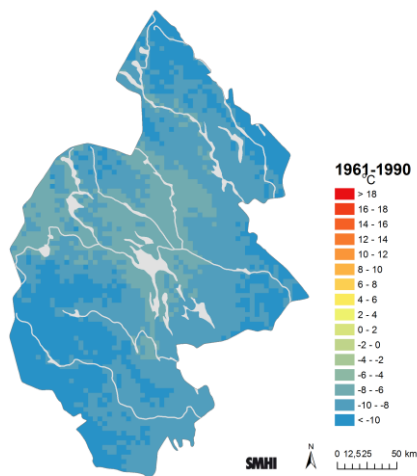
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



Bilaga 3 – Vintermedeltemperatur (december-februari) (se kap. 5.1.1)

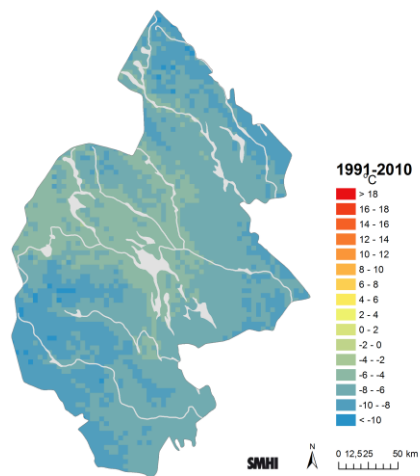
Observerat 1961-1990 (°C)

OBS_tav_DUF_1961to1990_Ref_Mean
Medeltemperatur



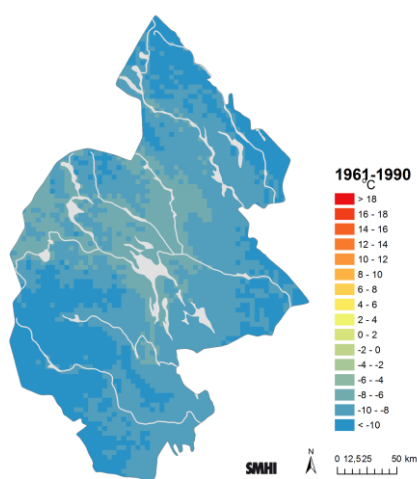
Observerat 1991-2010 (°C)

OBS_tav_DUF_1991to2010_Comp_Mean
Medeltemperatur



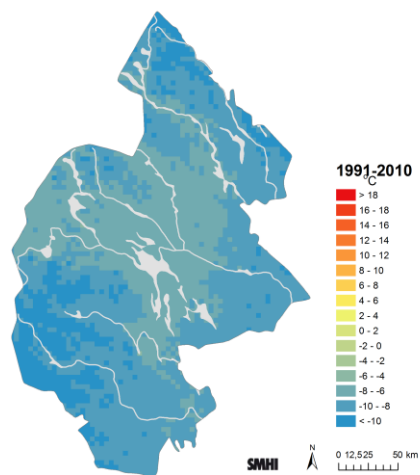
Beräknat 1961-1990 (°C)

Ensemble_tav_DUF_1961to1990_Ref_Mean
Medeltemperatur



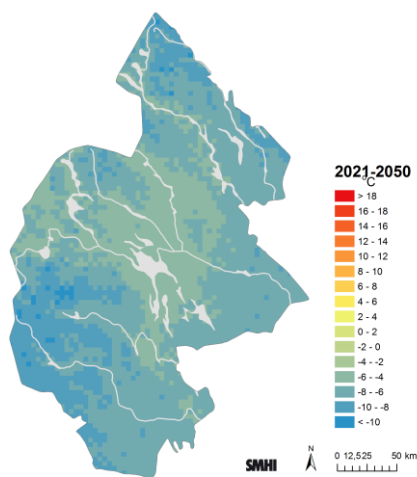
Beräknat 1991-2010 (°C)

Ensemble_tav_DUF_1991to2010_Comp_Mean
Medeltemperatur



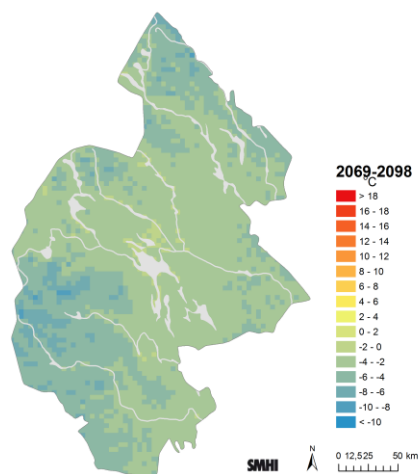
Beräknat 2021-2050 (°C)

Ensemble_tav_DUF_2021to2050_Comp_Mean
Medeltemperatur

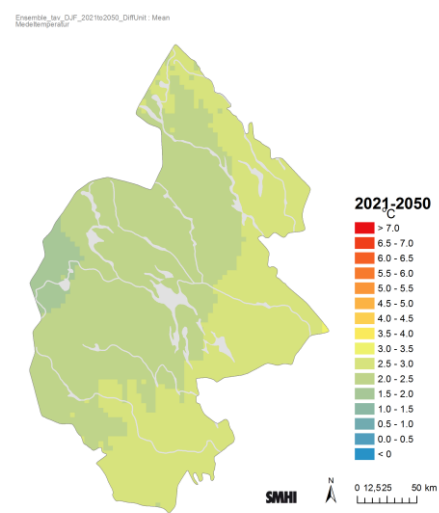


Beräknat 2069-2098 (°C)

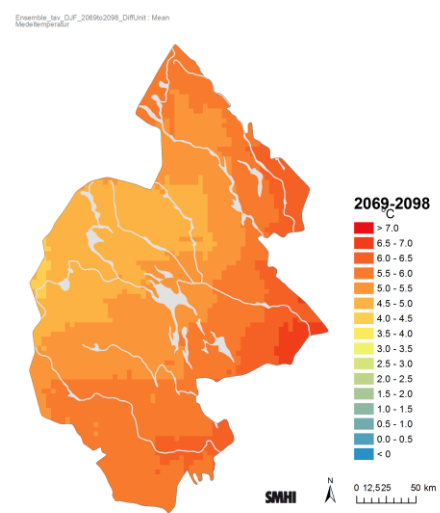
Ensemble_tav_DUF_2069to2098_Comp_Mean
Medeltemperatur



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



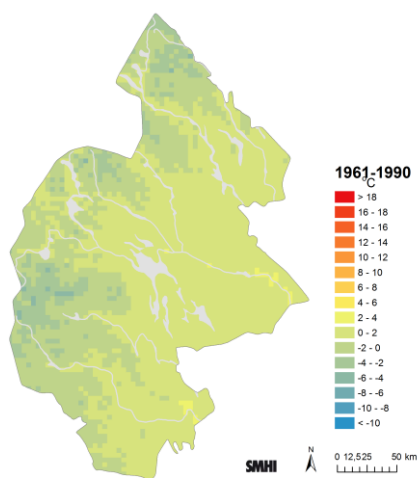
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



Bilaga 4 – Vårmedeltemperatur (mars-maj) (se kap. 5.1.1)

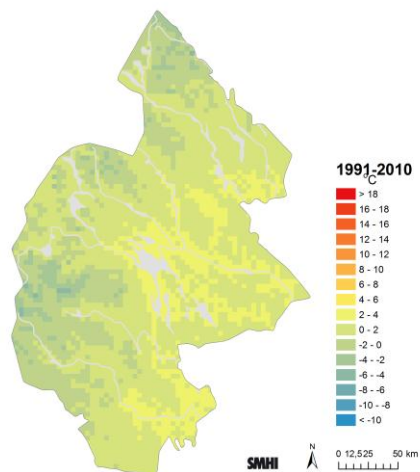
Observerat 1961-1990 (°C)

Obs. Jan. MAM_1961to1990_Ref. Mean
Medeltemperatur



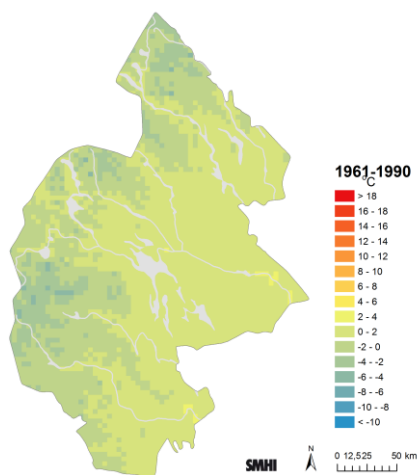
Observerat 1991-2010 (°C)

Obs. Jan. MAM_1991to2010_Comp. Mean
Medeltemperatur



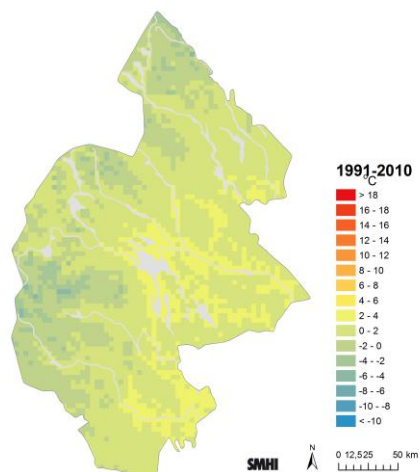
Beräknat 1961-1990 (°C)

Ensemble Jan. MAM_1961to1990_Ref. Mean
Medeltemperatur



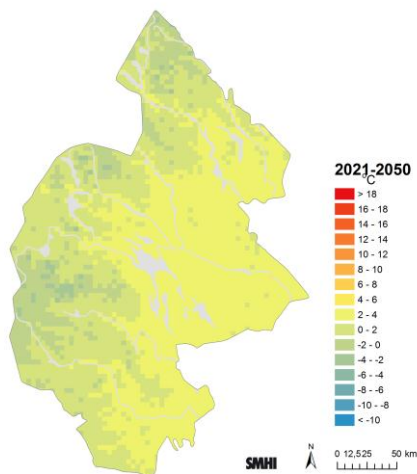
Beräknat 1991-2010 (°C)

Ensemble Jan. MAM_1991to2010_Comp. Mean
Medeltemperatur



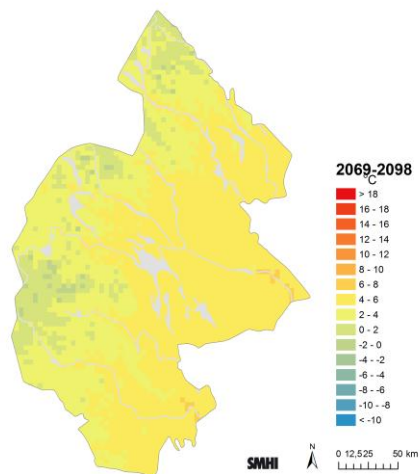
Beräknat 2021-2050 (°C)

Ensemble Jan. MAM_2021to2050_Comp. Mean
Medeltemperatur

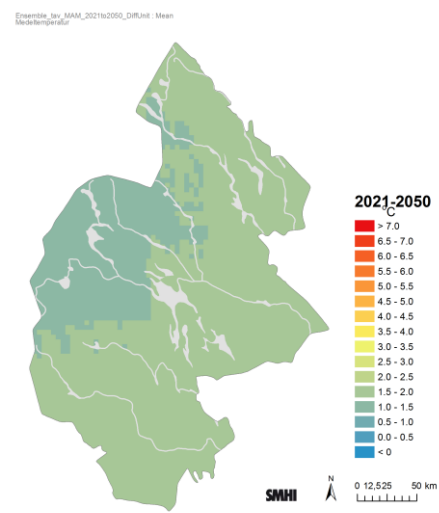


Beräknat 2069-2098 (°C)

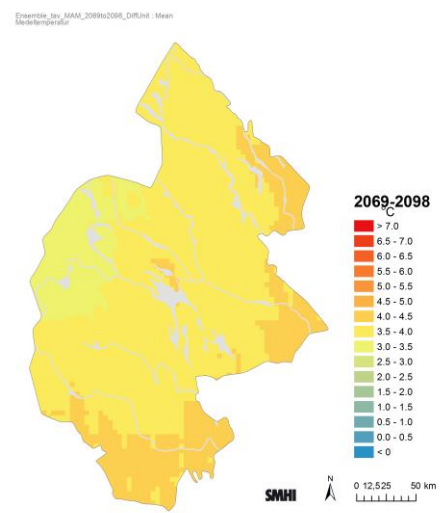
Ensemble Jan. MAM_2069to2098_Comp. Mean
Medeltemperatur



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



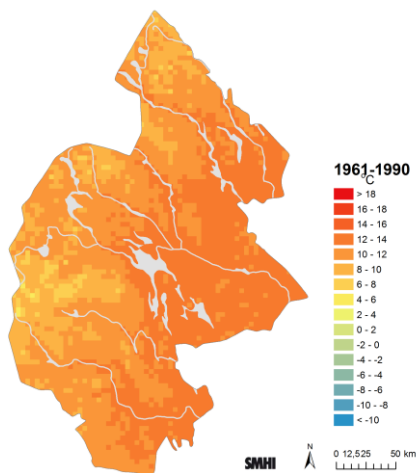
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



Bilaga 5 – Sommarmedeltemperatur (juni-augusti) (se kap. 5.1.1)

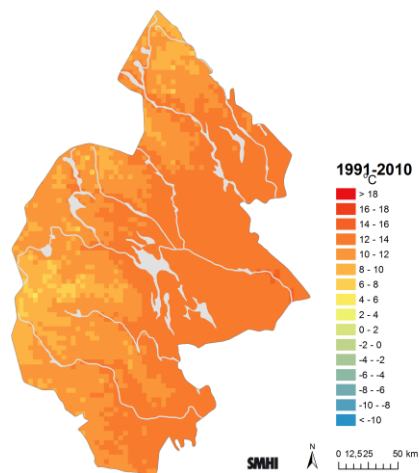
Observerat 1961-1990 (°C)

OBS_tav_JJA_1961to1990_Ref_Mean
Medeltemperatur



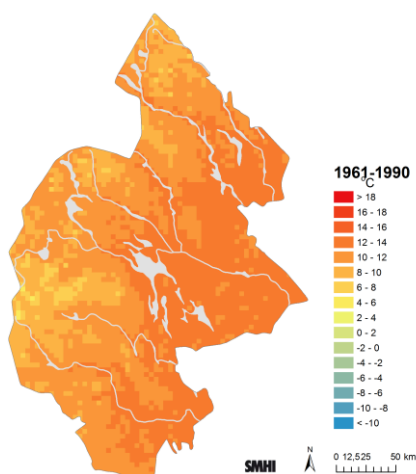
Observerat 1991-2010 (°C)

OBS_tav_JJA_1991to2010_Comp_Mean
Medeltemperatur



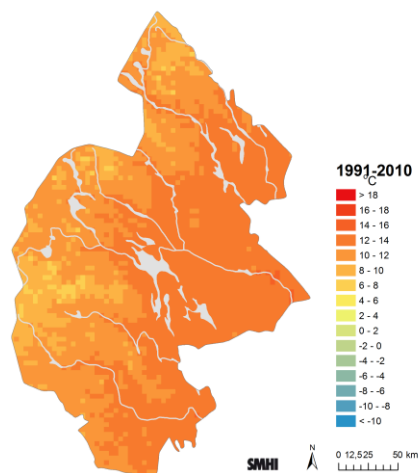
Beräknat 1961-1990 (°C)

Ensemble_tav_JJA_1961to1990_Ref_Mean
Medeltemperatur



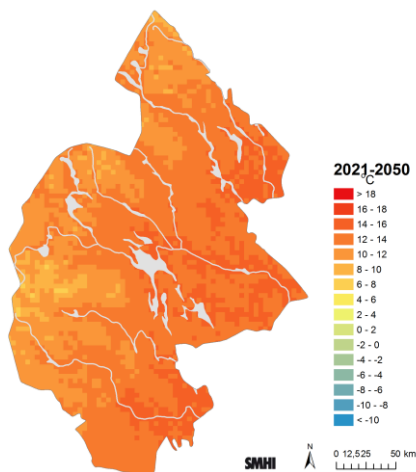
Beräknat 1991-2010 (°C)

Ensemble_tav_JJA_1991to2010_Comp_Mean
Medeltemperatur



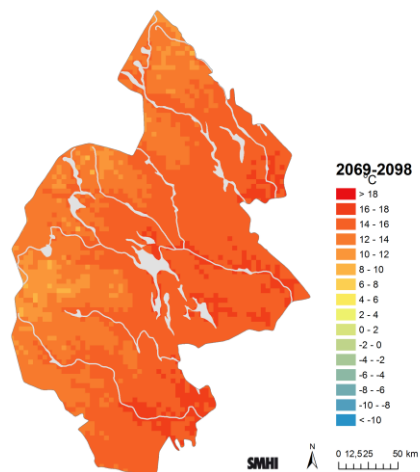
Beräknat 2021-2050 (°C)

Ensemble_tav_JJA_2021to2050_Comp_Mean
Medeltemperatur

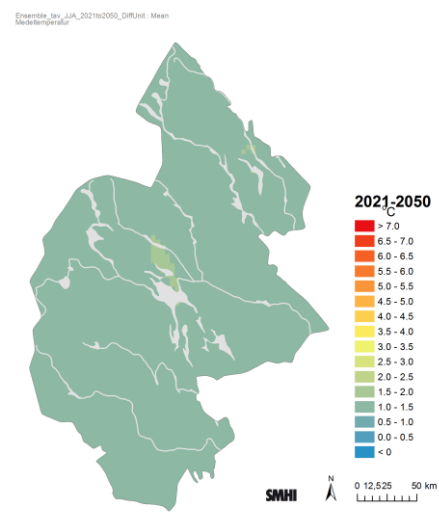


Beräknat 2069-2098 (°C)

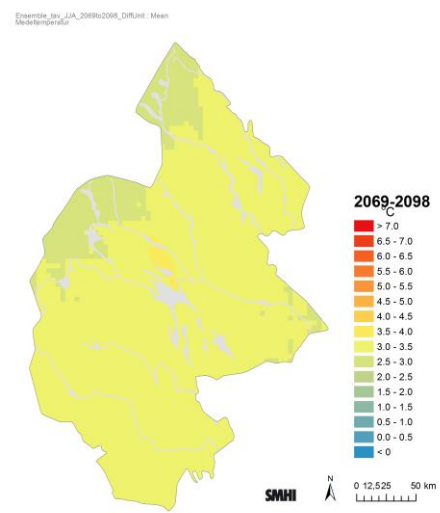
Ensemble_tav_JJA_2069to2098_Comp_Mean
Medeltemperatur



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)

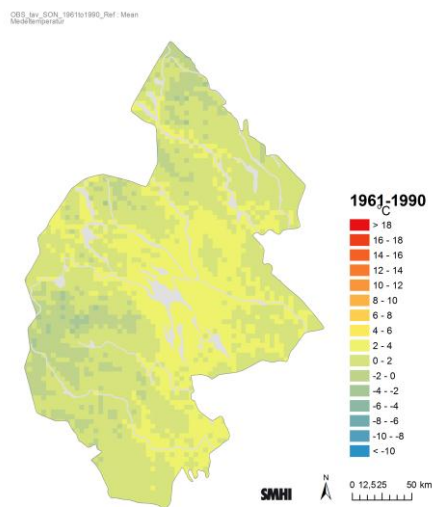


Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)

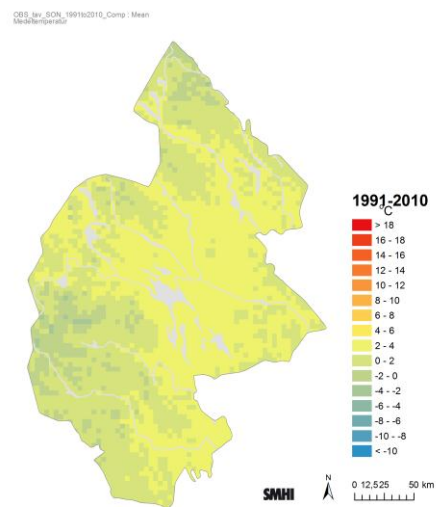


Bilaga 6 – Höstmedeltemperatur (september-november) (se kap. 5.1.1)

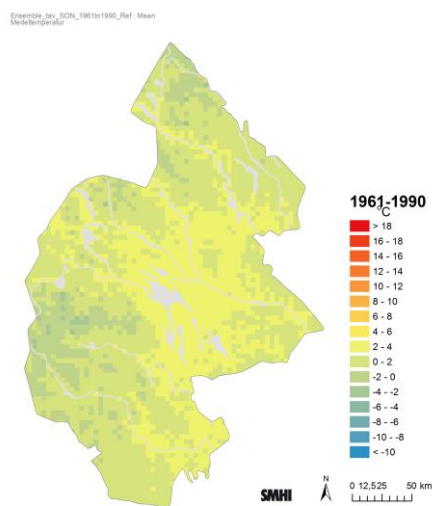
Observerat 1961-1990 (°C)



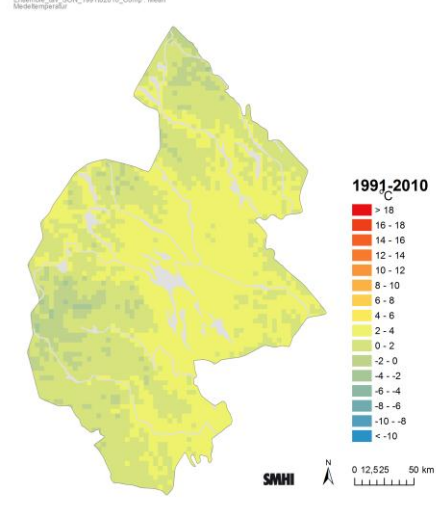
Observerat 1991-2010 (°C)



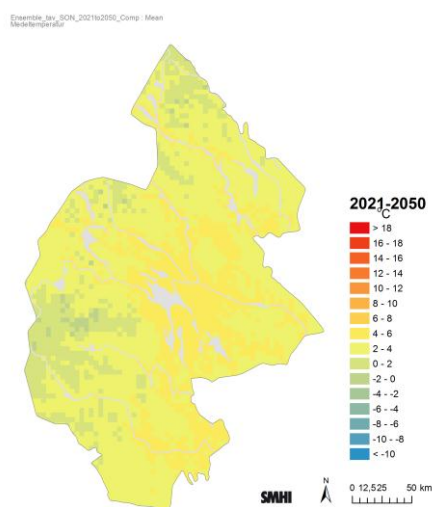
Beräknat 1961-1990 (°C)



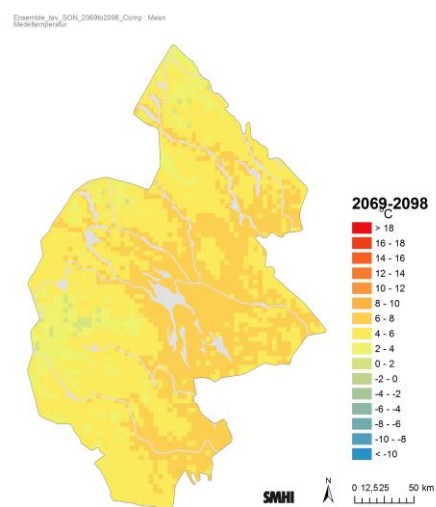
Beräknat 1991-2010 (°C)



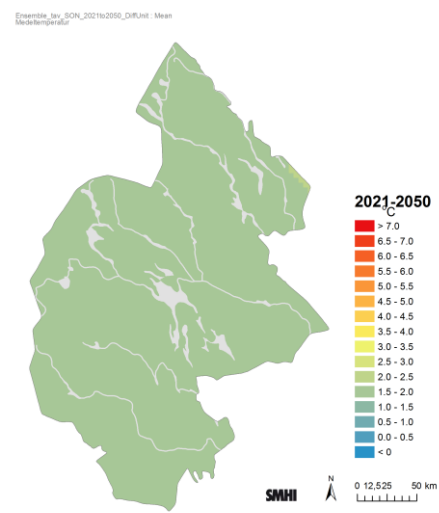
Beräknat 2021-2050 (°C)



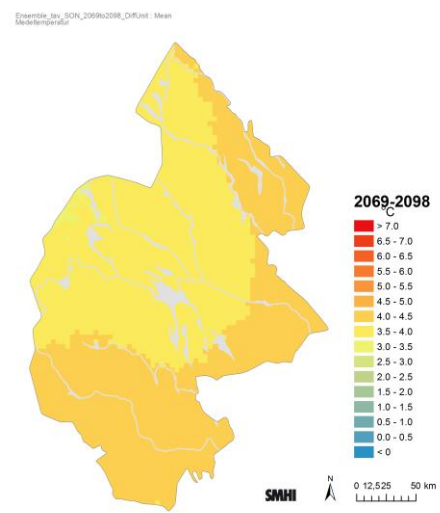
Beräknat 2069-2098 (°C)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



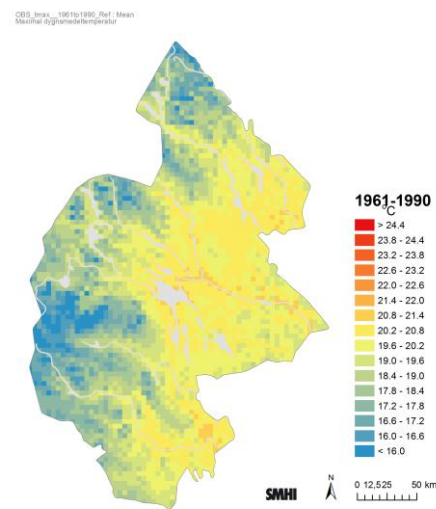
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



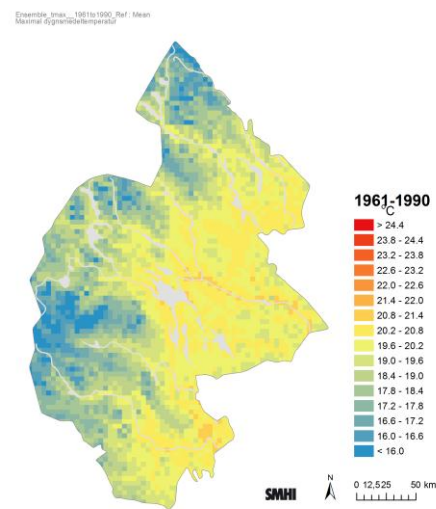
Bilaga 7 – Maxtemperatur: Högsta dygnsmedeltemperatur
kap. 5.1.2)

(se

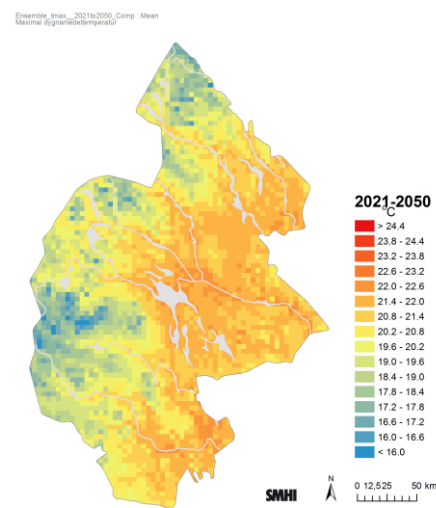
Observerat 1961-1990 (antal dygn)



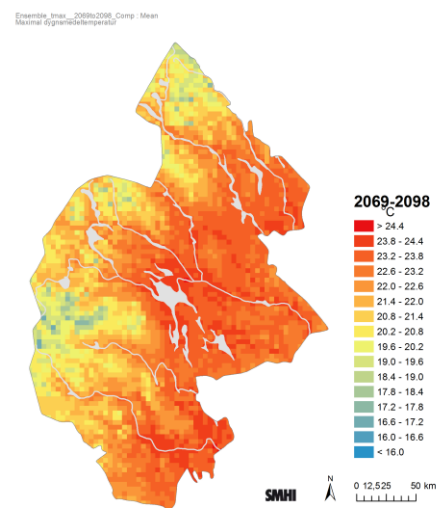
Beräknat 1961-1990 (antal dygn)



Beräknat 2021-2050 (antal dygn)



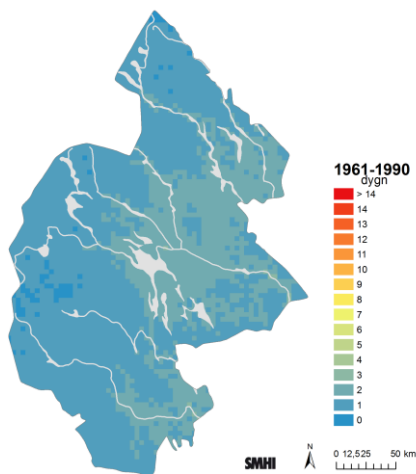
Beräknat 2069-2098 (antal dygn)



Bilaga 8 – Antal sammanhängande dygn med dygnsmedeltemperatur över 20 °C (se kap. 5.1.2)

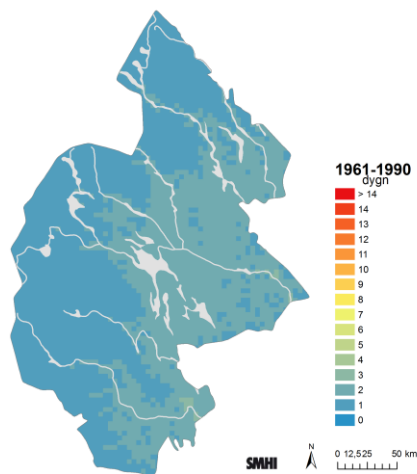
Observerat 1961-1990 (antal dygn)

OSD_k1961_1961to1990_Ref_Mean
Värmeinnehåll längd* bredd* höjd (20°C)



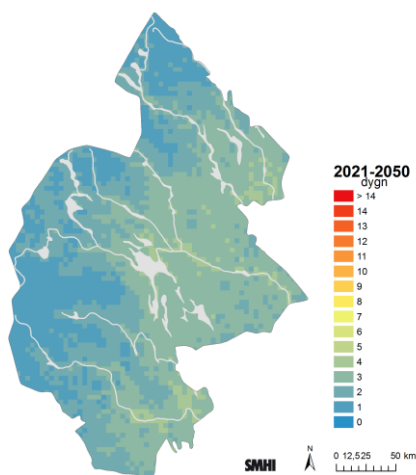
Beräknat 1961-1990 (antal dygn)

Ensemble_k1961_1961to1990_Ref_Mean
Värmeinnehåll längd* bredd* höjd (20°C)



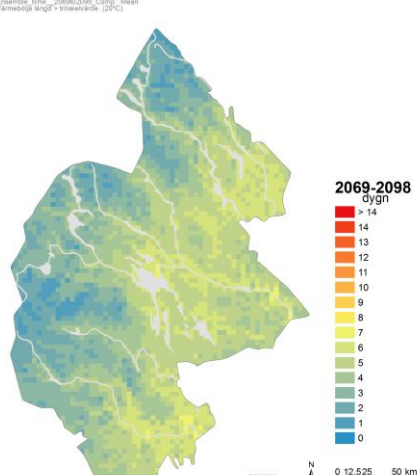
Beräknat 2021-2050 (antal dygn)

Ensemble_k1961_2021to2050_Comp_Mean
Värmeinnehåll längd* bredd* höjd (20°C)



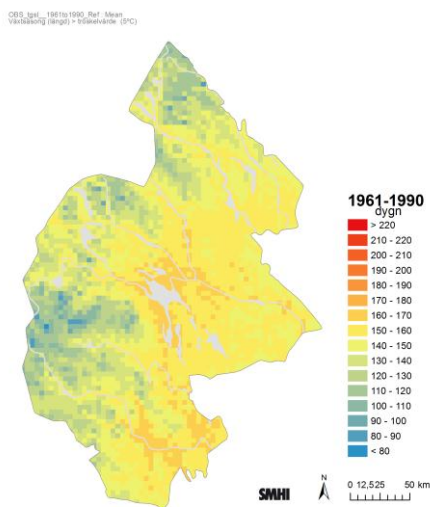
Beräknat 2069-2098 (antal dygn)

Ensemble_k1961_2069to2098_Comp_Mean
Värmeinnehåll längd* bredd* höjd (20°C)

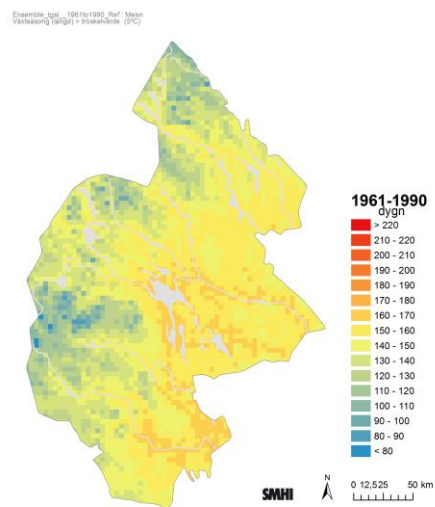


Bilaga 9 – Vegetationsperiodens längd, tröskelvärde 5 °C (se kap. 5.1.3)

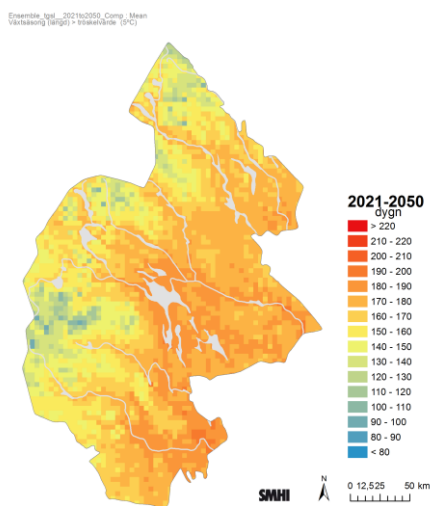
Observerat 1961-1990 (antal dygn)



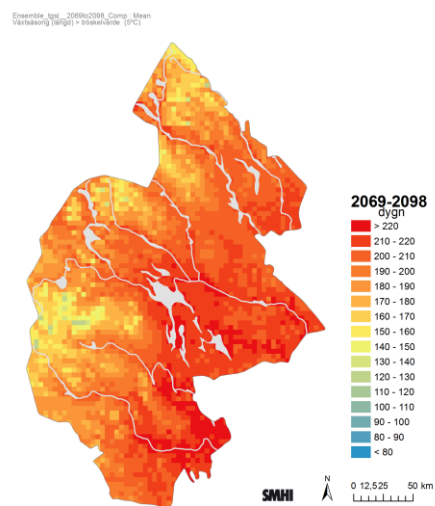
Beräknat 1961-1990 (antal dygn)



Beräknat 2021-2050 (antal dygn)



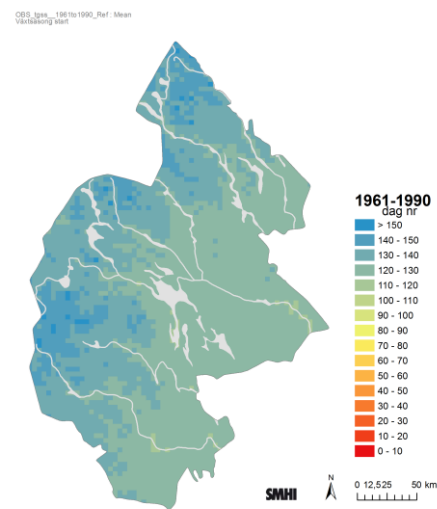
Beräknat 2069-2098 (antal dygn)



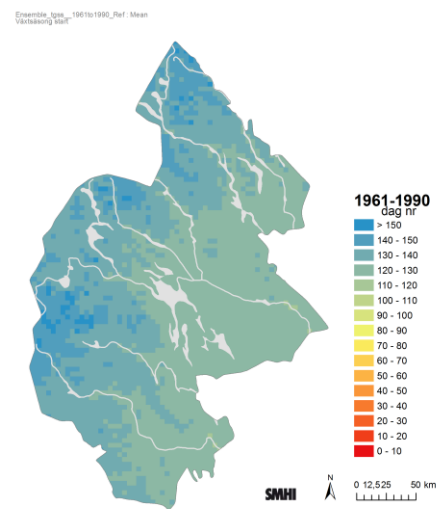
Bilaga 10 – Vegetationsperiodens start

(se kap. 5.1.3)

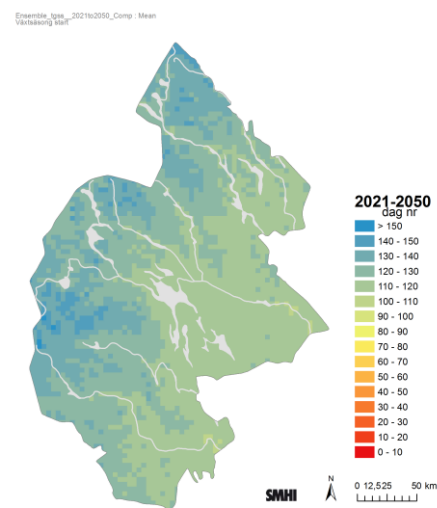
Observerat 1961-1990 (dagnummer)



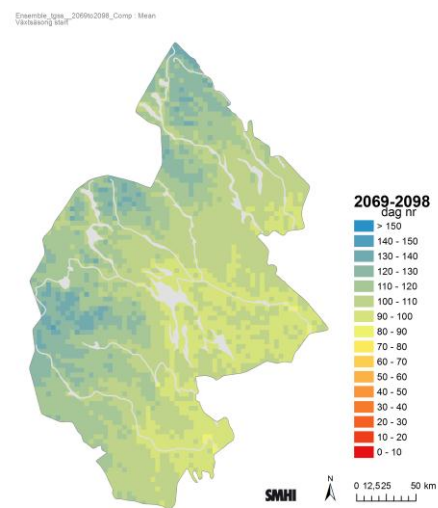
Beräknat 1961-1990 (dagnummer)



Beräknat 2021-2050 (dagnummer)

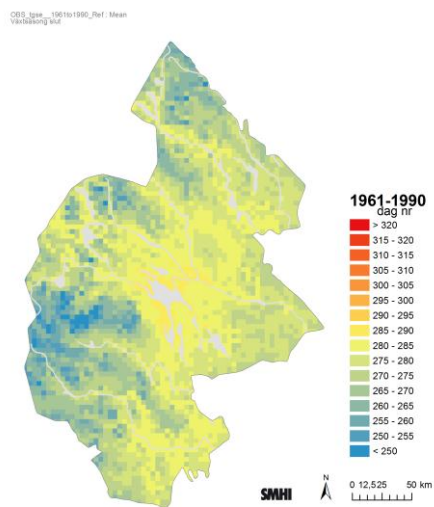


Beräknat 2069-2098 (dagnummer)

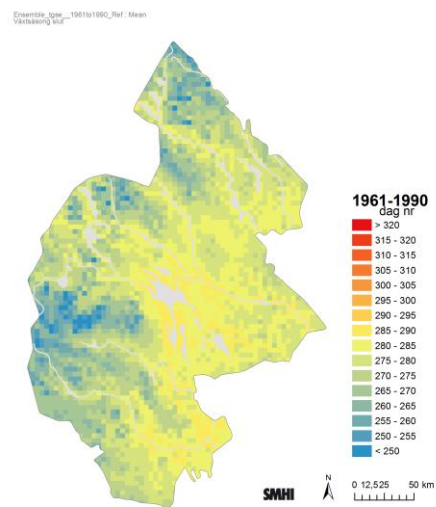


Bilaga 11 – Vegetationsperiodens slut (se kap. 5.1.3)

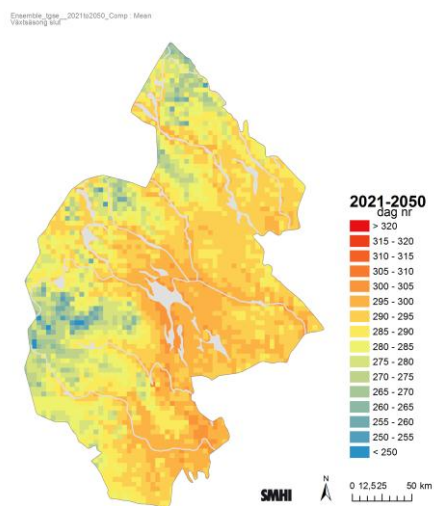
Observerat 1961-1990 (dagnummer)



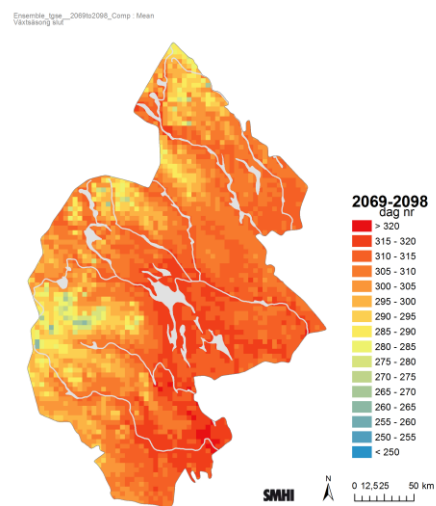
Beräknat 1961-1990 (dagnummer)



Beräknat 2021-2050 (dagnummer)



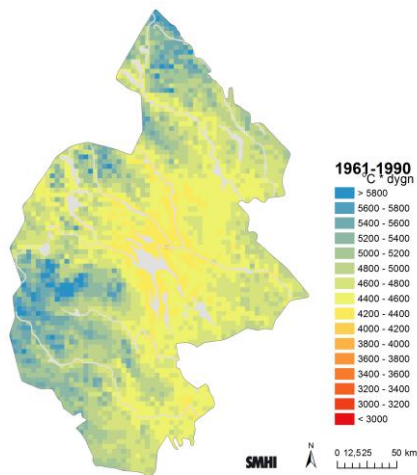
Beräknat 2069-2098 (dagnummer)



Bilaga 12 – Värmebehov (se kap. 5.1.4)

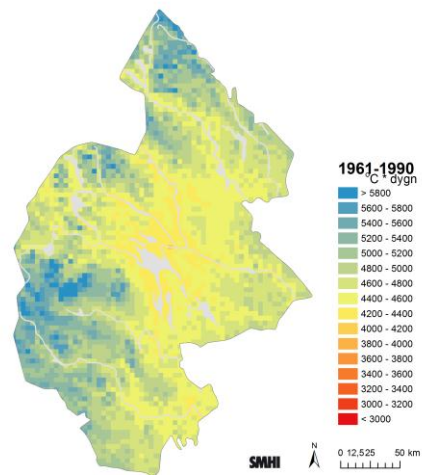
Observerat 1961-1990 (graddagar)

Obs_klud_1961to1990_Ref_Mean
Uppvärmning graddagar + biskrävande (refer 17°C)



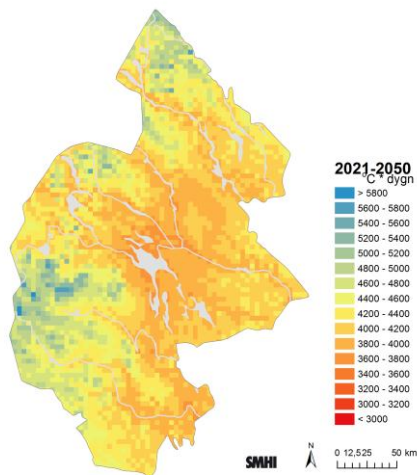
Beräknat 1961-1990 (graddagar)

Ensamla_klud_1961to1990_Ref_Mean
Uppvärmning graddagar + biskrävande (refer 17°C)



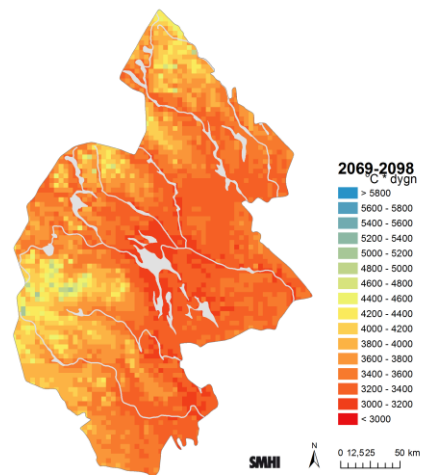
Beräknat 2021-2050 (graddagar)

Ensamla_klud_2021to2050_Comp_Mean
Uppvärmning graddagar + biskrävande (refer 17°C)



Beräknat 2069-2098 (graddagar)

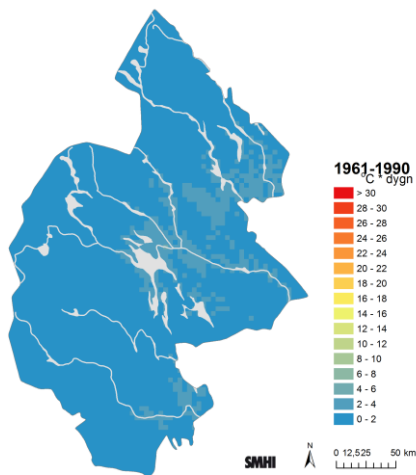
Ensamla_klud_2069to2098_Comp_Mean
Uppvärmning graddagar + biskrävande (refer 17°C)



Bilaga 13 – Kylbehov (se kap. 5.1.4)

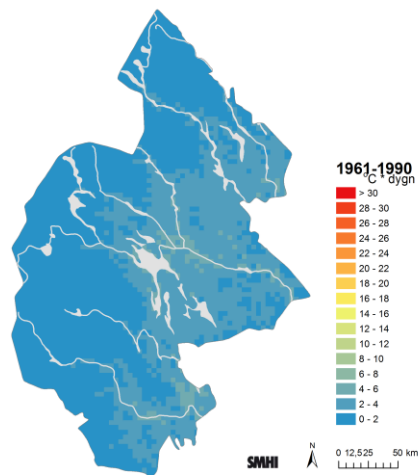
Observerat 1961-1990 (graddagar)

OBS_tid_1961to1990_Ref_Mean
Kyla graddagar > basenivå (20°C)



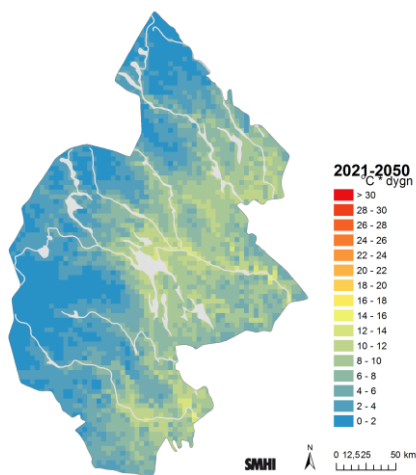
Beräknat 1961-1990 (graddagar)

Ensemble_tid_1961to1990_Ref_Mean
Kyla graddagar > basenivå (20°C)



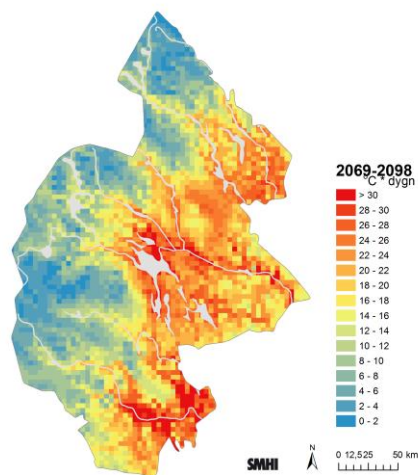
Beräknat 2021-2050 (graddagar)

Ensemble_tid_2021to2050_Comp_Mean
Kyla graddagar > basenivå (20°C)



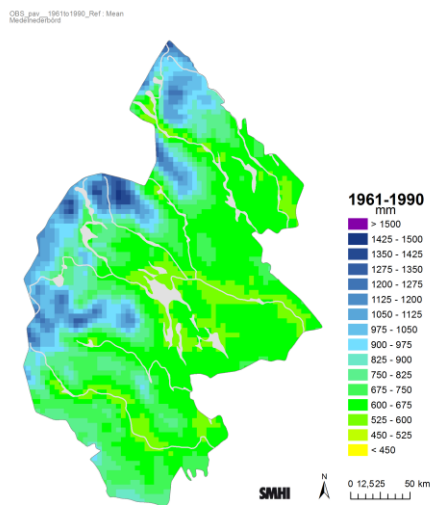
Beräknat 2069-2098 (graddagar)

Ensemble_tid_2069to2098_Comp_Mean
Kyla graddagar > basenivå (20°C)

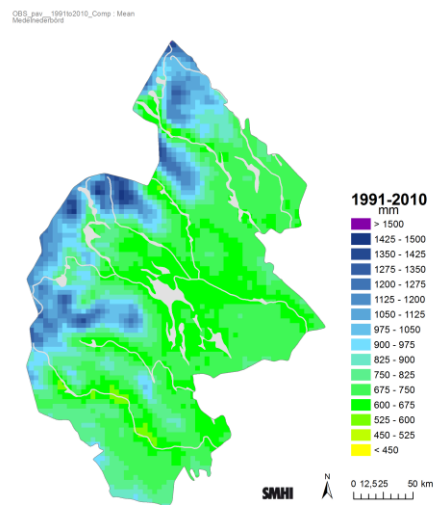


Bilaga 14 – Årsmedelnederbörd (se kap. 5.2.1)

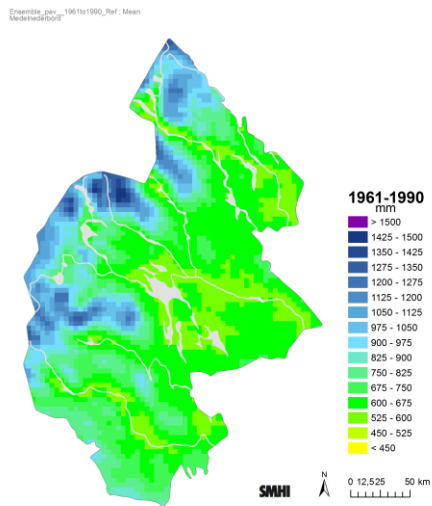
Observerat 1961-1990 (mm/år)



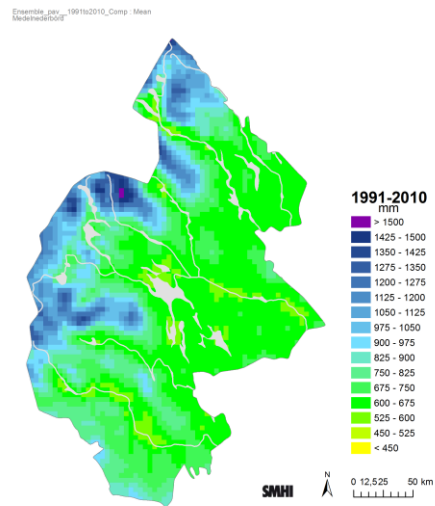
Observerat 1991-2010 (mm/år)



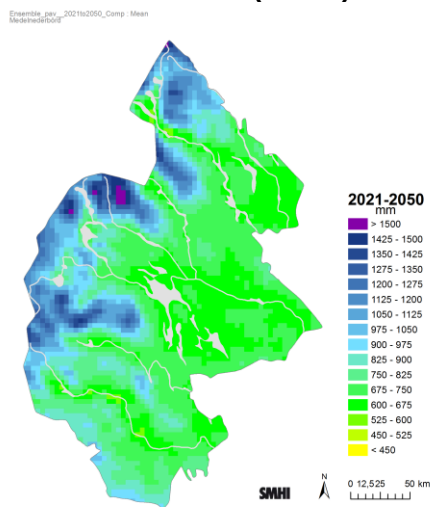
Beräknat 1961-1990 (mm/år)



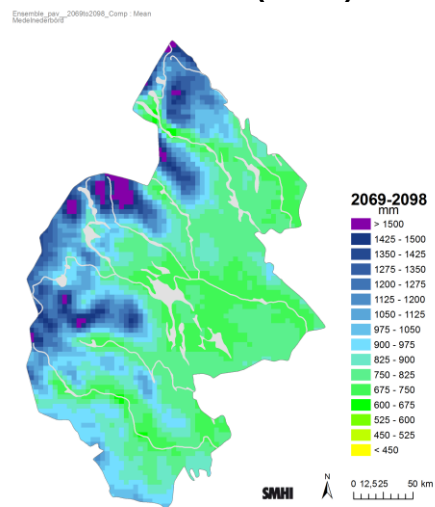
Beräknat 1991-2010 (mm/år)



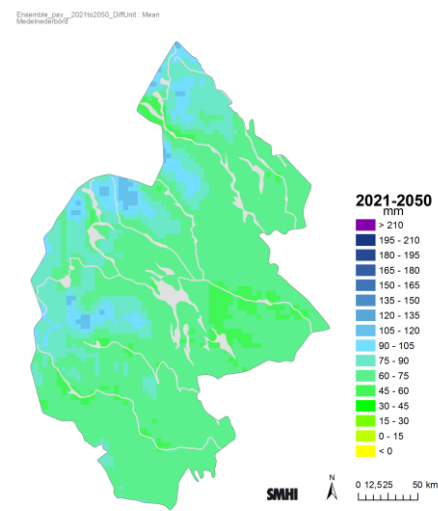
Beräknat 2021-2050 (mm/år)



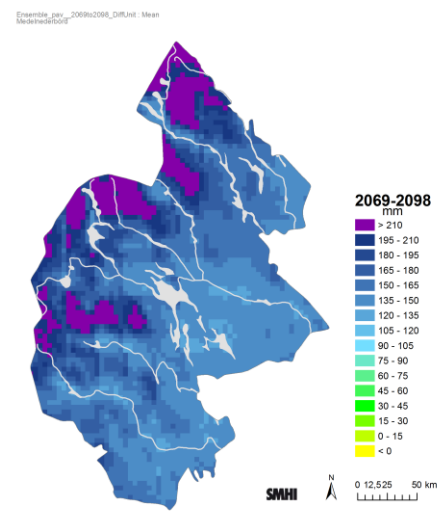
Beräknat 2069-2098 (mm/år)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (mm/år)



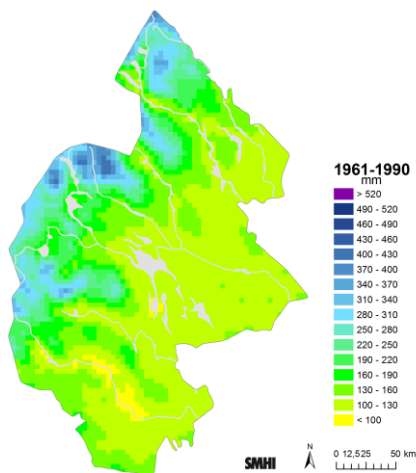
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (mm/år)



Bilaga 15 – Vintermedelnederbörd (december-februari) (se kap. 5.2.1)

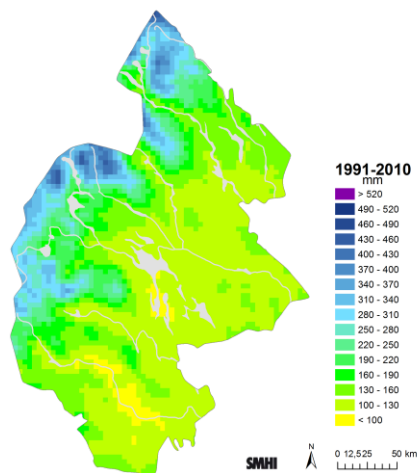
Observerat 1961-1990 (mm/säsong)

OBS_pav_DUF_1961to1990_Ref_Mean
Medelnederbörd



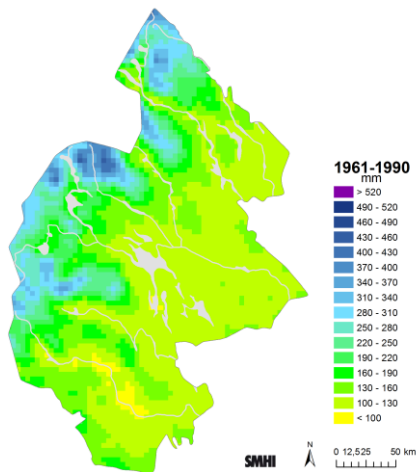
Observerat 1991-2010 (mm/säsong)

OBS_pav_DUF_1991to2010_Comp_Mean
Medelnederbörd



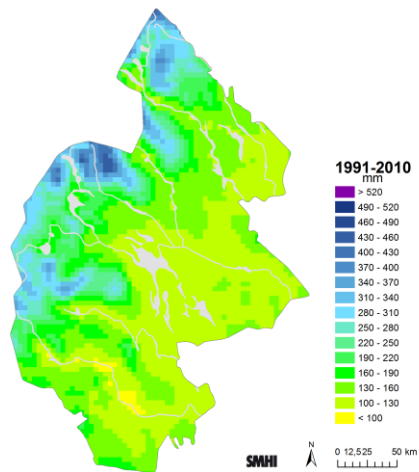
Beräknat 1961-1990 (mm/säsong)

Ensemble_pav_DUF_1961to1990_Ref_Mean
Medelnederbörd



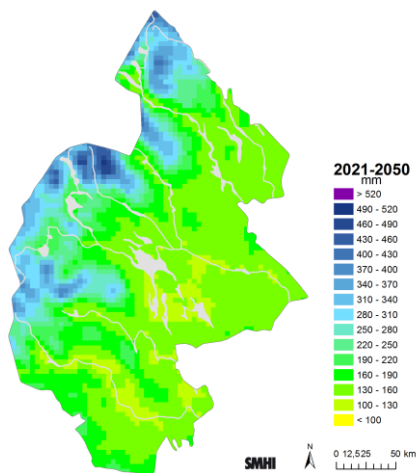
Beräknat 1991-2010 (mm/säsong)

Ensemble_pav_DUF_1991to2010_Comp_Mean
Medelnederbörd



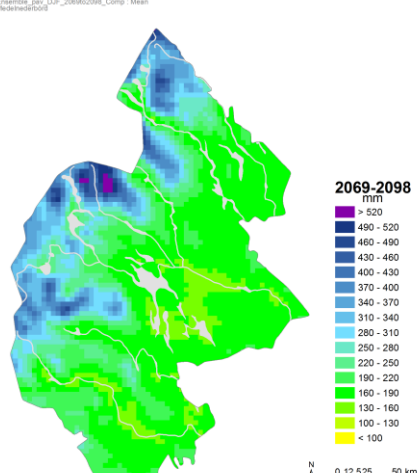
Beräknat 2021-2050 (mm/säsong)

Ensemble_pav_DUF_2021to2050_Comp_Mean
Medelnederbörd

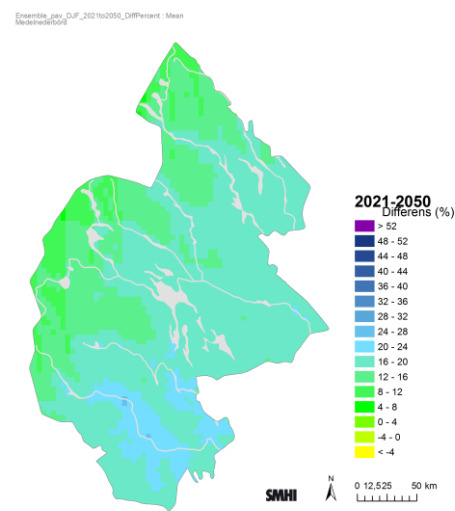


Beräknat 2069-2098 (mm/säsong)

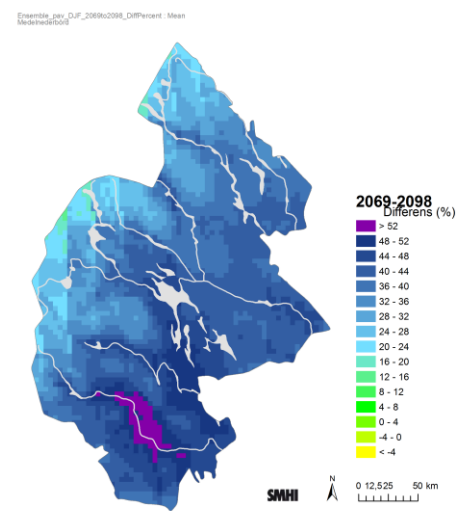
Ensemble_pav_DUF_2069to2098_Comp_Mean
Medelnederbörd



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (%)

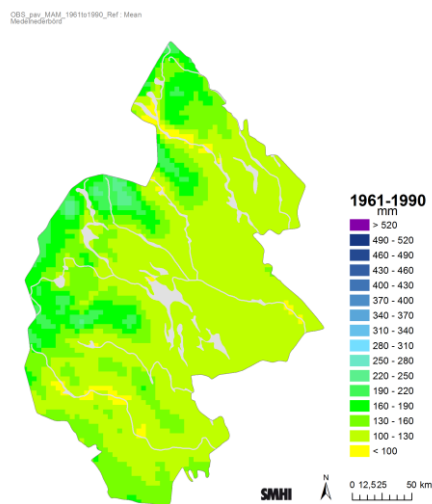


Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (%)

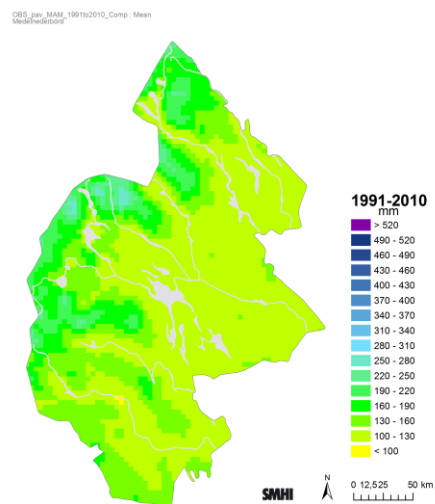


Bilaga 16 – Vårmedelnederbörd (mars-maj) (se kap. 5.2.1)

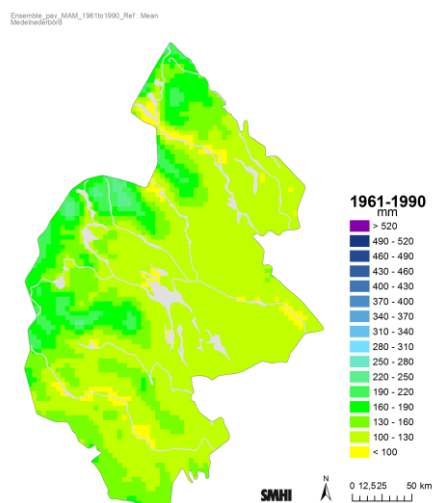
Observerat 1961-1990 (mm/säsong)



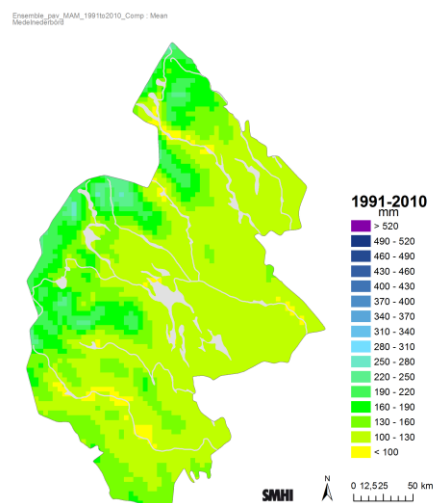
Observerat 1991-2010 (mm/säsong)



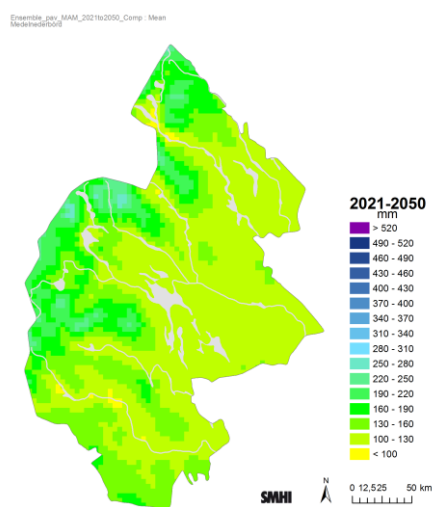
Beräknat 1961-1990 (mm/säsong)



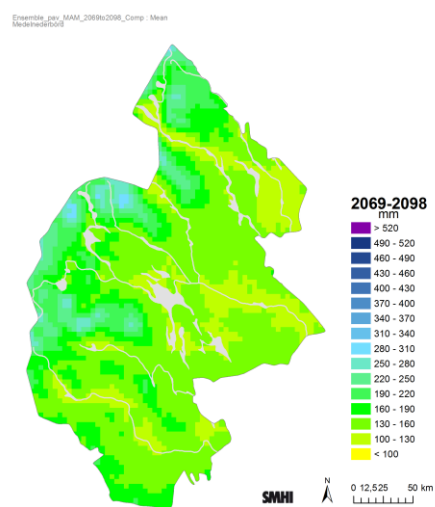
Beräknat 1991-2010 (mm/säsong)



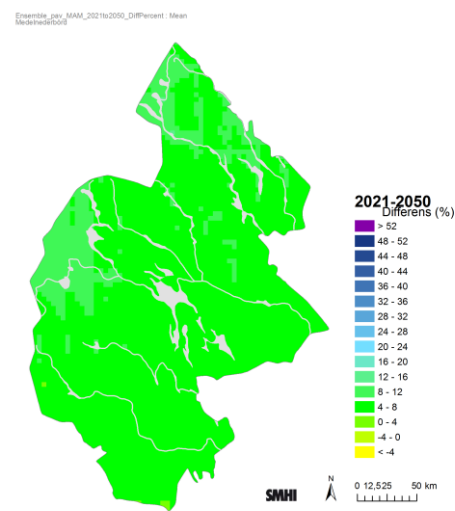
Beräknat 2021-2050 (mm/säsong)



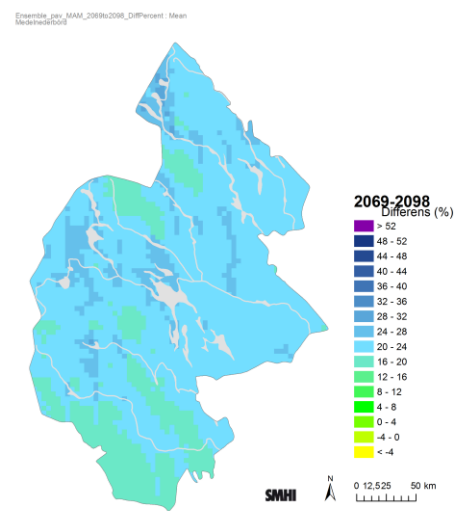
Beräknat 2069-2098 (mm/säsong)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (%)



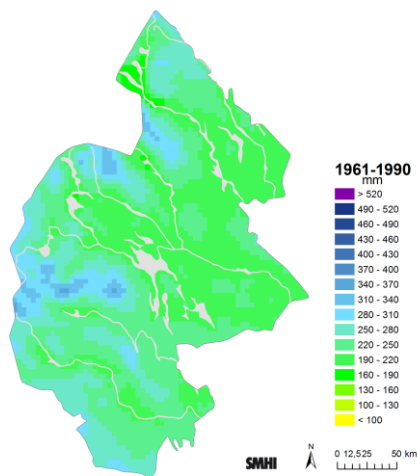
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (%)



Bilaga 17 – Somarmedelnederbörd (juni-augusti) (se kap. 5.2.1)

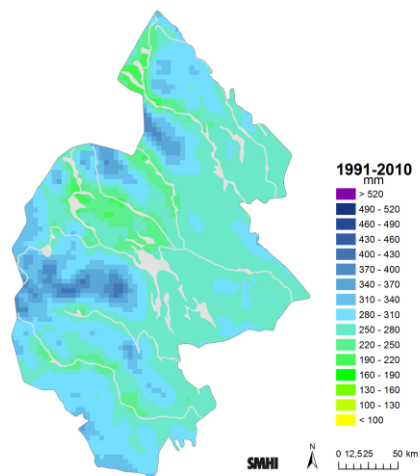
Observerat 1961-1990 (mm/säsong)

OBS_pov_JJA_1961to1990_Ref_Mean
Medelnederbörd



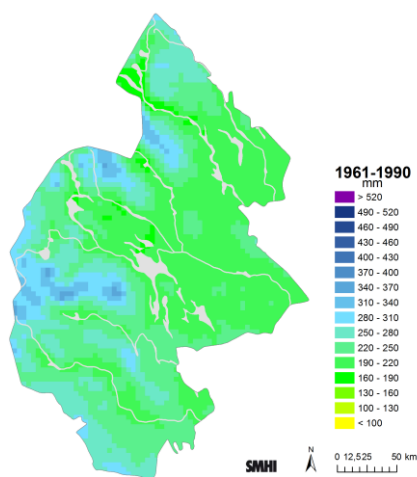
Observerat 1991-2010 (mm/säsong)

OBS_pov_JJA_1991to2010_Comp_Mean
Medelnederbörd



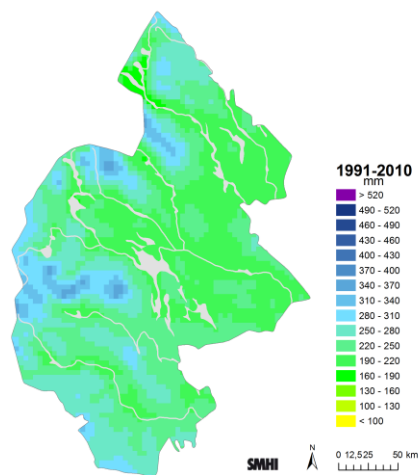
Beräknat 1961-1990 (mm/säsong)

Ensemble_pov_JJA_1961to1990_Ref_Mean
Medelnederbörd



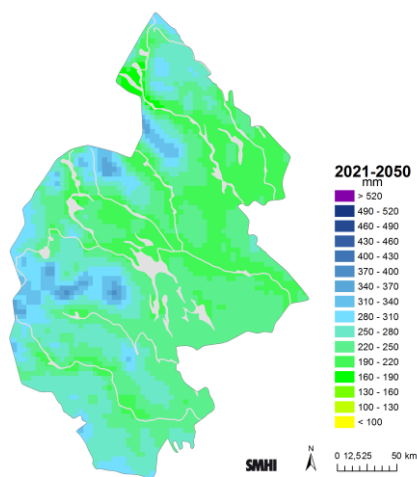
Beräknat 1991-2010 (mm/säsong)

Ensemble_pov_JJA_1991to2010_Comp_Mean
Medelnederbörd



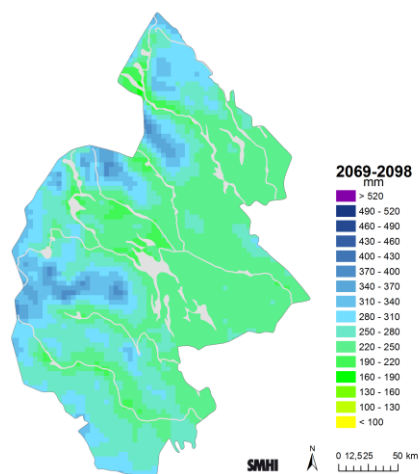
Beräknat 2021-2050 (mm/säsong)

Ensemble_pov_JJA_2021to2050_Comp_Mean
Medelnederbörd

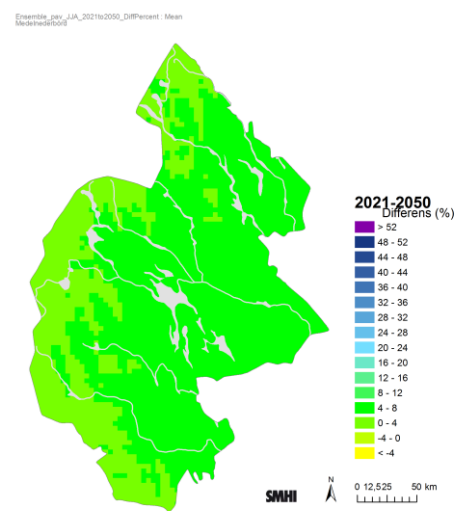


Beräknat 2069-2098 (mm/säsong)

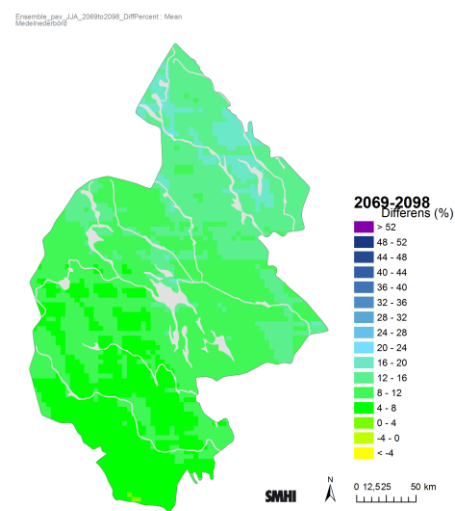
Ensemble_pov_JJA_2069to2098_Comp_Mean
Medelnederbörd



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (%)

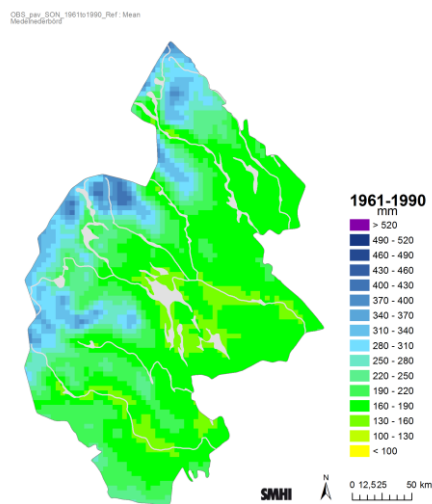


Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (%)

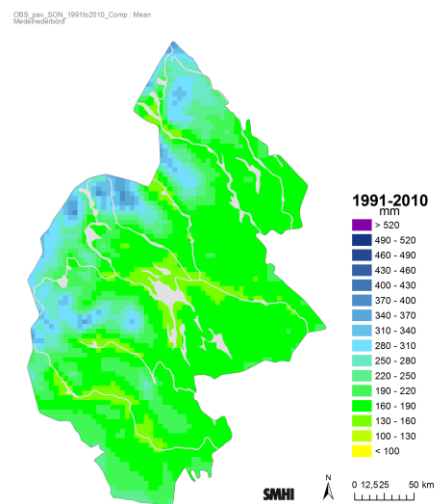


Bilaga 18 – Höstmedelnederbörd (september-november) (se kap. 5.2.1)

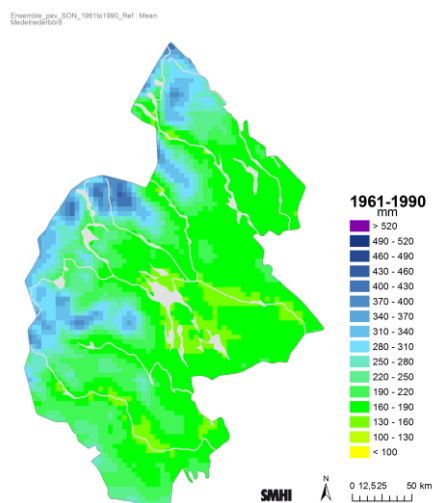
Observerat 1961-1990 (mm/säsong)



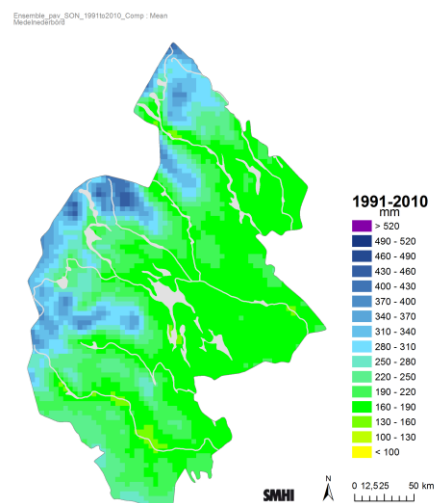
Observerat 1991-2010 (mm/säsong)



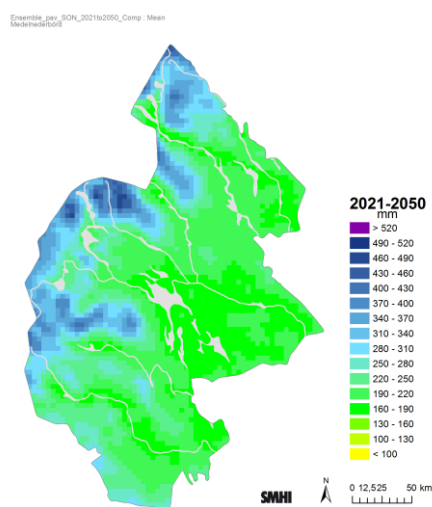
Beräknat 1961-1990 (mm/säsong)



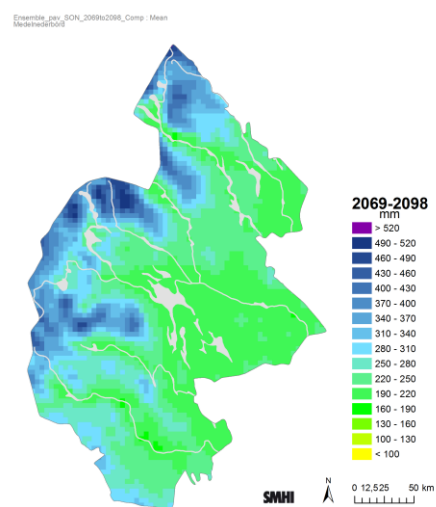
Beräknat 1991-2010 (mm/säsong)



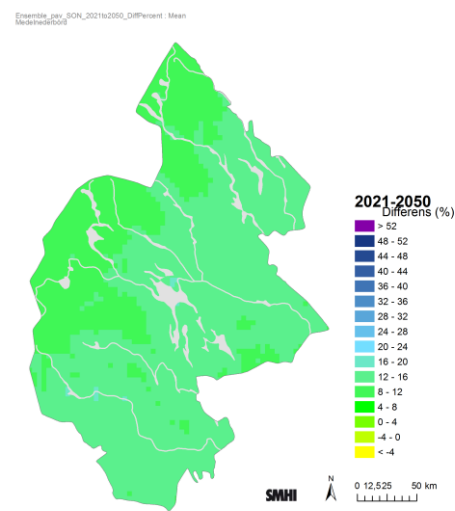
Beräknat 2021-2050 (mm/säsong)



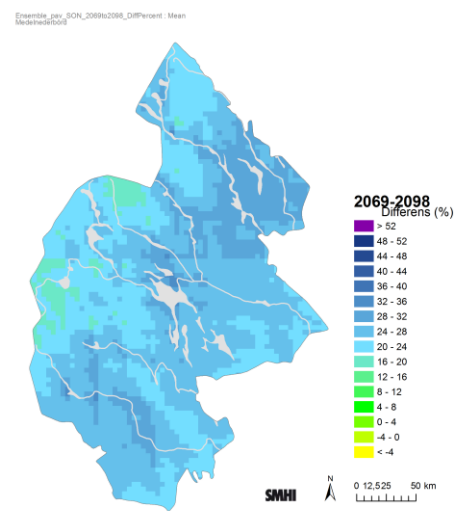
Beräknat 2069-2098 (mm/säsong)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (%)



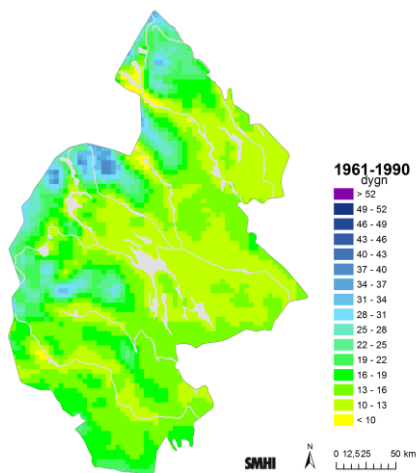
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (%)



Bilaga 19 – Antal dygn per år med nederbörd > 10 mm (se kap. 5.2.2)

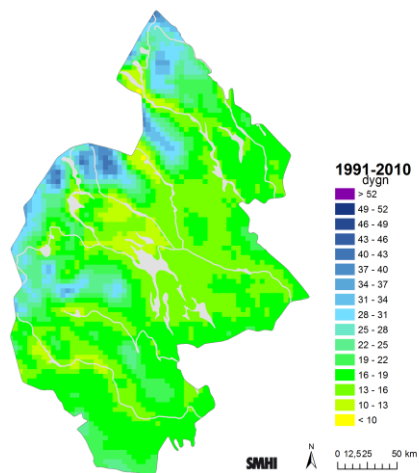
Observerat 1961-1990 (dygn)

OBS_gn10mm_1961to1990_Ref: Mean
Antal dagar med nederbörd > 10 mm



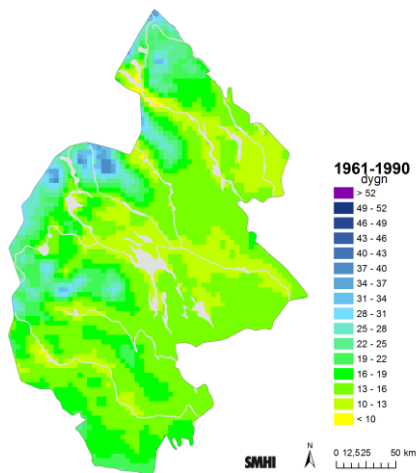
Observerat 1991-2010 (dygn)

OBS_gn10mm_1991to2010_Comp: Mean
Antal dagar med nederbörd > 10 mm



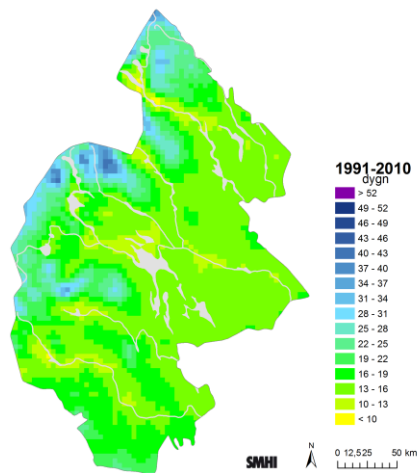
Beräknat 1961-1990 (dygn)

Exempel_gn10mm_1961to1990_Ref: Mean
Antal dagar med nederbörd > 10 mm



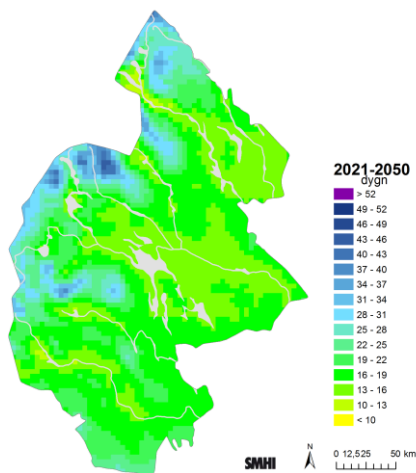
Beräknat 1991-2010 (dygn)

Exempel_gn10mm_1991to2010_Comp: Mean
Antal dagar med nederbörd > 10 mm



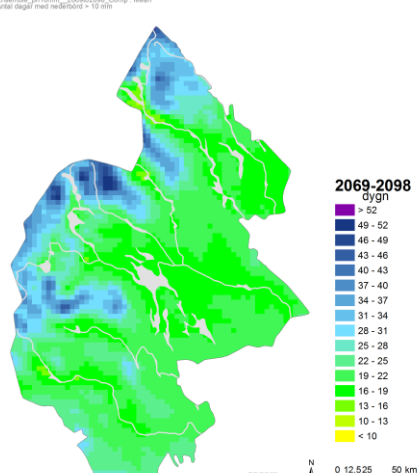
Beräknat 2021-2050 (dygn)

Exempel_gn10mm_2021to2050_Comp: Mean
Antal dagar med nederbörd > 10 mm



Beräknat 2069-2098 (dygn)

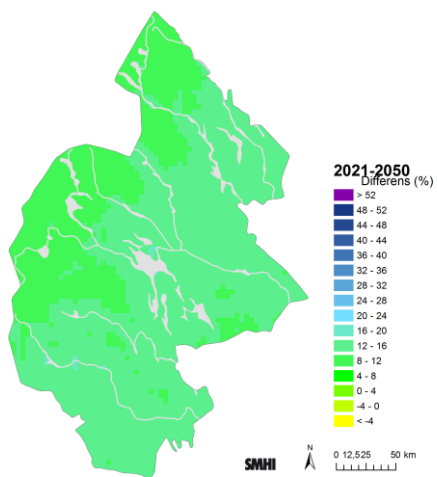
Exempel_gn10mm_2069to2098_Comp: Mean
Antal dagar med nederbörd > 10 mm



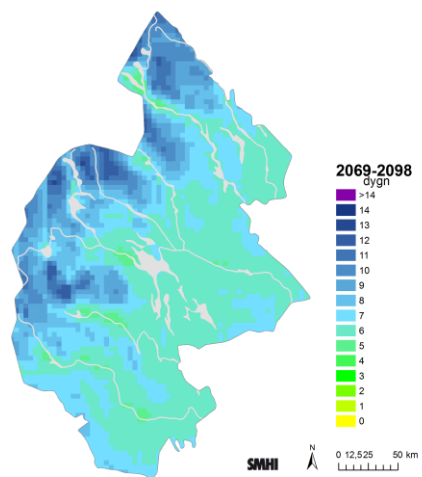
Differens 2021-2050 vs 1961-1990 (dygn)

Differens 2069-2098 vs 1961-1990 (dygn)

Ensemble_posi_SON_2021to2050_DiffMean: Mean
Medelvärde för



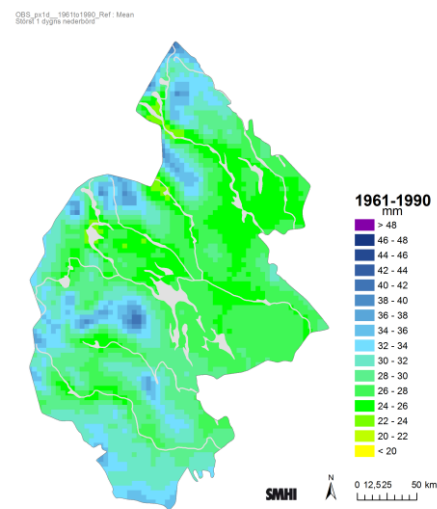
Ensemble_posi10mm_2069to2098_DiffInt: Mean
Antal dagar med nederbörd > 10 mm



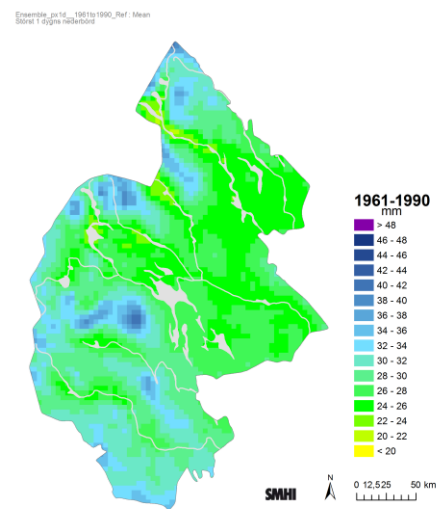
Bilaga 20 – Största 1-dygnsnederbörd
kap. 5.2.2)

(se

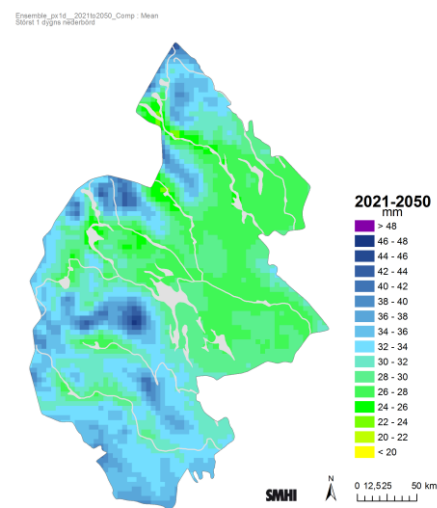
Observerat 1961-1990 (mm)



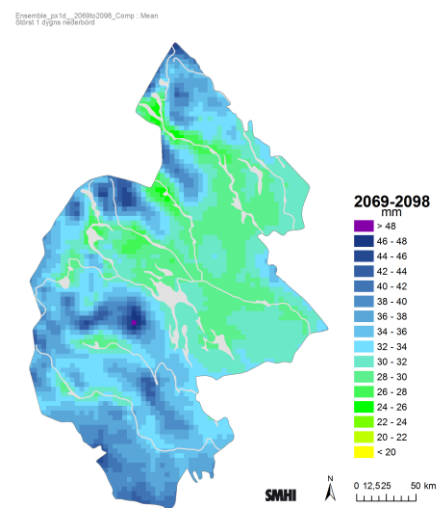
Beräknat 1961-1990 (mm)



Beräknat 2021-2050 (mm)



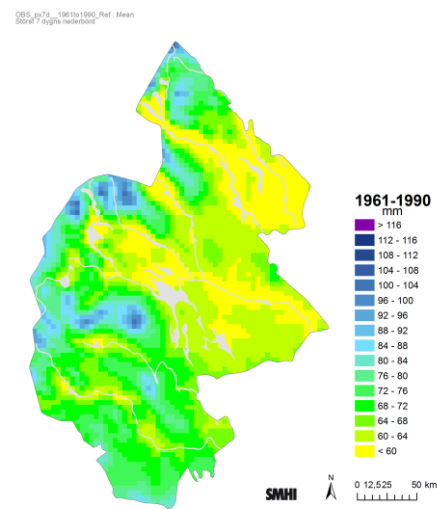
Beräknat 2069-2098 (mm)



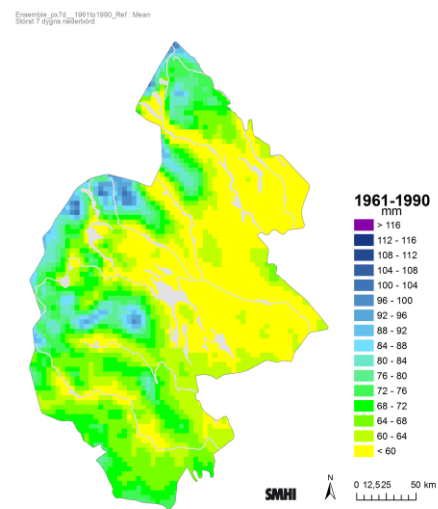
Bilaga 21 – Största 7-dygnsnederbörd
kap. 5.2.2)

(se

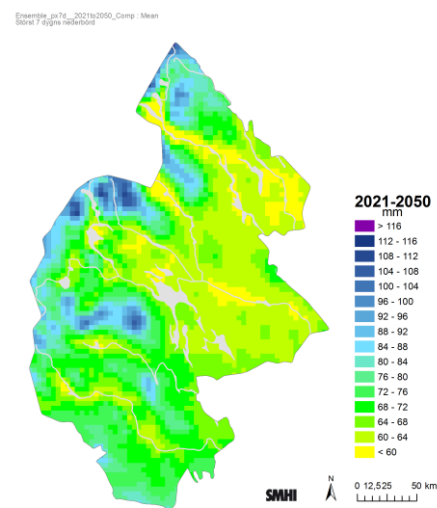
Observerat 1961-1990 (mm)



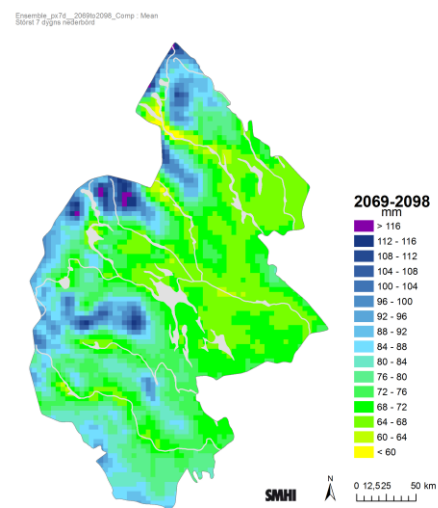
Beräknat 1961-1990 (mm)



Beräknat 2021-2050 (mm)

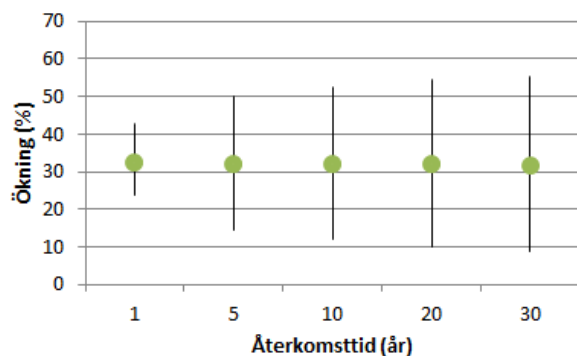


Beräknat 2069-2098 (mm)

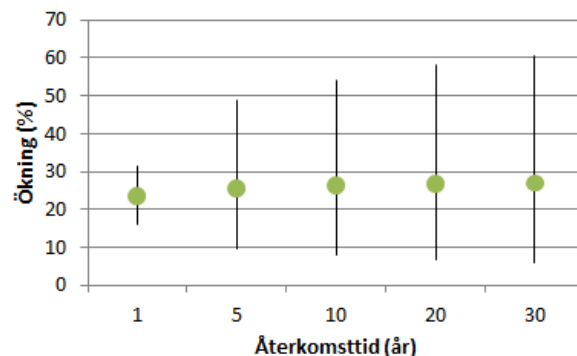


Bilaga 22 – Förändring av extrem nederbörd (se kap. 5.2.3)

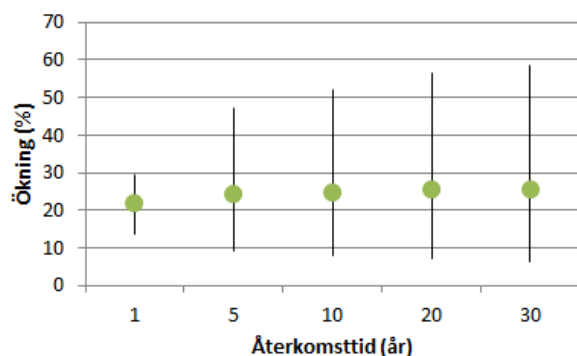
30 minuters nederbörd



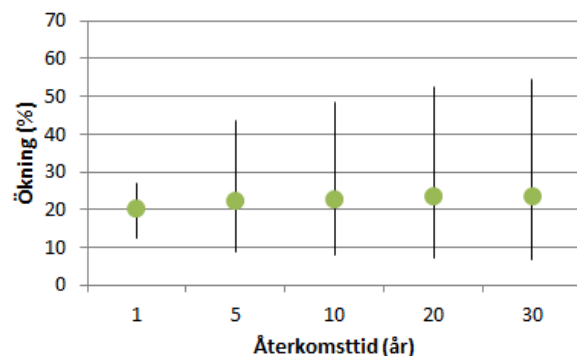
60 minuters nederbörd



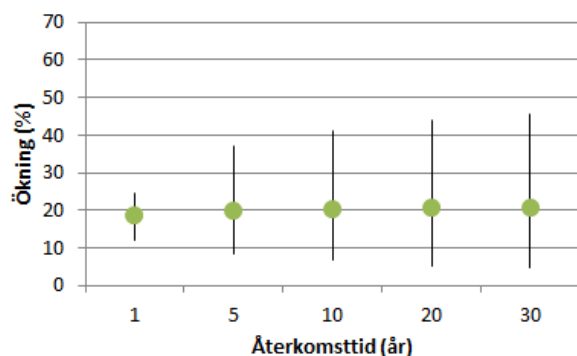
2 timmars nederbörd



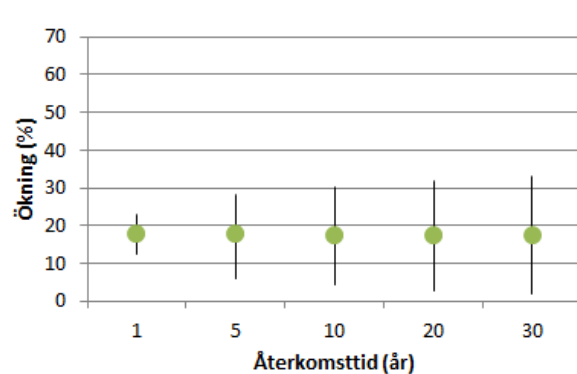
3 timmars nederbörd



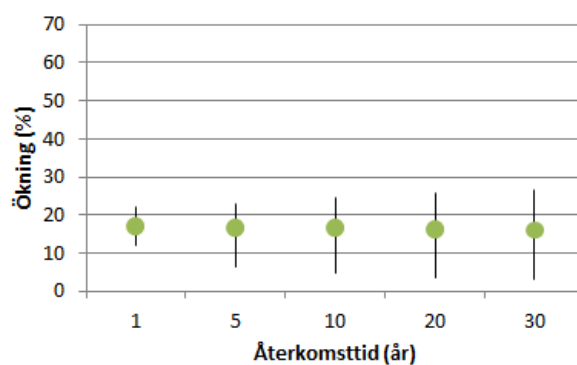
6 timmars nederbörd



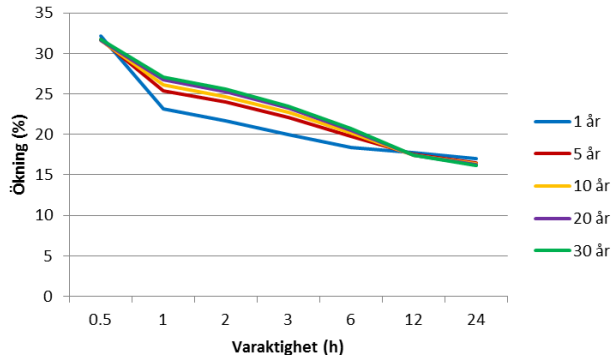
12 timmars nederbörd



24 timmars nederbörd



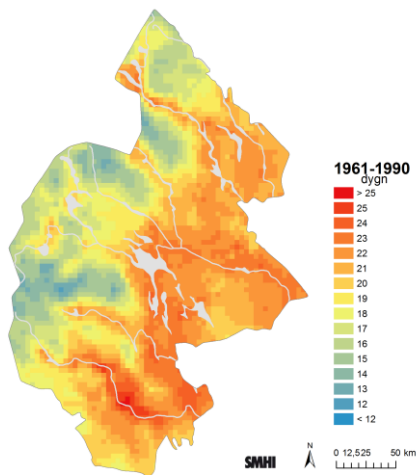
Varaktighet



Bilaga 23 – Antal sammanhängande dygn med < 1mm nederbörd (se kap. 5.2.4)

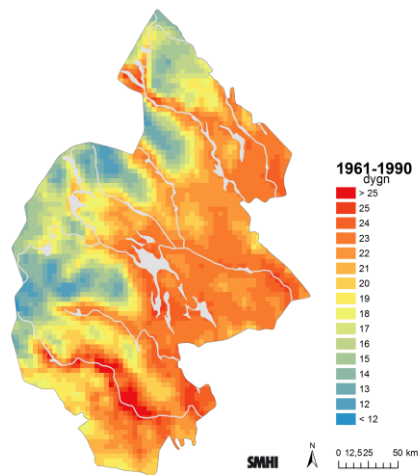
Observerat 1961-1990 (antal dygn)

Obs_projd_1961to1990_Ref_Mean
Antal dygn med sälls dagar (nederbörd < 1 mm)



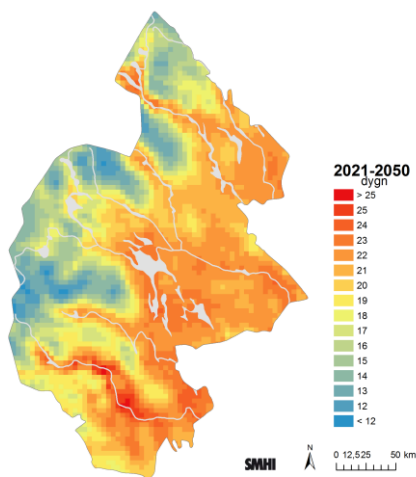
Beräknat 1961-1990 (antal dygn)

Ensemble_projd_1961to1990_Ref_Mean
Antal dygn med sälls dagar (nederbörd < 1 mm)



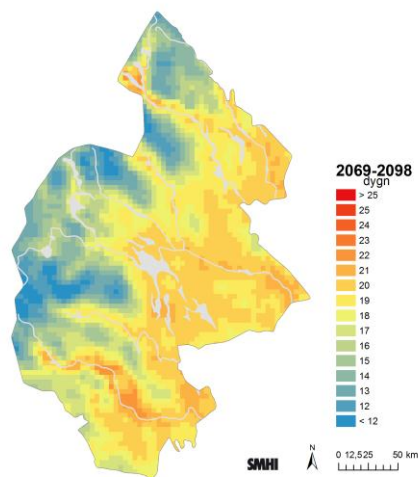
Beräknat 2021-2050 (antal dygn)

Ensemble_projd_2021to2050_Comp_Mean
Antal dygn med sälls dagar (nederbörd < 1 mm)



Beräknat 2069-2098 (antal dygn)

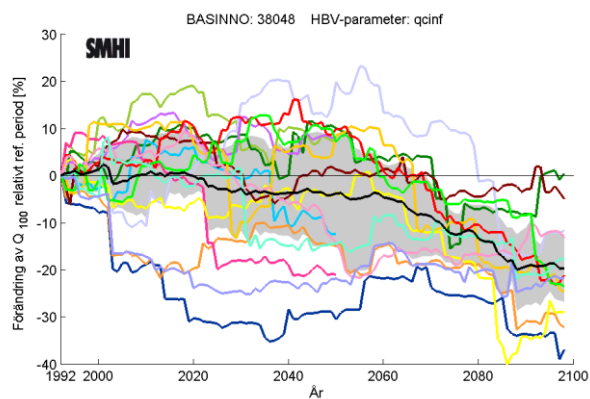
Ensemble_projd_2069to2098_Comp_Mean
Antal dygn med sälls dagar (nederbörd < 1 mm)



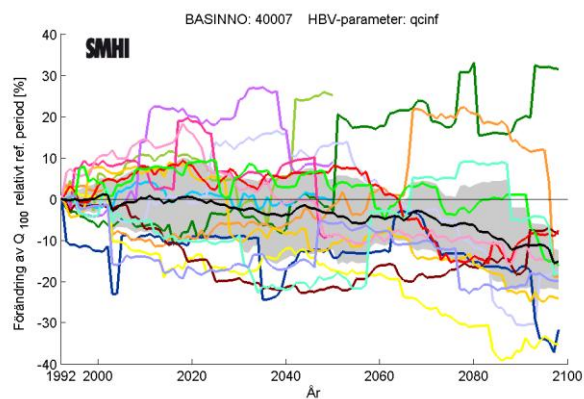
Bilaga 24 – Förändring av 100-årstillrinning

(se kap. 5.3.3)

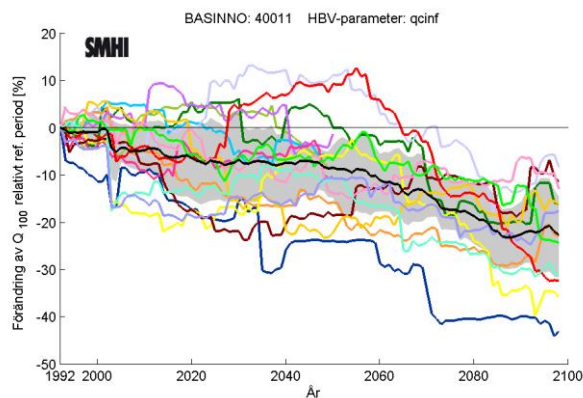
Ångermanälven 38048



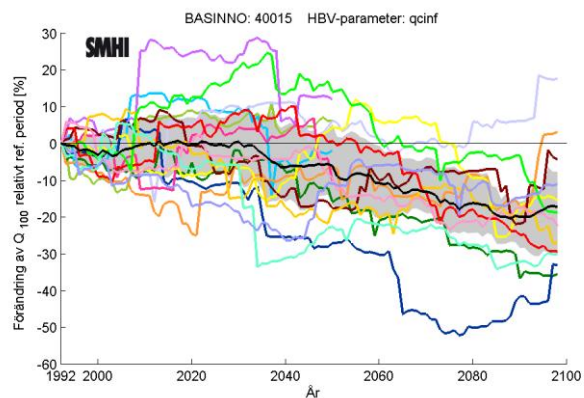
Indalsälven 40007



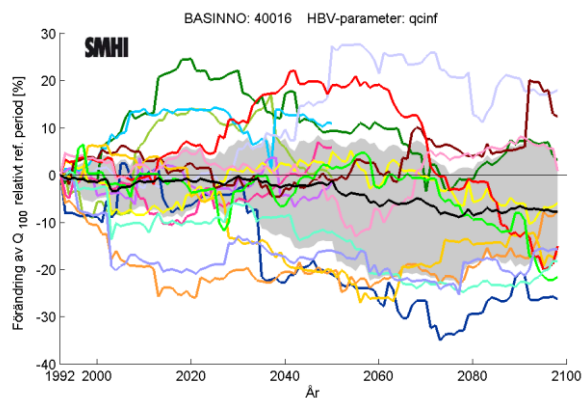
Indalsälven 40011



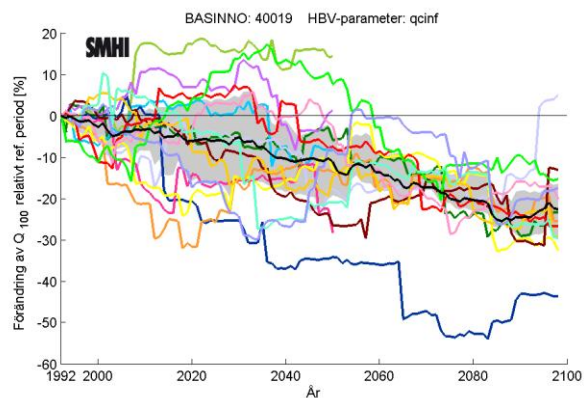
Indalsälven 40015



Indalsälven 40016



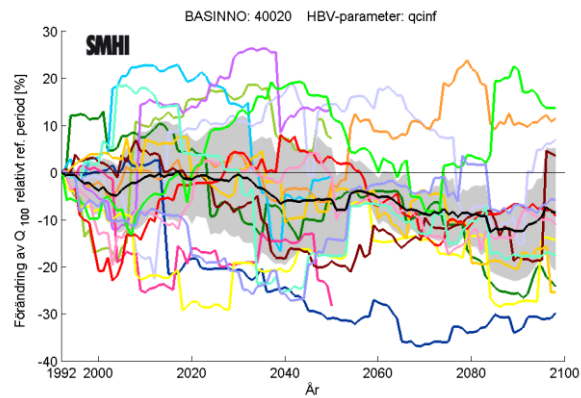
Indalsälven 40019



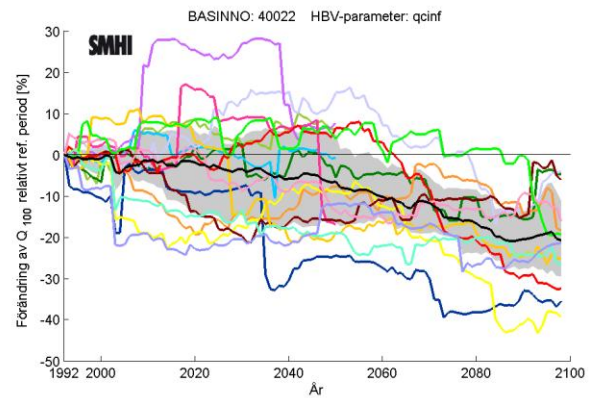
- C4I-E53-25-A2
- C4I-HCQ16-25-A1B
- CNRM-AR-25-A1B
- DMI-E53-25-A1B
- HC-HCQ0-25-A1B
- KNMI-E53-25-A1B
- METNO-BCM-25-A1B
- METNO-HCQ0-25-A1B

- MPI-E53-25-A1B
- SMHI-CCSM3-50-A1B
- SMHI-CNRM-50-A1B
- SMHI-E51-50-A1B
- SMHI-E51-50-B1
- SMHI-E52-50-A1B
- SMHI-E53-25-A1B
- SMHI-E53-50-A1B
- Medelvärde

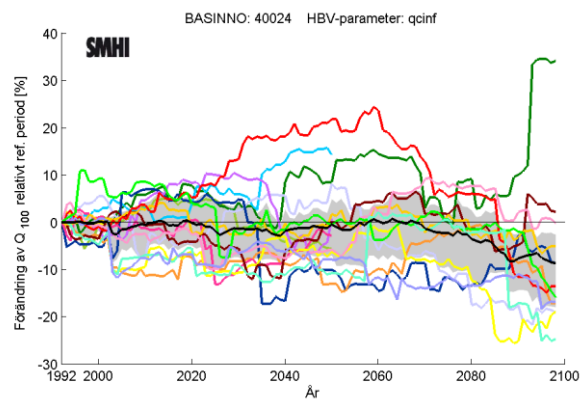
Indalsälven 40020



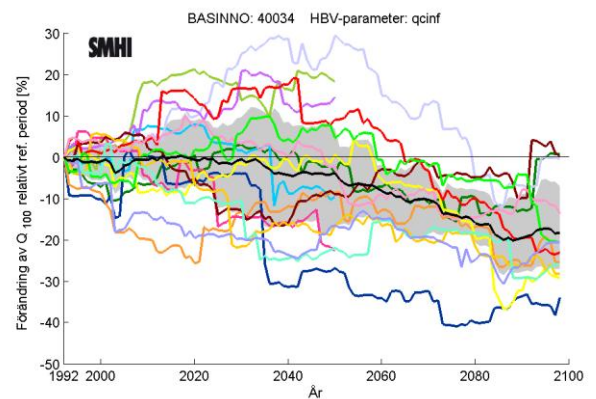
Indalsälven 40022



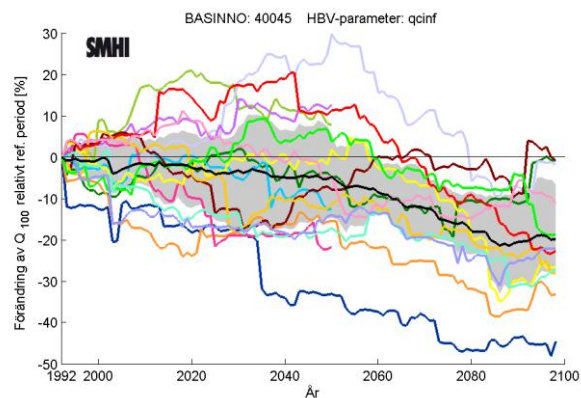
Indalsälven 40024



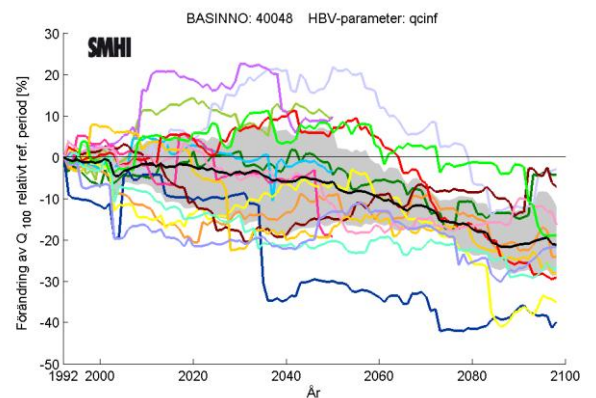
Indalsälven 40034



Indalsälven 40045



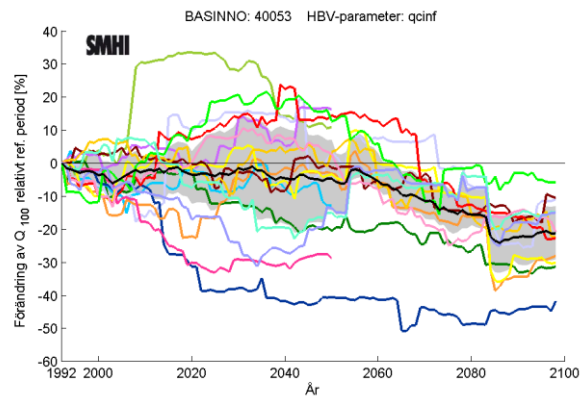
Indalsälven 40048



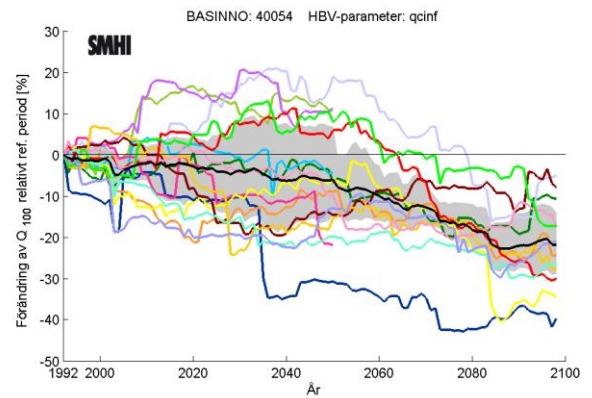
- C4I-E53-25-A2
- C4I-HCQ16-25-A1B
- CNRM-AR-25-A1B
- DMI-E53-25-A1B
- HC-HCQ0-25-A1B
- KNMI-E53-25-A1B
- METNO-BCM-25-A1B
- METNO-HCQ0-25-A1B

- MPI-E53-25-A1B
- SMHI-CCSM3-50-A1B
- SMHI-CNRM-50-A1B
- SMHI-E51-50-A1B
- SMHI-E51-50-B1
- SMHI-E52-50-A1B
- SMHI-E53-25-A1B
- SMHI-E53-50-A1B
- Medelvärde

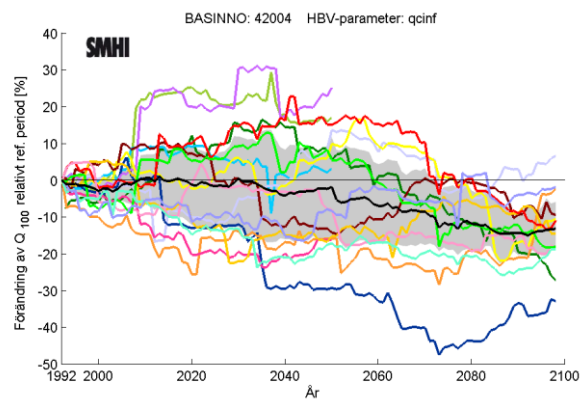
Indalsälven 40053



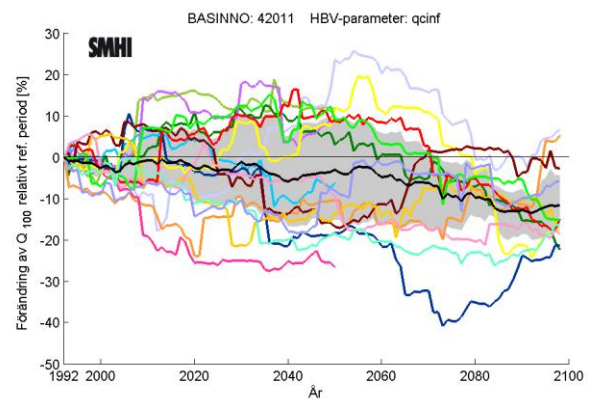
Indalsälven 40054



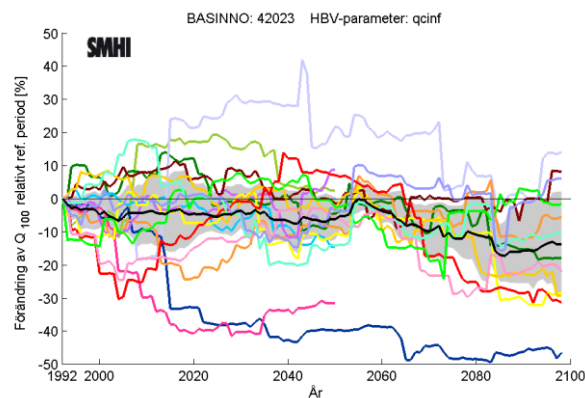
Ljungan 42004



Ljungan 42011

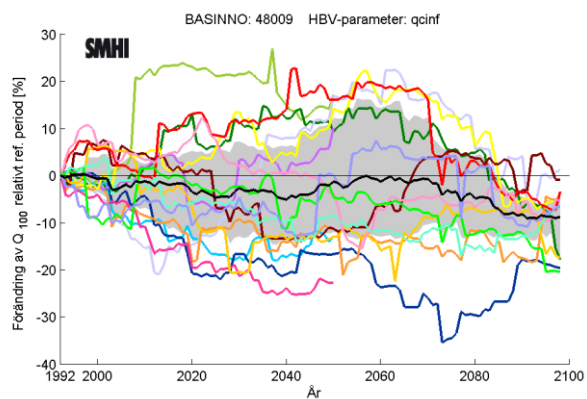


Ljungan 42023

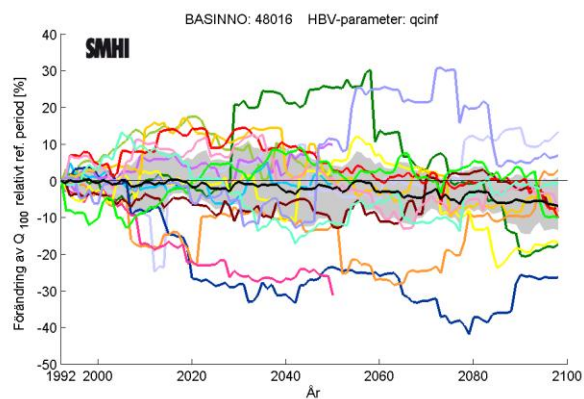


- C4I-E53-25-A2
- C4I-HCQ16-25-A1B
- CNRM-AR-25-A1B
- DMI-E53-25-A1B
- HC-HCQ0-25-A1B
- KNMI-E53-25-A1B
- METNO-BCM-25-A1B
- METNO-HCQ0-25-A1B
- MPI-E53-25-A1B
- SMHI-CCSM3-50-A1B
- SMHI-CNRM-50-A1B
- SMHI-E51-50-A1B
- SMHI-E51-50-B1
- SMHI-E52-50-A1B
- SMHI-E53-25-A1B
- SMHI-E53-50-A1B
- Medelvärde

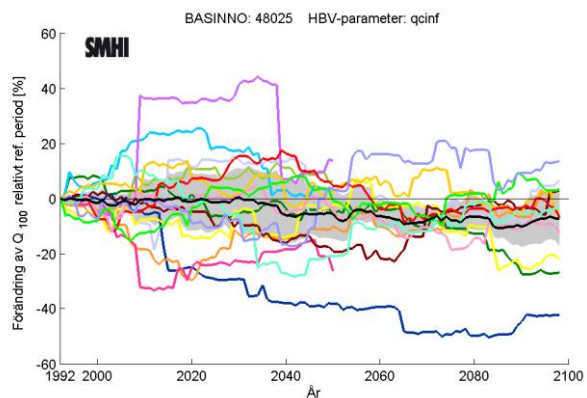
Ljusnan 48009



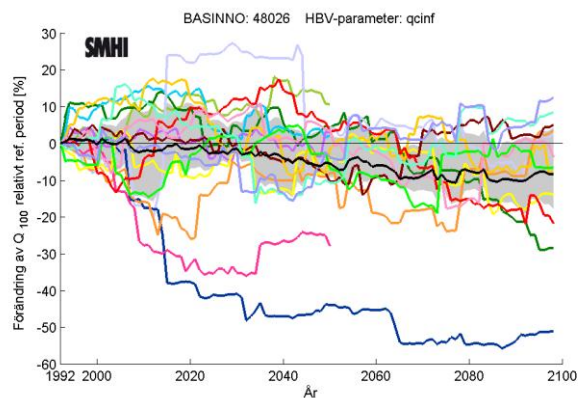
Ljusnan 48016



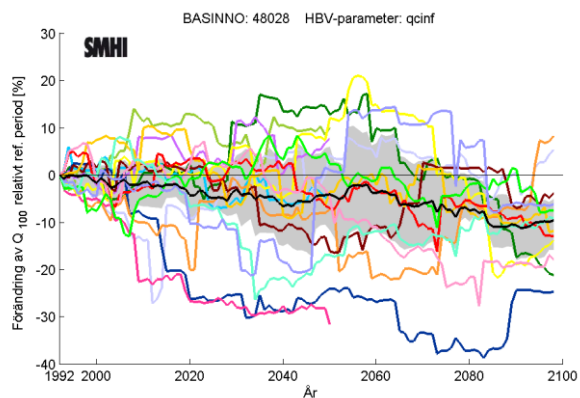
Ljusnan 48025



Ljusnan 48026



Ljusnan 48028



- C4I-E53-25-A2
- C4I-HCQ16-25-A1B
- CNRM-AR-25-A1B
- DMI-E53-25-A1B
- HC-HCQ0-25-A1B
- KNMI-E53-25-A1B
- METNO-BCM-25-A1B
- METNO-HCQ0-25-A1B
- MPI-E53-25-A1B
- SMHI-CCSM3-50-A1B
- SMHI-CNRM-50-A1B
- SMHI-E51-50-A1B
- SMHI-E51-50-B1
- SMHI-E52-50-A1B
- SMHI-E53-25-A1B
- SMHI-E53-50-A1B
- Medelvärde



Länsstyrelsen Jämtlands län

Postadress: 831 86 Östersund
Besöksadress: Residensgränd 7
Telefon: 010-225 30 00
jamtland@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/jamtland