



Länsstyrelserna

En samarbetsrapport mellan Länsstyrelserna i Västerbotten, Dalarnas, Gävleborgs, Jämtlands, Norrbottens, Värmlands och Västernorrlands län



Snö i ett framtida klimat i Västerbottens län

Rapportens metadata

Snö i ett framtida klimat i Västerbottens län

SMHI – Håkan Persson, Anna Johnell, Elin Sjökvist, Joel Dahné. Rapportnummer hos SMHI 2020-29. Regional anpassning: Johanna Aeschbacher

Sammanfattning

I de länsvisa klimatanalyserna presenterade SMHI år 2015 beräkningar som beskriver metrologiska och hydrologiska förhållanden i ett framtida klimat. I det arbetet ingick några indikatorer som beskriver framtida snöförhållanden. Under år 2019 efterfrågade Länsstyrelserna i de sju nordliga länen (figur 1) utökade analyser av framtida snöförhållanden.

Analyserna visar på mycket kraftiga minskningar av såväl snödjup som antal dagar med olika snömängd. Minskningarna väntas under hela snösäsongen och i stort sett över hela norra Sverige. Allra mest påtagliga väntas minskningarna bli i delar av Värmland och Dalarna, samt längst Norrlandskusten.

Växlingarna från dygn med minusgrader till dygn med plusgrader väntas i slutet av seklet minska något i delar av Värmland och Dalarna, vara oförändrad längs Norrlandskusten och öka i de inre delarna av norra Sverige.

Snöns densitet väntas i slutet av seklet generellt minska för ett specifikt datum under vintern. Minskningarna är störst i delar av Värmland och Dalarna, samt längst Norrlandskusten.



Figur 1 De sju nordligaste länen med 16 platser utvalda för mer specifika studier

Innehåll

Snö i ett framtida klimat i Västerbottens län	1
Rapportens metadata	3
Sammanfattning	4
Bakgrund	6
Levererade klimatindex	7
Diskussion och slutsatser	9
Resultat Västerbottens län	11
Snödjup	11
Antal dagar med olika snömängd.....	14
Antal växlingar från dygn med minusgrader till dygn med plusgrader.....	19
Snöns densitet.....	19
Metodik	22
Dataunderlag för framtida klimat.....	22
Metod för beräkning av framtida absolutvärden	22
Referenser	24

Bakgrund

Länsstyrelserna i Värmland, Dalarna, Gävleborg, Jämtland, Västernorrland, Västerbotten och Norrbotten har konstaterat att det finns behov av ökad kunskap om framtida snöförhållanden inom en mängd sektorer i samhället. I de länsvisa klimatanalyserna (SMHI, 2015) presenterades tämligen kortfattad information om framtida snöförhållanden. Därför har länsstyrelserna i de sju nordligaste länen efterfrågat kompletterande analyser av hur snöförhållanden kan komma att utvecklas i området i ett framtida klimat. Utöver analyser som täcker samtliga sju län, har även mer platsspecifika studier efterfrågats för de 16 platser som illustreras i Figur 1:

- Norrbottens län: Luleå, Jokkmokk, Katterjåkk
- Västerbottens län: Umeå, Lycksele, Hemavan
- Västernorrlands län: Sundsvall, Sollefteå
- Jämtlands län: Höglekardalen, Sveg
- Dalarnas län: Idre, Mora
- Gävleborgs län: Gävle, Föne (vid Ljusdal)
- Värmlands län: Tåsan (vid Sysslebäck), Myre (vid Åmotfors)

Länsstyrelsen i Västerbottens län har därmed valt att lyfta ut delar av analysunderlaget från Västerbottens län in i denna rapport. Övriga analysdata ligger i Web-GIS på Länsstyrelsens hemsida samt i Planeringskatalogen.

Syfte

Beräkna ytterligare indikatorer för snöförhållanden fram till slutet av detta sekel, utöver de som togs fram i de länsvisa klimatanalyserna år 2015.

Tidsperioder

För att beskriva förhållanden under såväl historiskt som framtida klimat har beräkningar gjorts för perioden 1963–2098¹. I vissa analyser har dessa specifika tidsperioder studerats:

- Historisk referensperiod: 1963–1992
- Mitten av (nuvarande) sekel: 2021–2050
- Slutet av (nuvarande) sekel: 2069–2098

Viktigt att ha i åtanke vid läsning av rapporten är att vi nu, år 2020, är klart närmare *mitten av seklet* än den *historiska referensperioden*. Det klimat som beskrivs av den historiska referensperioden är alltså inte det klimat som vi har idag, klimatförändringen har redan pågått många år och förändrat till exempel temperatur- och snöförhållanden.

¹ Den standardiserade referensperioden är 1961–1990, men den kan inte användas eftersom de hydrologiska beräkningarna som används för att beräkna snöförhållanden kräver ett par års ”insvängningstid”.

Levererade klimatindex

I rapporten Snö i framtida klimat – för de sju nordligaste länen (SMHI rapport nr 2020-29) presenteras ett antal klimatindex baserat på beräkningar av snöförekomst i framtida klimat. Nedan följer en beskrivning av de olika analysmetoderna samt beskrivning av de olika indexen.

Analysmetod

Kartor

Kartorna visar de sju nordligaste länen. Data beskriver medelvärden över angiven säsong och tidsperiod, samt de klimatscenarier som ligger till grund för beräkningarna.

Grafer

Graferna presenteras dels i form av stapeldiagram där en stapel representerar ett medelvärde under en tidsperiod. Grafer presenteras också som årscykel, med månadsmedelvärden för respektive tidsperiod. Varje diagram motsvarar data från en av de 16 i projektet utvalda platserna.

Tabeller

Tabellerna visar medelvärden över en given tidsperiod för alla 16 i projektet utvalda platser.

Klimatindex

Antal dagar med snödjup över 5, 50 och 100 cm

Indexet beskriver ett medelvärde över given tidsperiod för antal dagar per år med ett givet snödjup.

Snödjup, årscykel

Beskriver snödjupets variation över året idag och i slutet av seklet.

Snödjup, månadsmedel

Beskriver den geografiska utbredningen av snön månadsvis efter tre statistiska mått: medelvärde över en 30-årsperiod, minsta värdet under en 30-årsperiod och största värdet under en 30-årsperiod.

Antal dagar med vatteninnehåll över 40 och 60 mm

Visar medelvärdet av antal dagar under ett år då snön har ett vatteninnehåll på minst 40 och 60 mm. 40 mm motsvarar 20-40 cm snödjup och 60 mm motsvarar 40-60 cm snödjup. Kan översättas direkt till vattenmängd vid avsmältning.

Antal växlingar mellan dygn med plusgrader och dygn med minusgrader

En förenkling av indexet som benämns ”nollgenomgångar”. Nollgenomgångar beskriver inomdygnsvariationen i temperatur, medan detta index beskriver mellandygnsvariationen, dvs då dygnsmedeltemperaturen växlar mellan plus- och minusgrader.

Snöns densitet, årscykel

Indexet beskriver förändringen av snöns densitet över året i dagens och framtidens klimat.

Tabellen nedan visar analysmetod för respektive klimatindex.

Klimatindex	Kartor	Grafer	Tabeller
Antal dagar med snödjup över 5, 50 och 100 cm		X	
Snödjup, årscykel		X	
Snödjup, månadsmedel	X		
Antal dagar med vatteninnehåll över 40 och 60 mm	X		
Antal växlingar mellan dygn med plusgrader och dygn med minusgrader			X
Snöns densitet, årscykel		X	

Diskussion och slutsatser

Snöförhållanden kan variera kraftigt mellan olika år och beroende på lokala terrängförhållanden. Sådana variationer kan inte beskrivas med de beräkningar som har gjorts i denna studie. Istället beskrivs här medelvärden för snöförhållanden under 30 års-perioder och för områden med omkring 10-50 kvadratkilometers storlek.

Skillnaderna i snöförhållanden över de sju nordligaste länen, samt mellan kusten och fjälltrakterna, är också stor. De resultat som har tagits fram i denna studie har endast analyserats översiktligt, sett till hela det studerade området. Detaljerade analyser av förhållandena på en mer lokal skala kan dock göras utifrån befintliga resultat.

Vidare kan det ha stor betydelse hur resultaten presenteras, för hur dessa uppfattas. Detta gäller exempelvis hur färgskalan väljs på en karta, vilket typiskt hänger samman med hur stort och varierande det aktuella området är. Det kan också påverka om resultat beskrivs som absoluta värden (till exempel snödjup i cm) eller som relativa förändringar (till exempel minskning av snödjup i %).

Utöver ovan nämnda faktorer, som alla är viktiga att ha i åtanke då beräkningsresultaten analyseras och används vidare, är att denna typ av modellberäkningar för framtida klimat alltid innebär stora osäkerheter. Osäkerheterna kan delvis ses i form av olika resultat för olika utsläppsscenarier, men det finns också en mängd andra osäkerheter i hela beräkningskedjan. Resultaten visar därmed inte exakt hur det kommer att bli, men kan ses som bästa möjliga indikatorer på framtida förhållanden utifrån dagens kunskapsläge.

Snödjup

- Medelsnödjupen minskar framöver kraftigt i nästan hela området och minskningar sker under hela snöperioden. Störst minskningar av snödjupen väntas vid slutet av seklet. Dessa resultat gäller för båda utsläppsscenarierna, men med störst minskningar för det högre scenariot RCP8,5.
 - De absoluta minskningarna (i cm) är störst under senvintern i de västligaste fjällen (som mest över 100 cm för RCP8,5), men även stora längs Norrlandskusten, i de inre delarna av Jämtlands och Västerbottens län samt i norra Värmlands och mellersta Dalarnas län
 - De relativa minskningarna (i %) är störst i de södra områdena samt längs Norrlandskusten (som mest 85% minskning av största medelsnödjupet för RCP8,5)
- Både det maximala och minimala månadssnödjupet minskar framöver i stora delar av området. Störst minskningar av snödjupen väntas vid slutet av seklet. Dessa resultat gäller för båda utsläppsscenarierna, men med störst minskningar för det högre scenariot RCP8,5.

Antal dagar med olika snömängd

- Antalet dagar per år med snötäcke över 40 respektive 60 mm vatteninnehåll minskar framöver kraftigt i nästan hela området. Störst minskningar av antal dagar väntas vid slutet av seklet. Dessa resultat gäller för båda utsläppsscenarierna, men med störst minskningar för det högre scenariot RCP8,5.
 - Minskningarna är störst i de sydliga fjällen, i inlandet samt längs Norrlandskusten (över 60 dagar för RCP8,5)
- Antalet dagar per år med snödjup över 5 cm, 50 cm respektive 100 cm minskar kraftigt i samtliga 16 studerade områden. Störst minskningar av antal dagar väntas vid slutet av seklet. Dessa resultat gäller för båda utsläppsscenarierna, men med störst minskningar för det högre scenariot RCP8,5.
 - De relativa minskningarna är allra störst för snödjup över 100 cm (70% eller mer² för RCP8,5), följt av snödjup över 50 cm (30% eller mer³ för RCP8,5) och minst för snödjup över 5 cm (15-80% för RCP8,5)
 - Minskningarna är störst i söder samt längs Norrlandskusten

Antal växlingar från dygn med minusgrader till dygn med plusgrader

- Antal växlingar från dygn med minusgrader till dygn med plusgrader väntas till slutet av seklet minska något i de sydligaste delarna, vara oförändrat längs Norrlandskusten och öka i de inre delarna av norra Sverige
- Ändringarna är generellt större för RCP8,5 än för RCP4,5
- Detta mått är inte direkt jämförbart med det likartade måttet *nollgenomgångar*

Snöns densitet

- Snöns medeldensitet väntas till slutet av seklet generellt minska för ett specifikt datum under vintern. Detta gäller för båda utsläppsscenarierna, men med störst minskningar för det högre scenariot RCP8,5.
 - Minskningarna är störst i de södra delarna samt längs Norrlandskusten (som mest 40% för RCP8,5)
- Den lägre densiteten bedöms främst bero på att snötäcket är tunnare än under referensperioden och att tillkommande fluffig nysnö blir en större andel av snötäcket
- I de fjällnära områdena väntas dock en snabbare kompaktering i slutet av vintrarna vid slutet av seklet, vilken då kan leda till något ökade medeldensiteter
- Den snabbare kompakteringen kan ha ett samband med ökat antal växlingar från dygn med minusgrader till dygn med plusgrader
- Det finns dock stor osäkerhet i resultaten för snöns densitet i ett framtida klimat. Detta delvis p.g.a. att metoden för kompaktering av snön i den hydrologiska modellen kan vara sämre anpassad för att beskriva milda vintrar med snabba växlingar mellan nysnö och töväder.

² I flera fall väntas snödjupen inte nå upp till 100 cm vid slutet av seklet

³ I flera fall väntas snödjupen inte nå upp till 100 cm vid slutet av seklet

Resultat Västerbottens län

Beräknade snöförhållanden presenteras dels som kartor över länet, dels som olika typer av grafer och tabeller. Kartorna baseras på resultaten i den hydrologiska modellens delavrinningsområden. Grafer och tabeller har tagits fram för följande platser i Västerbottens län:

- Umeå
- Lycksele
- Hemavan

Inom projektet har en stor mängd kartor, grafer och tabeller tagits fram, av vilka endast ett antal exempel visas i denna rapport. Samtliga resultatillustrationer finns tillgängliga hos Länsstyrelsen i Västerbottens län.

Snödjup

Beräkningar av snödjup har illustrerats med kartor och grafer:

- Kartor med *medel, minimala och maximala snödjup*⁴ för varje månad under perioden september-maj för referensperioden samt vid mitten och slutet av seklet
- Grafer för de 16 platserna med *medelsnödjupen* för varje enskild årstag (januari-december) för referensperioden samt vid slutet av seklet

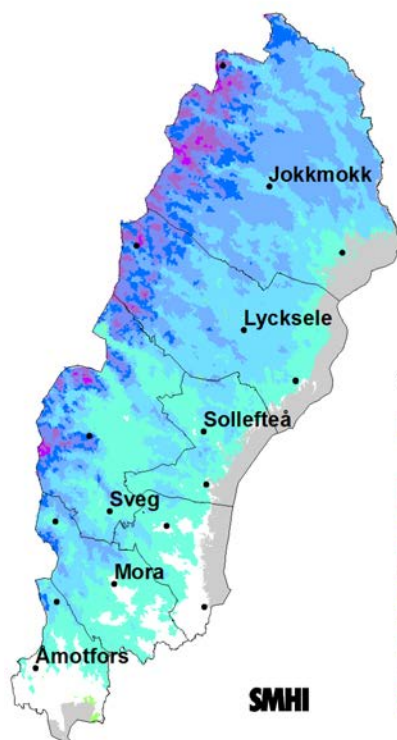
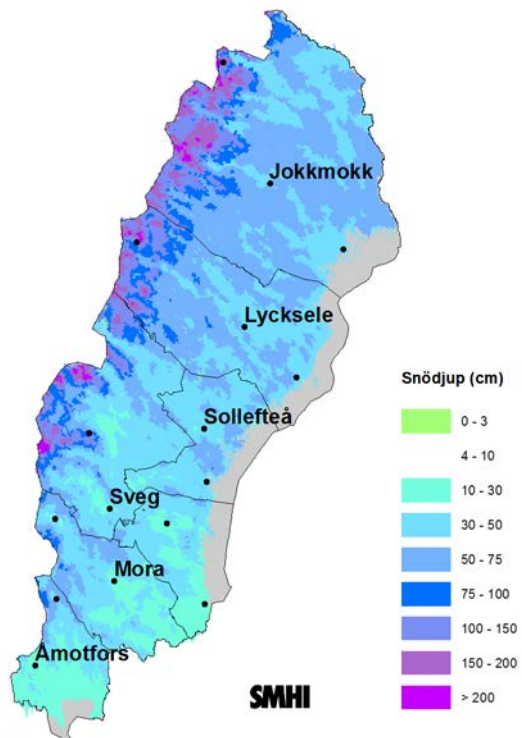
Medelsnödjup i mars månad

För medelsnödjup i mars visas i Figur 2 beräkningsresultat för referensperioden samt vid slutet av seklet. Snödjupen varierar under referensperioden från 10 cm i söder, till över 200 cm i fjällen. Minskningar väntas framöver i nästan hela området, undantaget delar av de nordostligaste fjällen. De absoluta minskningarna (i cm) är som störst i de allra västligaste fjällen (drygt 100 cm för RCP8,5 respektive 50 cm för RCP4,5), men även stora längs Norrlandskusten, i de inre delarna av Jämtlands och Västerbottens län samt i norra Värmlands och mellersta Dalarnas län (25-50 cm för RCP8,5 och mindre för RCP4,5).

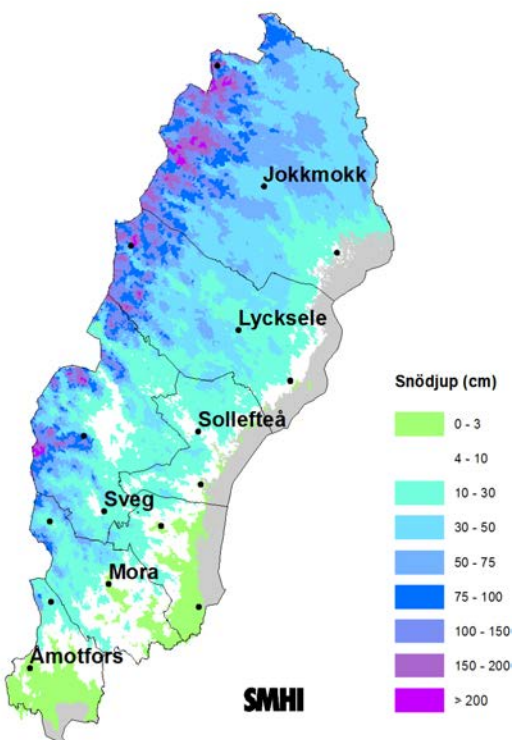
⁴ Minimala och maximala snödjup för vardera 30 års-period (d.v.s. inte medel av vardera års maximala snödjup)

SLUTET AV SEKLET

REFERENS PERIOD



RCP4.5



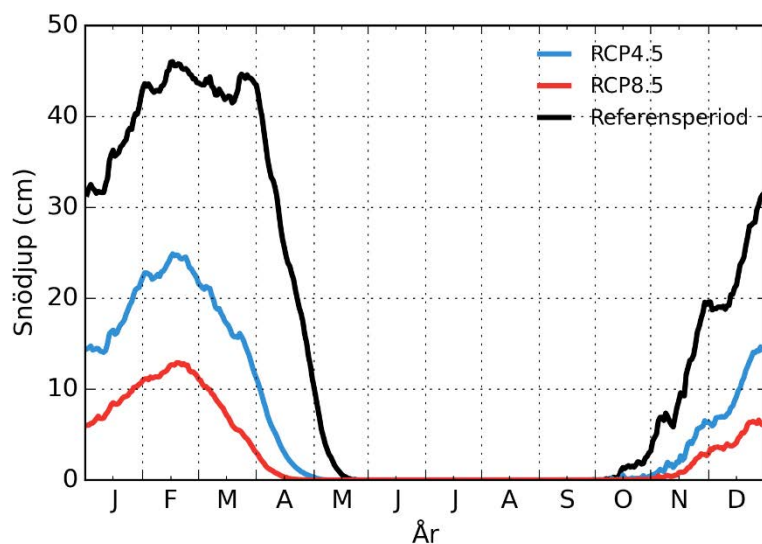
RCP8.5

Figur 2 Medelsnödjup i mars för referensperiod (1963-1992) samt slutet av seklet (2069-2098) med utsläppsscenario RCP4,5 respektive RCP8,5.

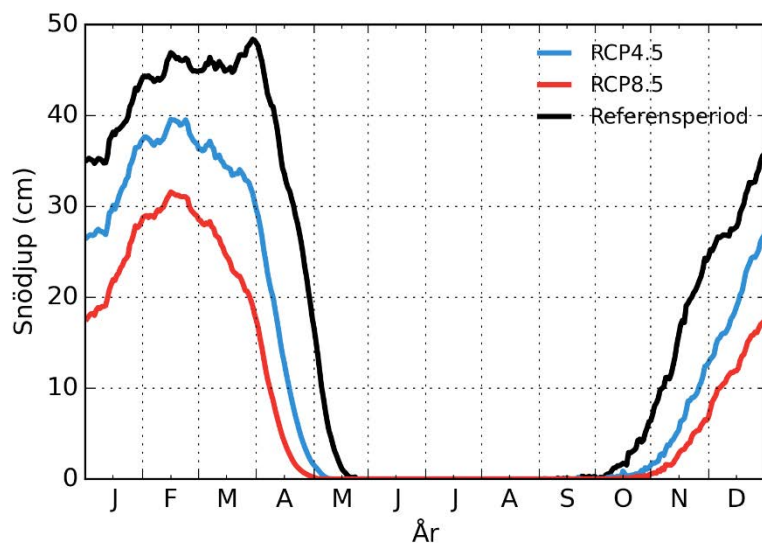
Medelsnödjup för varje enskild årsdag

Figur 3 visar resultat för Umeå, Lycksele och Hemavan under referensperioden samt vid slutet av seklet. Medelsnödjupet ökar från hösten, fram till ett maximum i mars/april respektive februari, och avtar sedan. Snödjupet väntas mot slutet av seklet minska under hela snöperioden, med större minskningar för det högre utsläppsscenarioet RCP8,5. I Hemavan väntas det största medelsnödjupet för en specifik dag minska från 120 cm ned till drygt 90 cm för RCP8,5. Under vårvintern väntas minskningarna bli ytterligare något större, där till exempel juni väntas vara i stort sett snöfri vid slutet av seklet. I Lycksele väntas minskningen av medelsnödjupet för en specifik dag gå från ca 50 cm till ca 30 cm vid slutet av seklet för RCP8,5. I Lycksele väntas även det maximala snödjupet vid slutet av seklet i medeltal inträffa 1,5 månader tidigare än under referensperioden. För Umeå väntas minskningen av medelsnödjupet bli ännu kraftigare. Det största medelsnödjupet för en specifik dag väntas minska från 45 cm ner till strax över 10 cm vid slutet av seklet för RCP8,5. Från mitten av april väntas det vara snöfritt.

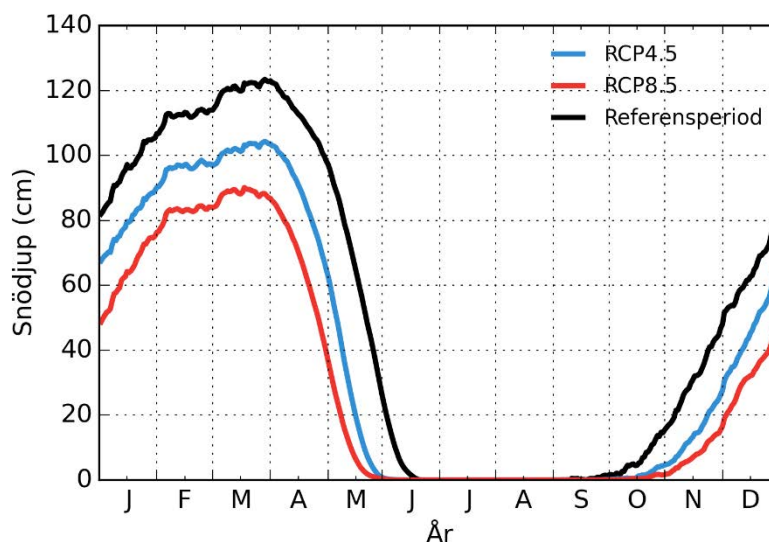
Umeå



Lycksele



Hemavan



Figur 3 Snödjup under ett medelår (månader på x-axeln) i Umeå, Lycksele och Hemavan. Medelvärden har beräknats för varje enskild dag på året under referensperioden (1963-1992) samt för RCP4,5 och RCP8,5 vid slutet av seklet (2069-2098).

Antal dagar med olika snömängd

Beräkningar av antal dagar med olika snömängd har gjorts på två olika sätt. Dels i form av snötäckets vatteninnehåll, som har illustrerats med kartor, dels i form av snödjup, som har illustrerats med grafer:

- Kartor med *medelvärden av antal dagar per år med snötäcke över 40 respektive 60 mm vatteninnehåll* för referensperioden samt vid mitten och slutet av seklet
- Grafer för de 16 platserna med *medelvärden av antal dagar per år med snödjup över 5 cm, 50 cm respektive 100 cm⁵* för referensperioden samt vid mitten och slutet av seklet

Antal dagar med vatteninnehåll över 60 mm

För antal dagar med snötäcke över 60 mm vatteninnehåll visas i Figur 4 beräkningsresultat för referensperioden samt vid slutet av seklet. Antalet dagar per år varierar under referensperioden från nära noll i söder, till över 200 i fjällen. Det väntas kraftiga minskningar av antalet dagar per år i nästan hela området, undantaget delar av de nordostligaste fjällen. Minskningarna är störst för det högre utsläppsscenario RCP8,5 och överstiger där 60 dagar stora delar av de sydliga fjällen, inlandet och Norrlandskusten.

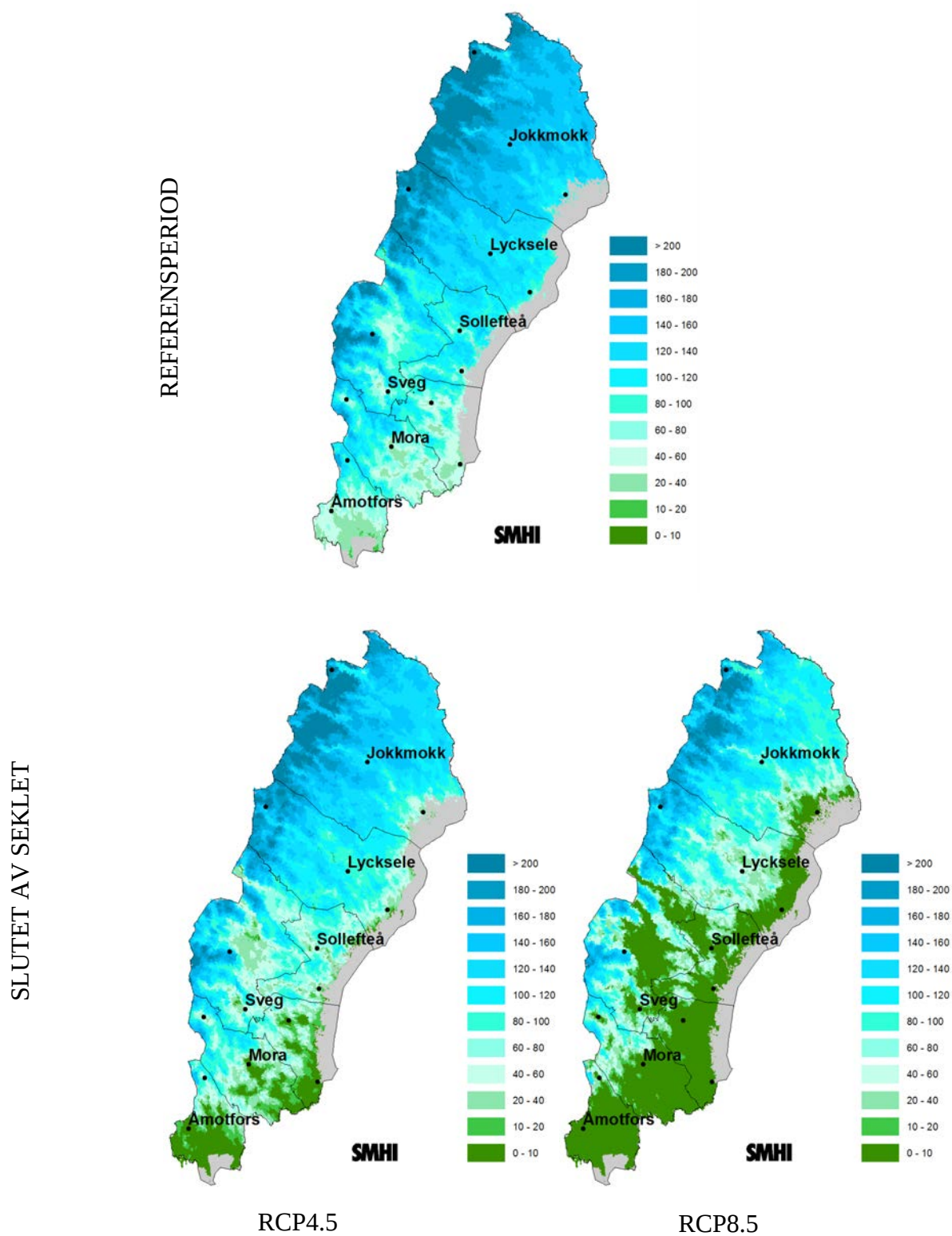
⁵ För vissa stationer är det inga eller väldigt få tillfällen med mer än 100 cm snödjup, vilket gör analyserna mer osäkra.

Vatteninnehållet i snön är information som ger oss en uppskattning om snöns kvalité och densitet. Tyngden av till exempel ett meterdjupt snötäcke på ett tak är beroende av snöns vatteninnehåll och därmed densitet.

Nyfallen snö har densitet av 30-100 kg/kubikmeter. Det innebär att ett decimeterdjupt täcke av nyfallen snö motsvarar 3-10 mm nederbörd i smält form.

Vill man räkna om vatteninnehållet till snölast på marken eller tak gäller att 1 mm vatten (smält snö) på 1 kvadratmeter yta motsvarar 1 liter eller i kg vatten. Det innebär till exempel att 1 dm vindpackad snö med densiteten kg/kubikmeter motsvarar 20 mm vatten eller 20 kg på en yta av 1 kvadratmeter.

Se tabell 2 om snöns densitet.

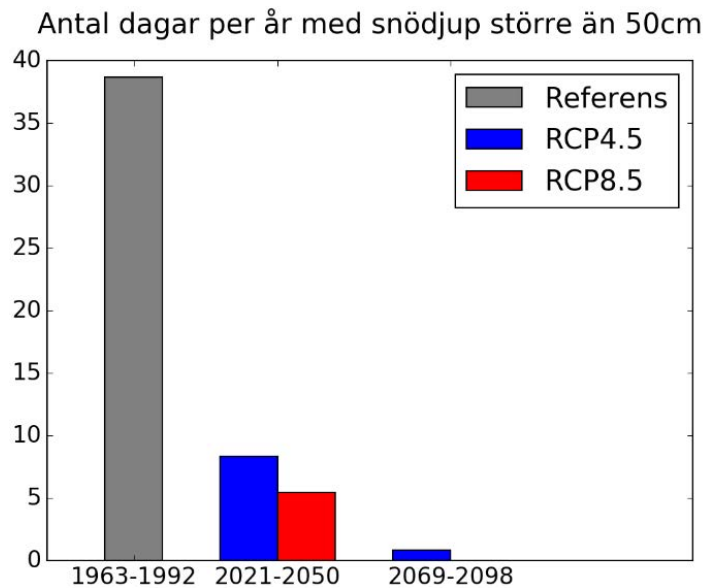


Figur 4 Medelvärde för antal dagar per år med snötäcke över 60 mm vatteninnehåll för referensperiod (1963-1992) samt slutet av seklet (2069-2098) med utsläppsscenario RCP4,5 respektive RCP8,5.

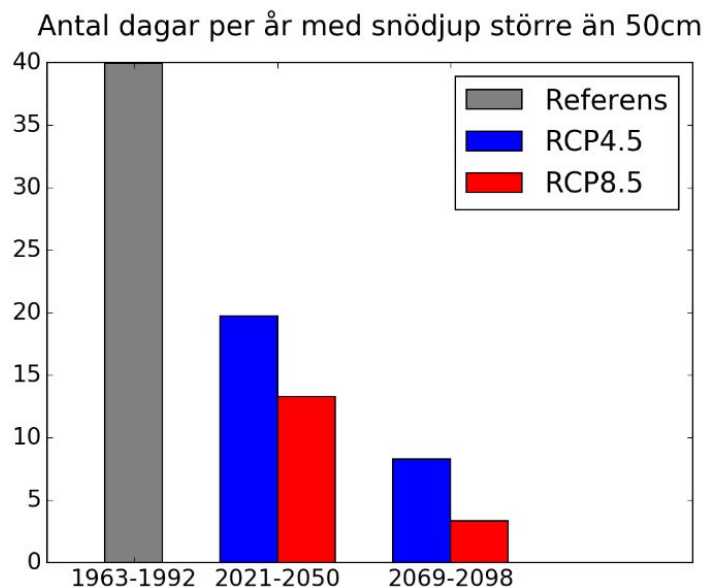
Antal dagar med snödjup över 50 cm

För antal dagar med snödjup över 50 cm visas i Figur 5 resultat för Umeå, Lycksele och Hemavan för referensperioden samt vid mitten och slutet av seklet. Under referensperioden är det i Hemavan drygt 170 dagar per år med snödjup över 50 cm. Antalet sjunker kraftigt i samtliga framtidsscenarier, och är lägst för RCP8,5 vid slutet av seklet där det är knappt 110 dagar per år. För Lycksele är det 40 dagar per år under referensperioden, och är lägst för RCP8,5 vid slutet av seklet med mindre än 5 dagar per år. För Umeå väntas en ännu kraftigare minskning, från 38 dagar per år under referensperioden, till mindre än 10 dagar vid mitten av seklet och inga dagar alls vid slutet av seklet.

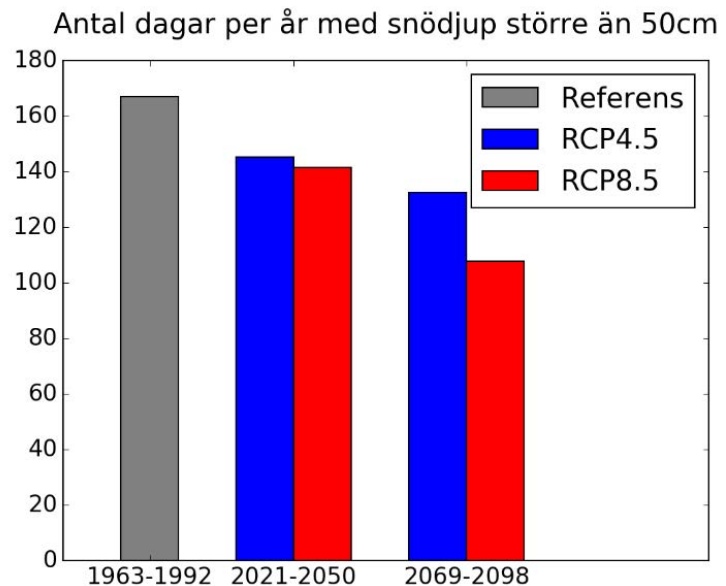
Umeå



Lycksele



Hemavan

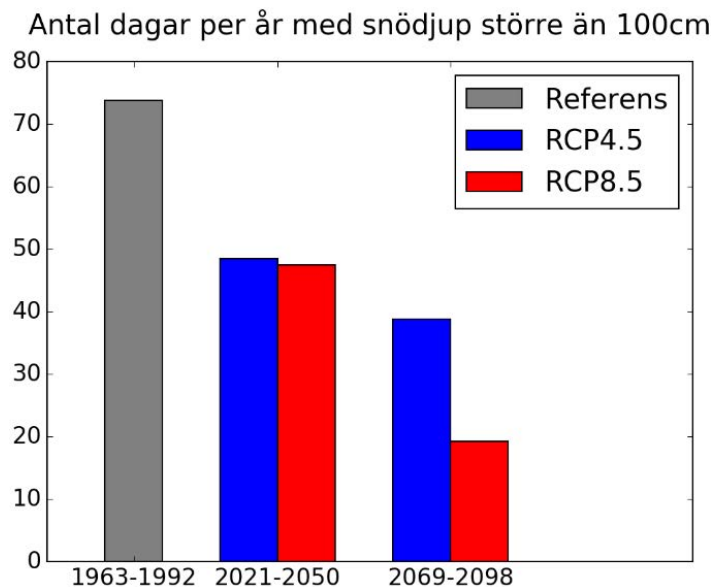


Figur 5 Medelvärde för antal dagar per år med snödjup över 50 cm för referensperioden (1963-1992), mitten av seklet (2021-2050) samt för slutet av seklet (2069-2098) i Umeå, Lycksele och Hemavan. Notera olika skalor för Umeå och Lycksele (0-40 dagar) jämfört med Hemavan (0-180 dagar).

Antal dagar med snödjup större än 100 cm

Figur 6 visar att det under referensperioden är knappt 75 dagar per år med snödjup över 100 cm i Hemavan. Antalet dagar sjunker kraftigt i samtliga framtidsscenarier, och är lägst för RCP8,5 vid slutet på seklet där det är knappt 20 dagar per år.

Hemavan



Figur 6 Medelvärde för antal dagar per år med snödjup över 100 cm för referensperioden (1963-1992), mitten av seklet (2021-2050) samt för slutet av seklet (2069-2098) i Hemavan.

Antal växlingar från dygn med minusgrader till dygn med plusgrader

Beräkningar av växlingar från dygn med minusgrader (dygnsmedeltemperatur under noll grader) till direkt efterföljande dygn med plusgrader (dygnsmedeltemperatur över noll grader) redovisas nedan i tabell. Dessa resultat är inte direkt jämförbara med s.k. nollgenomgångar som presenteras på smhi.se. Nollgenomgångar beskriver antalet tillfällen då temperaturen varit såväl över som under noll grader inom ett och samma dygn.

Tabell 1 Medelvärden för Umeå, Lycksele och Hemavan av antal växlingar från dygn med minusgrader till dygn med plusgrader. Resultat redovisas för referensperioden (1963-1992) samt vid mitten (2021-2050) respektive slutet av seklet (2069-2098) för såväl RCP4,5 som RCP8,5.

	Utsläppsscenario	Referensperiod	Mitten av seklet	Slutet av seklet
Umeå	RCP4.5	15	16	15
	RCP8.5	15	15	15
Lycksele	RCP4.5	13	14	15
	RCP8.5	13	14	15
Hemavan	RCP4.5	10	11	11
	RCP8.5	10	11	12

Medelvärden av antal växlingar från dygn med minusgrader till dygn med plusgrader presenteras i Tabell 1 för referensperioden samt mitten respektive slutet av seklet. För Jokkmokk ökar antalet växlingar över seklet från 12 till 14 gånger, medan det för Gävle minskar från 16 till 14 eller 11 gånger (beroende av utsläppsscenario).

Snöns densitet

Beräkningar av snöns densitet har illustrerats med en graf för vardera av de 16 platserna. Graferna innehåller snöns medeldensitet för varje enskild dag under ett medelår för referensperioden samt vid slutet av seklet. Typiska densiteter för olika snötyper visas i Tabell 2.

Tabell 2 Snöns densitet (SMHI, 2020)

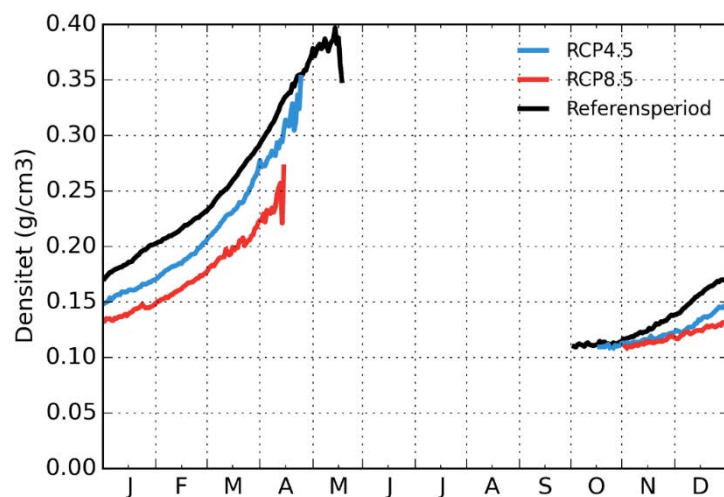
Snödjup	Densitet [g/cm ³]
Mycket fluffig snö	< 0,03
Nyfallen torr nysnö	0,03-0,1
Våt nysnö	0,1-0,2
Vindpackad nysnö	0,2
Packad senvintersnö	0,2-0,3
Vårsnö under avsmältningens slutskede	0,4

För variationen i snöns medeldensitet över ett år visas i Figur 7 resultat för Umeå, Lycksele och Hemavan för referensperioden samt vid slutet av seklet. Den fluffiga nysnön i början av vintern kompakteras successivt av vind och temperaturvariationer under vintern.

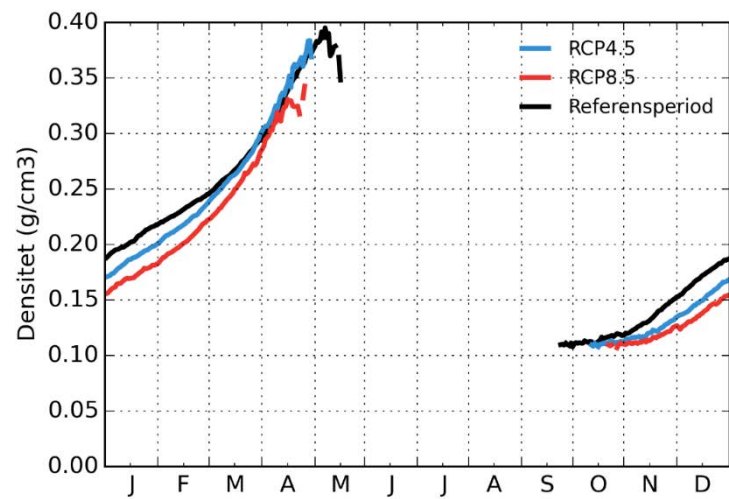
Snöns densitet väntas i slutet av seklet vara lägre fram till mitten av april, med störst skillnad mot referensperioden i Umeå och för det högre utsläppsscenarioet RCP8,5. I april väntas snön i både Umeå och Lycksele smälta bort, medan den i Hemavan kompakteras allt snabbare och når en något högre densitet än vid motsvarande tid under referensperioden. I Hemavan väntas snön smälta bort i slutet på maj.

Att densiteten är lägre fram till mars beror delvis på att snön kommer senare, och vid ett specifikt datum därmed inte har hunnit kompakteras under lika lång tid som för referensperioden. Främst bedöms dock denna skillnad bero på att snötäcket är tunnare än under referensperioden och att tillkommande fluffig nysnö blir en större andel av snötäcket och därmed minskar densiteten i större utsträckning än under referensperioden. Vidare finns osäkerhet kring metoden för kompaktering av snön i den hydrologiska HYPE-modellen. Metoden kan vara sämre anpassad för att beskriva mildare vintrar med snabba växlingar mellan nysnö och töväder. Den snabbare kompakteringen av snön i slutet av vintern i Hemavan kan ha ett samband med det ökade antalet växlingar mellan dygn med plusgrader och dygn med minusgrader (se Tabell 1). De snabba variationerna i densitet vid slutet av vintern kan bero på enstaka tillfällen av nysnö efter att det mesta av vinterns snötäcke har smält.

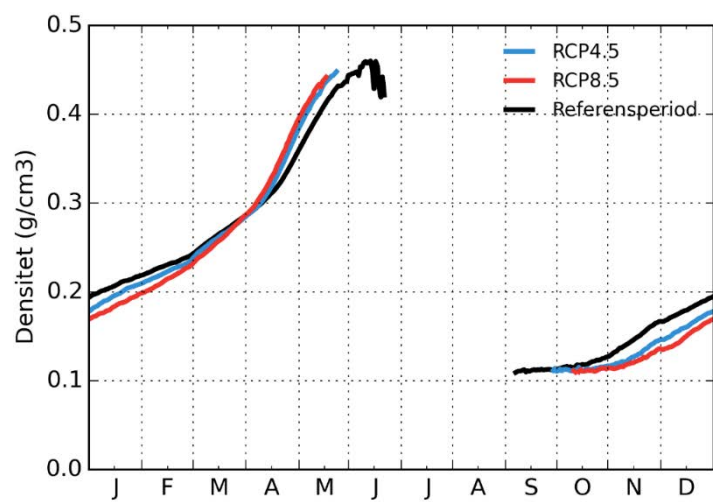
Umeå



Lycksele



Hemavan



Figur 7 Snöns densitet under ett medelår (månader på x-axeln) i Umeå, Lycksele och Hemavan. Medelvärden har beräknats för varje enskild dag på året under referensperioden (1963-1992) samt för RCP 4,5 och RCP8,5 vid slutet av seklet (2069-2098).

Metodik

Dataunderlag för framtida klimat

Analyserna baseras på i stort sett samma dataunderlag som användes för de länsvisa klimatanalyserna (SMHI, 2015). Skillnaden består i att denna studie baseras på resultat från den hydrologiska modellen HYPE (Lindström m.fl., 2010) som uppsatt för Sverige kallas S-HYPE (Strömqvist m.fl., 2012). I denna modell beräknas utöver ”vanliga” hydrologiska mått som till exempel flöde och snöns vatteninnehåll även snödjup och snöns densitet. Beräkningar görs för 28055 delavrinningsområden fördelade över de sju nordligaste länen.

Beräkningar av snöförhållanden har gjorts med S-HYPE⁶ genom att använda resultat i form av nederbörd och temperatur från nio datorbaserade klimatmodeller, utvecklade för att beräkna hur klimatet kan förändras på sikt. I denna studie används genomgående medelvärden från dessa nio klimatmodeller. Varje klimatmodell har även körts för två utsläppsscenarioer från FN:s klimatpanel⁷ som beskriver olika halter av växthusgaser i atmosfären fram till år 2100:

- RCP4,5⁸ (koldioxidutsläppen ökar fram till 2040)
- RCP8,5⁹ (fortsatt höga utsläpp av koldioxid)

För detaljerade beskrivningar av såväl beräkningsgång samt klimatmodeller och utsläppsscenarioer hänvisas till Sjökvist med flera (2015).

Metod för beräkning av framtida absolutvärden

För att kontrollera hur väl klimatscenarioerna samt den hydrologiska modellen S-HYPE kan beskriva historiska snöförhållanden, har enkla visuella jämförelser gjorts mellan beräknade och uppmätta snödjup för de 16 platserna presenterade i rapporten.

Beräkningar utifrån klimatscenariodata gav i många fall stora underskattningar i jämförelse med uppmätta snödjup. Då beräkningarna istället baserades på uppmätt temperatur och nederbörd¹⁰, stämde resultaten dock mestadels bra med de uppmätta snödjupen.

Dessa kontrollberäkningar visar att absoluta värden på snödjup beräknade med klimatscenariodata inte är direkt användbara i detta fall. En metod för att hantera denna typ av problem, är att från klimatscenarioerna istället studera förändringen över tid och lägga den till absolutvärden från referensperioden. I detta fall kan absolutvärden från referensperioden inte utgöras av mätningar, eftersom beräkningar av framtida

⁶ S-HYPE2012 ver. 4.0.0 samt HYPE ver. 4.13.2

⁷ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

⁸ Representative Concentration Pathway med en ökad nettoinstrålning på 4,5 W/m²

⁹ Representative Concentration Pathway med en ökad nettoinstrålning på 8,5 W/m²

¹⁰ Från SMHIs databas PTHBV

snöförhållanden ska göras för hela området samtidigt som mätningar endast finns från ett fåtal platser. Därför utgörs absolutvärden under referensperioden istället av snöförhållanden beräknade från mätningar av nederbörd och temperatur.

$$[\text{Framtidsperiod}] = [\text{Referensperiod}] \times [\text{Förändring}]$$

där

$$[\text{Referensperiod}] = \text{Beräknat med den hydrologiska modellen från mätningar av nederbörd och temperatur}$$

För kartor över snödjup: medel- och maxvärden för varje månad på året

För grafer över snödjup: medelvärden för varje dag på året

För antal dagar med olika snömängd: tidsserier

$$[\text{Förändring}] = 1 + [(\text{Procentuell förändring mellan framtidsperiod och referensperiod i klimatscenarierna}) / 100]$$

För kartor över snödjup: medel- och maxvärden för varje månad på året

För grafer över snödjup: medelvärden för varje dag på året

För antal dagar med olika snömängd: medelvärden för varje dag på året¹¹

För snöns densitet har ingen justering gjorts, dels eftersom det inte har funnits mätningar att jämföra beräknade densiteter med, dels då effekterna av en justering har bedömts vara extra osäkra för just snöns densitet.

För antal växlingar mellan dygn med plusgrader och dygn med minusgrader finns inget behov av justering, då detta redan har gjorts för temperatur (och nederbörd) i tidigare beräkningssteg (se Sjökvist m.fl. (2015)).

¹¹ Nya tidsserier har skapats för framtidsperioderna, vilka i sin tur har analyserats vidare

Referenser

Lindström, G., Pers, C.P., Rosberg, R., Strömqvist, J., Arheimer, B. (2010).

Development and test of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) model – A water quality model for different spatial scales. Hydrology Research 41.3-4:295-319.

Sjökvist, E., Axén Mårtensson, J., Dahné, J., Köplin, N., Björck, E., Nylén, L., Berglöv, G., Tengdelius Brunell, J., Nordborg, D., Hallberg, K., Södling, J., Berggreen Clausen, S. (2015). *Klimatscenarier för Sverige Bearbetning av RCP – scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier*, SMHI KLIMATOLOGI Nr 15, 2015.

SMHI (2015). *Framtidsklimat i*

[Dalarnas/Värmlands/Norrbottens/Västerbottens/Jämtlands/

Västernorrlands/Gävleborgs] län – enligt RCP-scenarier, SMHI KLIMATOLOGI Nr [16/17/32/33/34/35/36], 2015.

SMHI (2020). *Snöns densitet, vatteninnehåll och tyngd*, Kunskapsbanken på smhi.se, Uppdaterad 28 maj 2019

Strömqvist, J., Arheimer, B., Dahné, J., Donnelly, C. and Lindström, G. (2011). *Water and nutrient predictions in ungauged basins – Set-up and evaluation of a model at the national scale.* Hydrological Sciences Journal, 57:2, 229-247.

