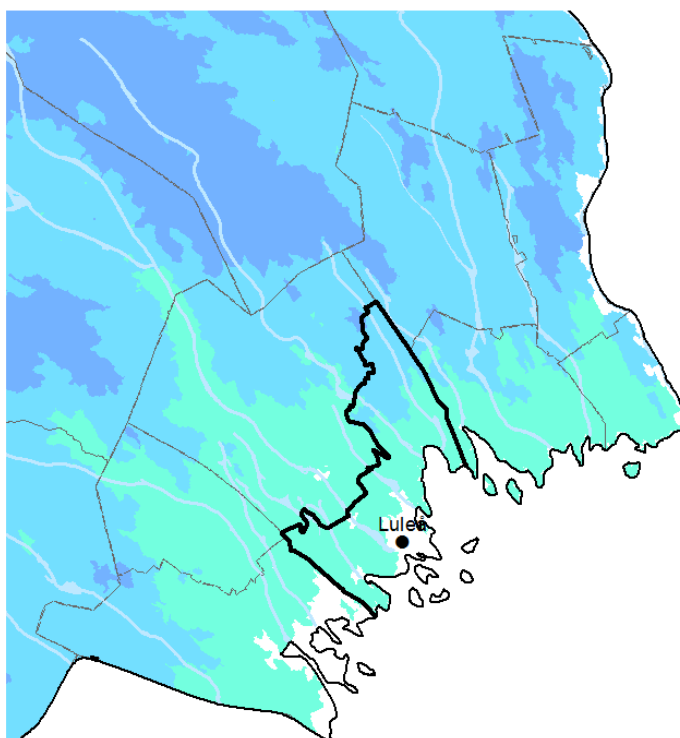


RAPPORT NR 2020/72

Framtidsklimat i Luleå kommun





RAPPORT NR 2020/72

Title Framtidsklimat i Luleå kommun

Författare Elin Sjökvist, Amanda Eriksson, Anna Johnell och Dorothée Vallot, SMHI

Omslagsbild Medelsnödjup i mars månad i slutet av seklet enligt RCP8.5.

Uppdragsgivare Länsstyrelsen Norrbotten, 971 86 Luleå

Kontakt person Micael Bredefeldt, 010-225 52 51, micael.bredefeldt@lansstyrelsen.se

Projektansvarig Elin Sjökvist, SMHI, 601 76 Norrköping, 011-495-8716, elin.sjokvist@smhi.se

Klassicering Allmänt

Diarienummer 2020/1006/9.5

Version 01, 2020-12-15

Version	Datum	Utfört av
01	2020-12-15	Sten Lindell, SMHI

1 Sammanfattning

Länsstyrelsen i Norrbotten har uppdragit till SMHI att analysera dagens och framtidens klimat i Luleå kommun, baserat på rapporterna Framtidsklimat i Norrbottens län (Berglöv et al. [2015] samt Snö i framtida klimat (Persson et al. [2020])).

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

Årsmedeltemperaturen för Luleå kommun var under perioden 1961-1990 0.8 °C. I slutet av seklet stiger temperaturen till 4.6 °C enligt RCP4.5 och 6.6 °C enligt RCP8.5. Båda scenarier innebär ett helt nytt klimat för kommunen.

Växtsäsongen förlängs och värmeböljor blir vanligare. Nederbörden ökar under hela året. Trots det minskar flödet i vattendragen på sommaren och det blir vanligare med låg markfuktighet. Övriga säsonger ökar flödena och vårfloden tidigareläggs. Den största uppvärmningen sker vintertid, då medeltemperaturen stiger från -11.7 °C till -6.7 °C enligt RCP4.5, eller till -3.9 °C enligt RCP8.5, vilket innebär att allt mer nederbörd faller som regn i stället för snö.

Antal dagar med snötäcke minskar med drygt 2 månader enligt RCP4.5 i slutet av seklet. Enligt RCP8.5 blir det endast några veckor med snö längs kusten. Medelsnödjupet minskar under mars månad, i slutet av seklet har RCP8.5 ett par cm längs kusten. I maj och oktober visar båda RCP-scenarier barmark i slutet av seklet.

Innehåll

1	Sammanfattning	4
2	Bakgrund	1
3	Metod och presentation	1
3.1	Framtida klimat	1
3.2	Osäkerheter	2
3.3	Läsansvisningar	2
3.3.1	Kartor	2
3.3.2	Diagram	3
3.3.3	Referensperiod	3
4	Temperatur	3
4.1	Årsmedeltemperatur	3
4.2	Medeltemperatur vinter	7
4.3	Medeltemperatur vår	10
4.4	Medeltemperatur sommar	13
4.5	Medeltemperatur höst	16
4.6	Vegetationsperiodens start	19
4.7	Vegetationsperiodens längd	21
4.8	Värmebölja	23
5	Nederbörd	25
5.1	Årsmedelnederbörd	25
5.2	Medelnederbörd vinter	28
5.3	Medelnederbörd vår	31
5.4	Medelnederbörd sommar	34
5.5	Medelnederbörd höst	37
5.6	Skyfall	39
6	Vattenföring	39
6.1	Total årsmedeltillrinning	39
6.2	Årsdynamik	40
6.3	Låg markfuktighet	42
6.4	Antal dagar med snö, 20 mm vatteninnehåll	44
6.5	Antal dagar med snö, 60 mm vatteninnehåll	46
6.6	Snödjup i mars	48
6.7	Snödjup i maj	50
6.8	Snödjup i oktober	52
6.9	Årscykel på snödjup	53
6.10	Årscykel på snöns vatteninnehåll	53
7	Slutsatser	55
	Referenser	55

2 Bakgrund

Klimatförändringen innebär stora utmaningar för alla delar av samhället, och alla sektorer måste bidra till att både minska utsläppen och anpassa sin verksamhet till framtidens klimat. År 2015 publicerade SMHI rapporten Framtidsklimat i Norrbottens län (Berglöv et al. [2015]) som inkluderade flertalet analyser av meteorologi och hydrologi för olika framtidsscenarier. År 2020 utförde SMHI på uppdrag av de sju nordligaste länsstyrelserna en fördjupad snöanalys; Snö i framtida klimat (Persson et al. [2020]). Länsstyrelsen i Norrbotten ansvarar för att samordna det regionala arbetet med klimatanpassning och har uppdragit till SMHI att ta fram kommunvisa rapporter om det framtida klimatet i länet, baserat på materialet från länsanalysen och snöanalysen.

3 Metod och presentation

I rapporten beskrivs det framtida klimatet i Luleå kommun med utgångspunkt från rapporten Framtidsklimat i Norrbottens län (Berglöv et al. [2015]) och Snö i framtida klimat (Persson et al. [2020]). Rapporten innehåller flertalet beräknade klimatindex baserade på olika klimatscenarier, de presenteras som kartor och diagram tillsammans med beskrivande texter. GIS-data för respektive klimatindex finns tillgängligt på SMHI:s webbplats (Framtidsklimat i Norrbottens län) och Länsstyrelsen BD (Snö i framtida klimat). I följande stycken beskrivs de antaganden som beräkningarna baseras på samt osäkerheter och läsanvisningar.

3.1 Framtida klimat

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

RCP4.5	RCP8.5
• Utsläppen av koldioxid ökar något och kulminerar omkring år 2040 • Befolkningsmängd något under 9 miljarder i slutet av seklet • Lågt arealbehov för jordbruksproduktion, bland annat till följd av större skördar och förändrade konsumtionsmönster • Omfattande skogsplanteringsprogram • Låg energiintensitet • Kraftfull klimatpolitik	• Koldioxidutsläppen är tre gånger dagens vid år 2100 och metanutsläppen ökar kraftigt • Jordens befolkning ökar till 12 miljarder vilket leder till ökade anspråk på betes- och odlingsmark för jordbruksproduktion • Teknikutvecklingen mot ökad energieffektivitet fortsätter, men långsamt • Stort beroende av fossila bränslen • Hög energiintensitet • Ingen tillkommande klimatpolitik

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

För att göra beräkningar av det framtida klimatet krävs klimatmodeller, de är matematiskt formulerade beskrivningar av de fysikaliska processerna i klimatsystemet. Det är mycket omfattande beräkningar som sker i flera steg på superdatorer. I analysen ingår resultat från nio olika globala klimatmodeller, som bearbetats med SMHIs regionala klimatmodell RCA4, vilka utgjorde ett underlag i IPCC:s

sammanställning av klimatvetenskapen 2013 [Church et al., 2013]. Ytterligare bearbetning har sedan utförts för att möjliggöra hydrologiska beräkningar.

För att beräkna vattenföring, markfuktighet och snö har en hydrologisk modell använts. De klimatindex som presenterats i länsanalysen (vattenföring, markfuktighet och snödagars med 20 mm vatteninnehåll) baseras på resultat från den hydrologiska modellen HBV, medan de som presenterats i snöprojektet (snödjup samt snödagars med 60 mm vatteninnehåll) baseras på resultat från den hydrologiska modellen S-HYPE. Olika modeller kan ibland ge olika resultat, vilket läsaren bör vara medveten om.

Resultaten presenteras i form av klimatindex, som definieras i respektive avsnitt. Varje enskilt modellresultat har bearbetats separat men resultaten presenteras som medelvärden för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. De index som berör temperatur och nederbörd, presenteras med upplösningen $4 \times 4 \text{ km}^2$. De hydrologiska indexen, som berör tillrinning, markfuktighet och snö, presenteras per avrinningsområde.

3.2 Osäkerheter

Ett klimatscenario kräver en lång kedja av beräkningar och antaganden. Därmed finns flera källor till osäkerheter och de kan sammanfattas i klimatets naturliga variationer, klimatmodellernas begränsningar, efterbearbetningar och framtida utsläpp av växthusgaser.

Den naturliga variationen innebär att klimatet varierar naturligt från år till år. En klimatmodell är inte i fas med verkligheten utan kan enbart ge statistik över långa perioder. Denna osäkerhet påverkar mest klimatscenarioer för en nära framtid, då klimatförändringen kan vara svår att urskilja från den naturliga variationen i klimatet.

Alla klimatmodeller baseras på samma grundläggande kunskap om klimatsystemet och fungerar på ungefär samma sätt. Resultaten skiljer sig ändå åt beroende på att processerna i klimatsystemet kan beskrivas på olika sätt, och att fler eller färre processer inkluderas i modellerna. En modell är alltid en förenkling av verkligheten, därför är det bra att sammanväga resultaten från flera olika modeller.

Efterbearbetning av data utgör ytterligare en osäkerhet, med t ex anpassning till befintliga väderobservationer, upplösningen justeras och hydrologiska modellering utförs.

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

3.3 Läsansvisningar

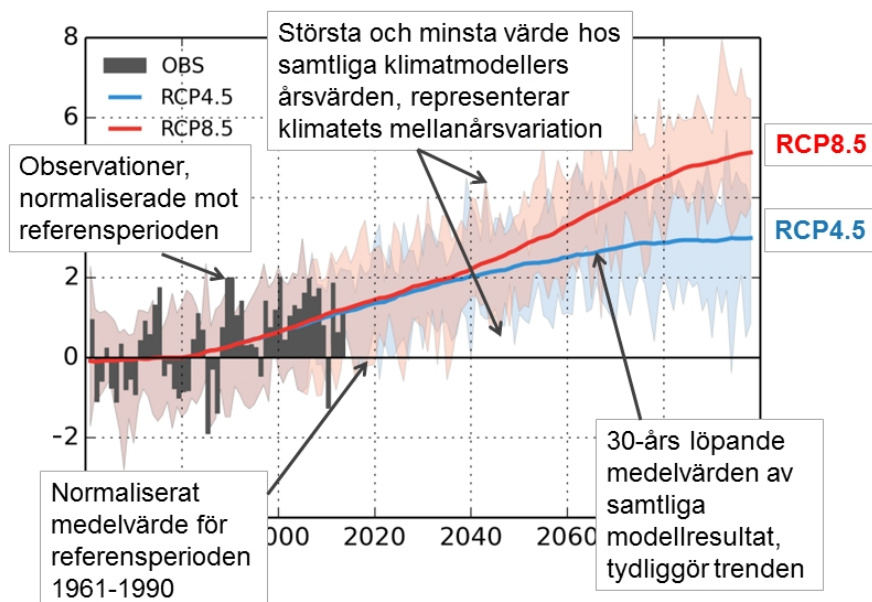
På följande sidor presenteras klimatindex i kartor och diagram. Nedan följer läsanvisningar.

3.3.1 Kartor

Alla kartor visar medelvärden över en given tidsperiod. De tidsperioder som använts är 1961-1990 (referensperiod meteorologi), 1963-1992 (referensperiod hydrologi), 2021-2050 samt 2069-2098. I de kartor som visar förändringar mellan tidsperioder presenteras värdena geografiskt utjämnade för att underlätta tolkningen. Luleå kommun med huvudort är markerad i samtliga kartor. Upplösningen i data är högre än vad klimatscenarioerna ger. Därför rekommenderar SMHI att inte använda resultat från enskilda beräkningsrutor vid vidare analys utan att göra en bedömning utifrån ett större område.

3.3.2 Diagram

Diagrammen för temperatur och nederbörd visar utvecklingen över tid för kommunen som helhet jämfört med referensperioden 1961-1990. Data baseras på ett geografiskt medelvärde för underlaget inom kommunen. De grå staplarna visar observationer, se förklaring av diagrammets uppbyggnad i figur 3.1.



Figur 3.1: Beskrivning av diagrammens struktur i rapporten.

Diagram för tillrinning, markfuktighet och snö visar utvecklingen över tid för ett definierat avrinningsområde, jämfört med referensperioden 1963-1992. För tillrinning och snödjup finns även diagram på årscykel, som visar medelvärden för årets alla dagar över en 30-årsperiod. För de hydrologiska indexen finns inga observerade värden att tillgå, därför saknas observationsstaplar. När slutet av seklet anges avses perioden 2069-2098.

3.3.3 Referensperiod

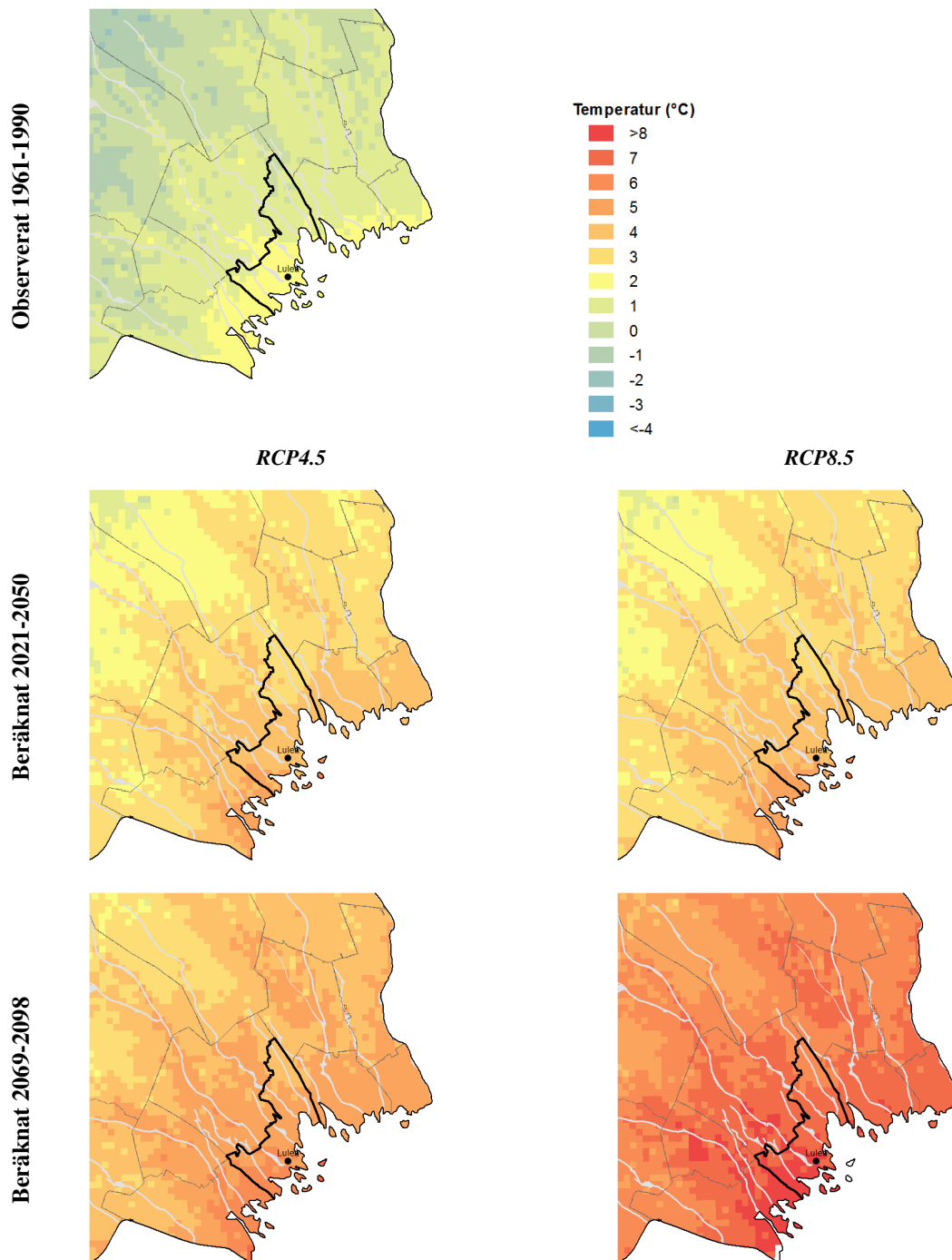
För samtliga beräkningar i rapporten används referensperioden 1961-1990 (för hydrologiska resultat 1963-1992). Under 2020 definierade SMHI en ny normalperiod; 1991-2020, som kommer användas för att studera det nuvarande klimatet och enskilda års avvikelser. Men Världsmeteorologiska organisationen (WMO) har bestämt att vid analyser av klimatförändringens långsiktiga utveckling ska perioden 1961-1990 även i fortsättningen användas som referens. Detta för att underlätta jämförelser med tidigare analyser och kunskap. I diagrammen för de meteorologiska analyserna i rapporten finns dock årsvis statistik för både den gamla och nya perioden, fram till år 2019.

4 Temperatur

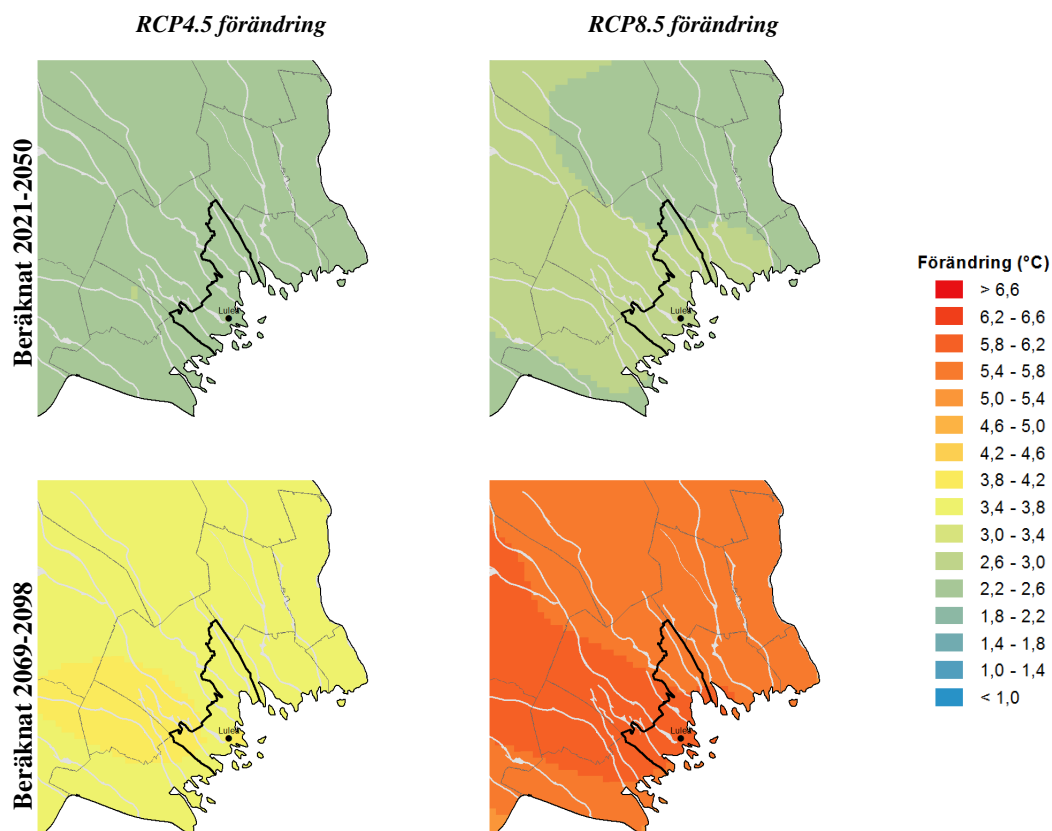
4.1 Årsmedeltemperatur

Årsmedeltemperatur är ett medelvärde av varje års dygnsmedeltemperaturer. Det är tillsammans med årsmedelnederbörd det mest använda måttet för att beskriva klimatet.

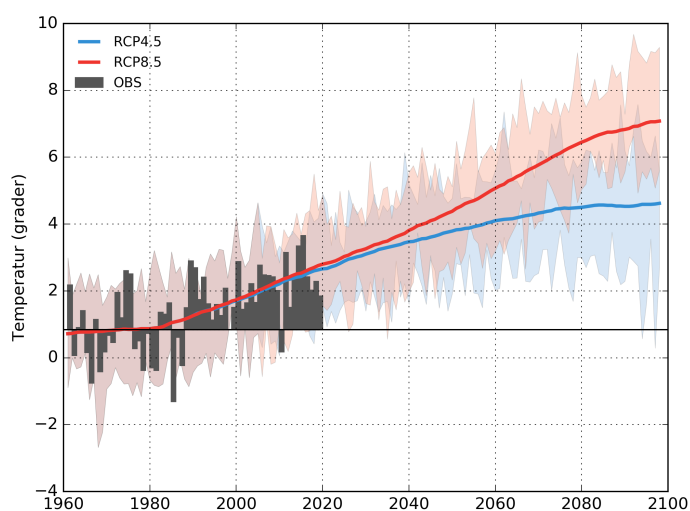
Under perioden 1961-1990 var årsmedeltemperaturen i Luleå kommun 0.8 °C. Kartorna i Figur 4.1 och 4.2 visar att temperaturen ökar successivt och trenden att det blir varmare är tydlig i båda klimatscenarierna. I mitten av seklet, perioden 2021-2050, är resultaten från de båda RCP-scenarierna mycket lika, skillnaderna tydliggörs först under andra hälften av seklet.



Figur 4.1: Årsmedeltemperatur. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 4.2: Årsmedeltemperatur. Förändring till perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

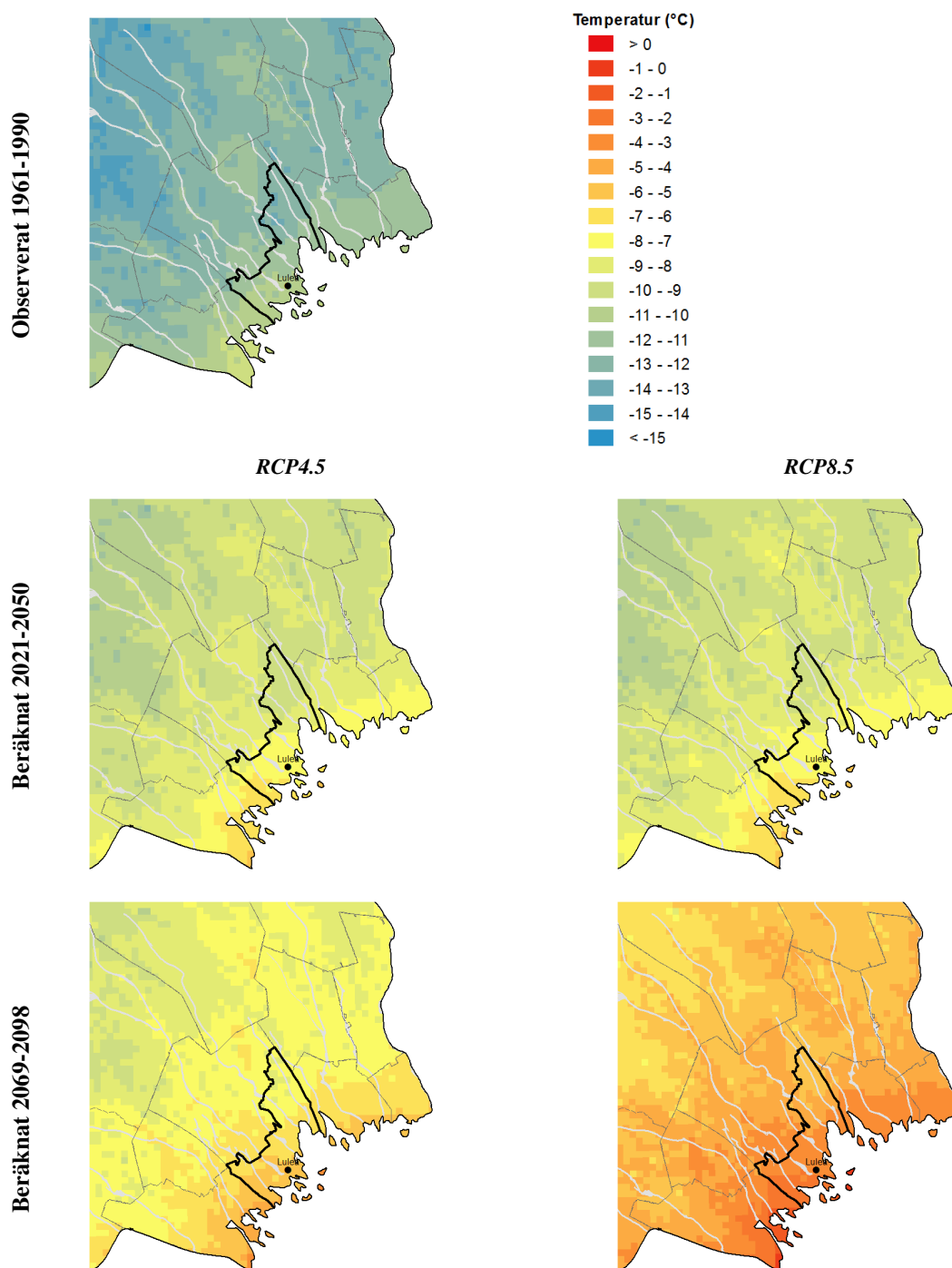


Figur 4.3: Årsmedeltemperatur. Tidsutveckling från år 1961 till 2100. Svart linje visar medelvärdet för referensperioden 1961-1990, grå staplar visar årsvis avvikelse enligt observationer till och med år 2019. Blå och röd kurva visar 30-års löpande medelvärde av klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Se förklaring i Kapitel 3.3.

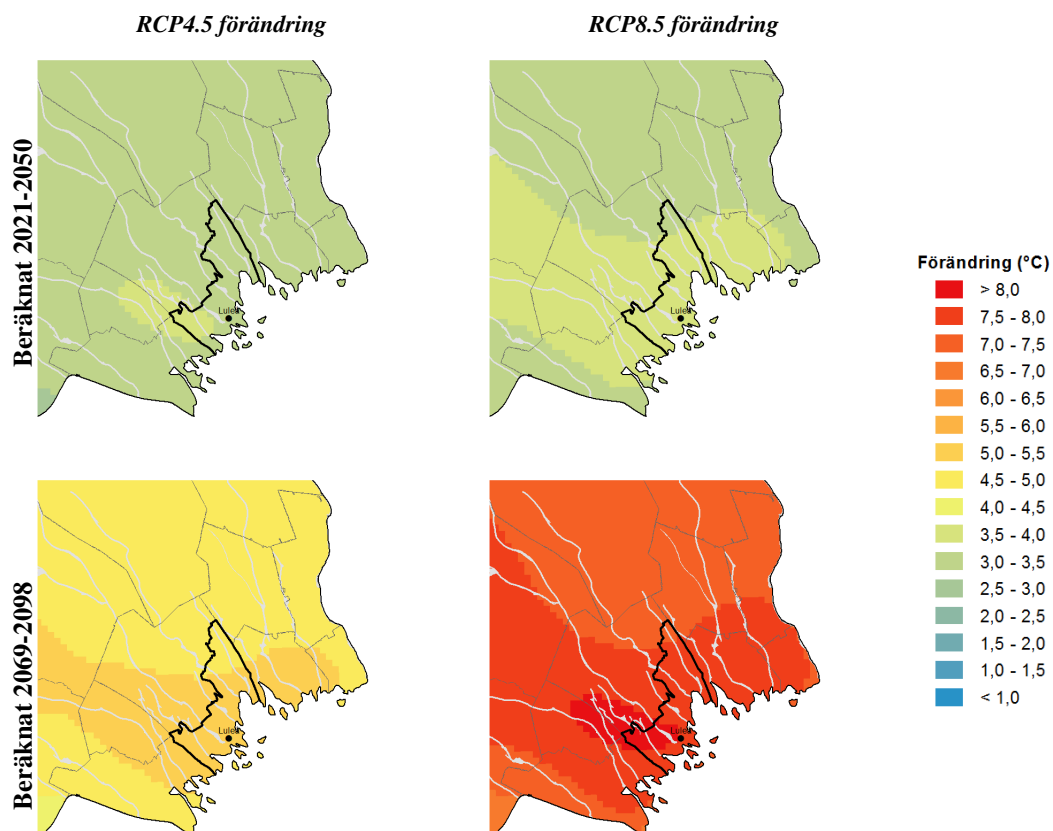
Diagrammet i Figur 4.3 visar förändringen för Luleå kommun enligt de två RCP-scenarierna, årsvärden av observerad medeltemperatur för kommunen är markerade som staplar. Denna mellanårsvariation består även i framtiden, vilket illustreras av de skuggade fälten i diagrammet. De heldragna linjerna visar 30-års löpande medelvärde av scenarierna för att förtydliga trenden. Temperaturen väntas stiga med flera grader till slutet av seklet; enligt RCP4.5 med 3.7 °C medan RCP8.5 visar på 5.8 °C ökning.

4.2 Medeltemperatur vinter

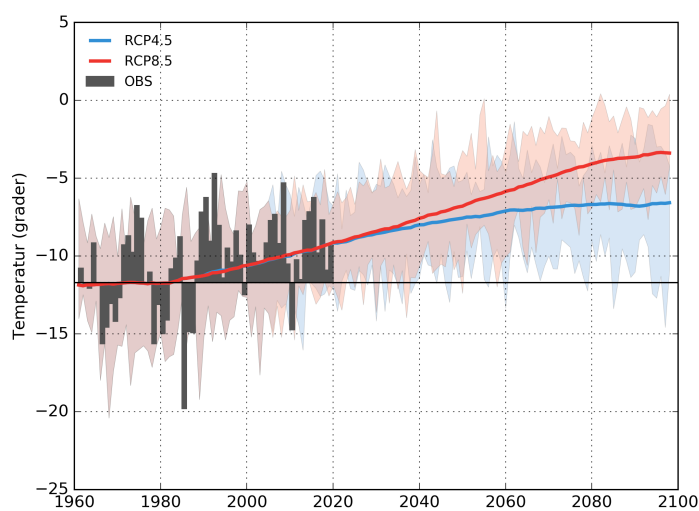
Vinter definieras här som perioden december-februari, inom vilken samtliga dygnsmedeltemperaturer ingår i beräkningarna.



Figur 4.4: Vintermedeltemperatur. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 4.5: Vintermedeltemperatur. Förändring till perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

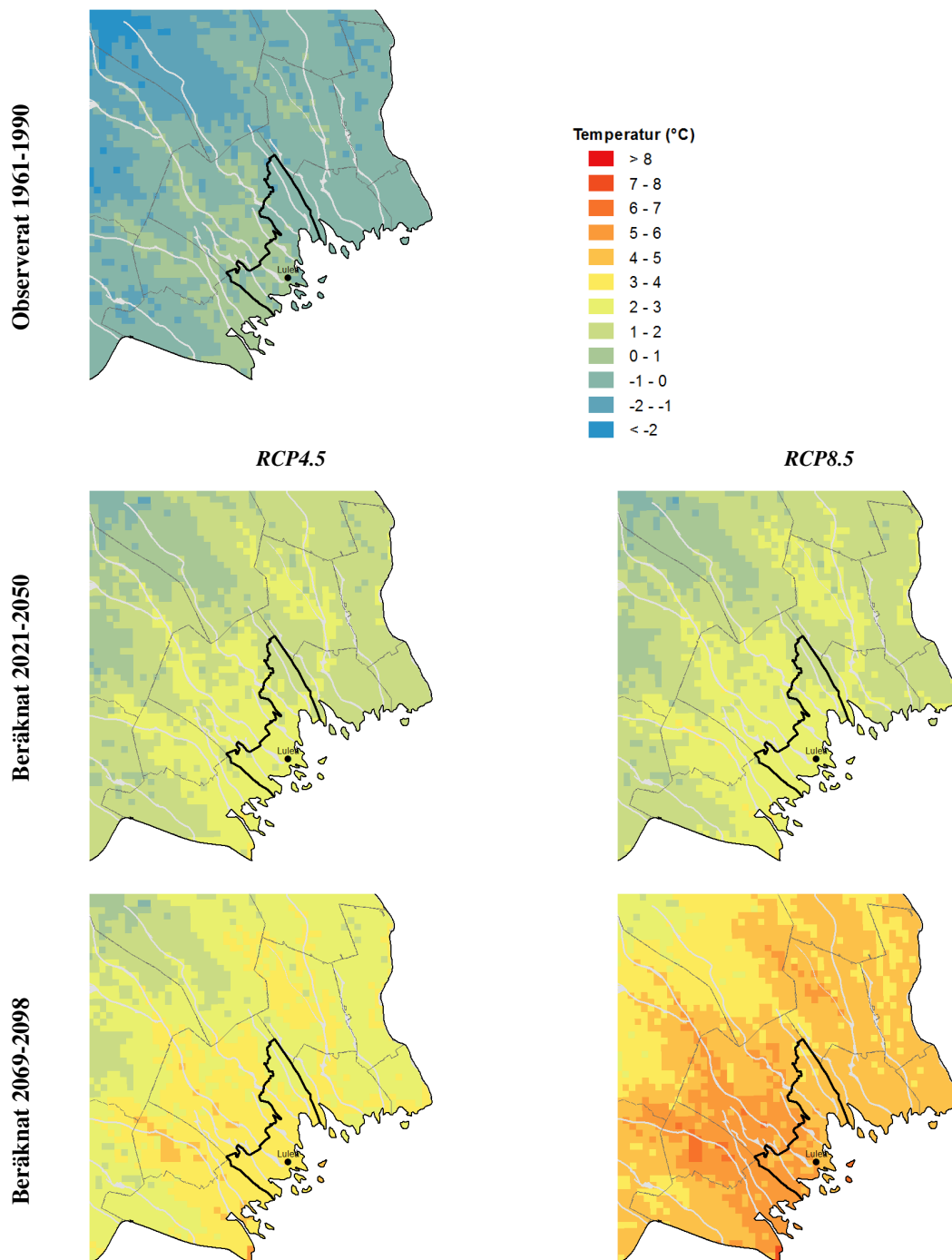


Figur 4.6: Vintermedeltemperatur. Tidsutveckling från år 1961 till 2100. Svart linje visar medelvärdet för referensperioden 1961-1990, grå staplar visar årsvis avvikelse enligt observationer till och med år 2019. Blå och röd kurva visar 30-års löpande medelvärde av klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Se förklaring i Kapitel 3.3.

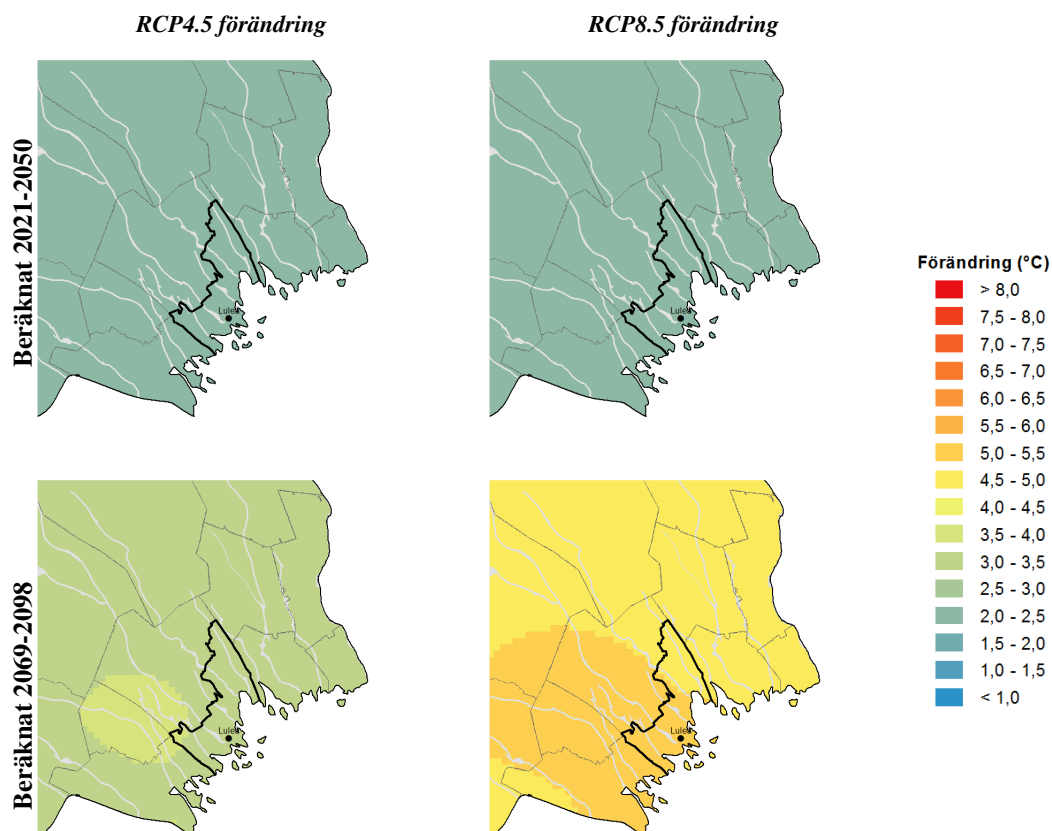
Figur 4.4 och 4.5 visar observerad och beräknad vintermedeltemperatur för Luleå kommun. Medeltemperaturen under perioden 1961-1990 var under referensperioden 1961-1990 -11.7 °C. Vintrarna har blivit något mildare sedan dess, men observationsstaplarna i Figur 4.6 visar att mellanårsvariationen är stor. De två olika scenarierna ger ännu mildare vintrar framöver, vintern är den säsong som värms upp mest. Vid slutet av seklet har vintermedeltemperaturen ökat med ca 5.1 °C enligt RCP4.5 och 7.9 °C enligt RCP8.5.

4.3 Medeltemperatur vår

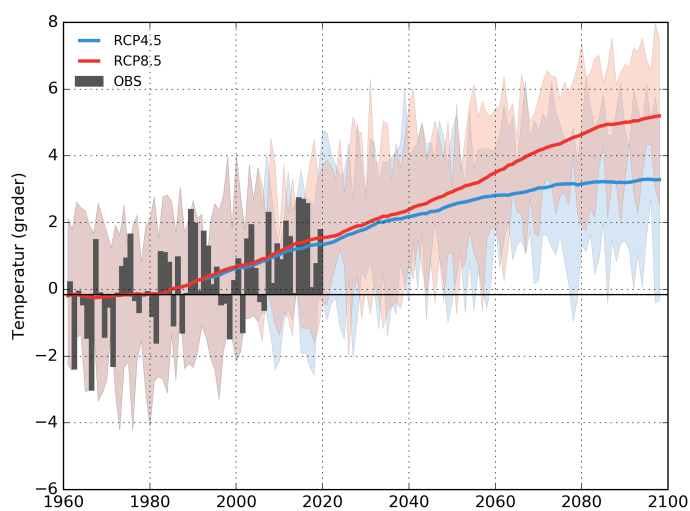
Vår definieras här som perioden mars-maj, inom vilken samtliga dygnsmedeltemperaturer ingår i beräkningarna.



Figur 4.7: Vårmedeltemperatur. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 4.8: Vårmedeltemperatur. Förändring till perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

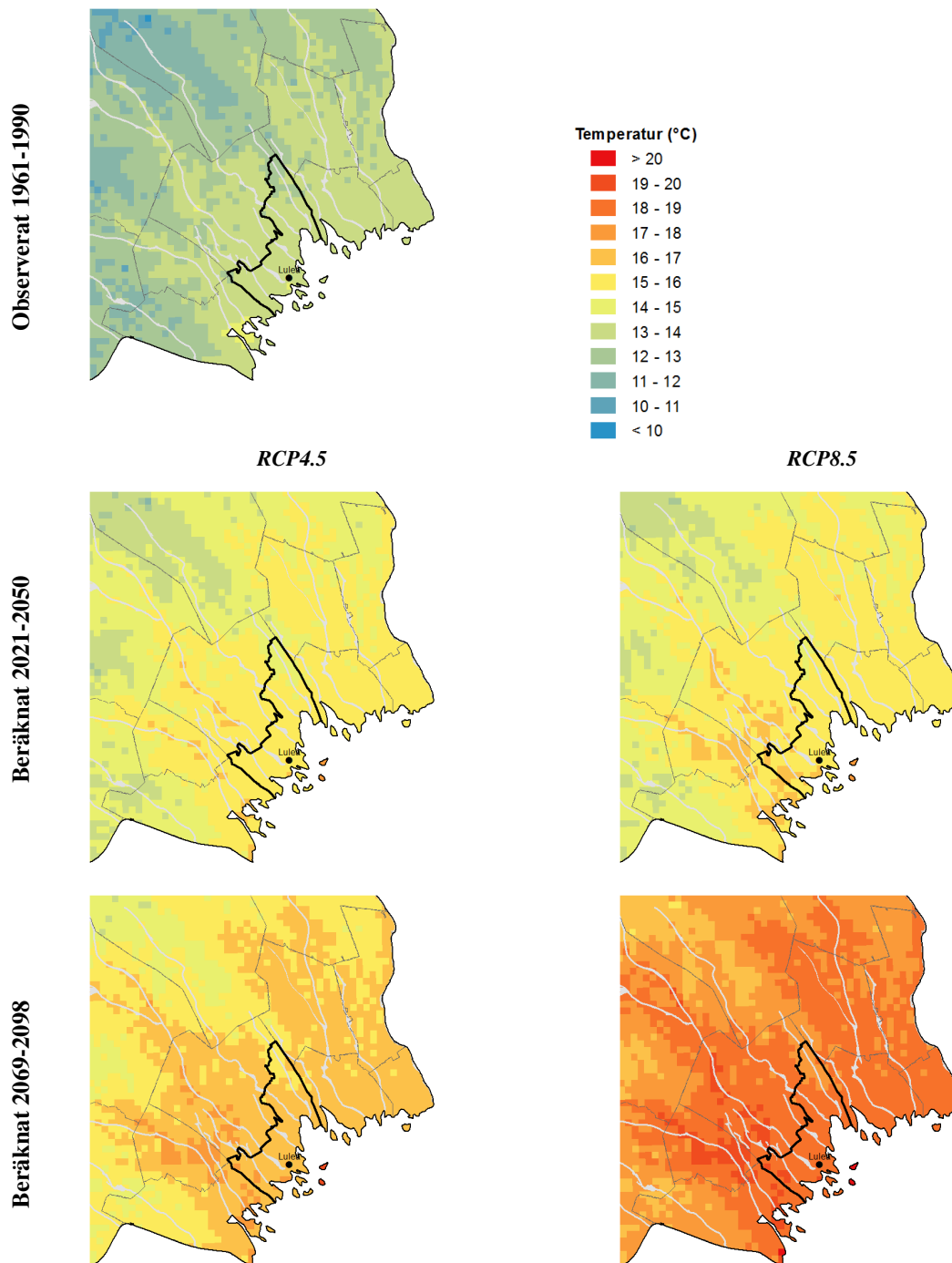


Figur 4.9: Vårmedeltemperatur. Tidsutveckling från år 1961 till 2100. Svart linje visar medelvärdet för referensperioden 1961-1990, grå staplar visar årsvis avvikelse enligt observationer till och med år 2019. Blå och röd kurva visar 30-års löpande medelvärde av klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Se förklaring i Kapitel 3.3.

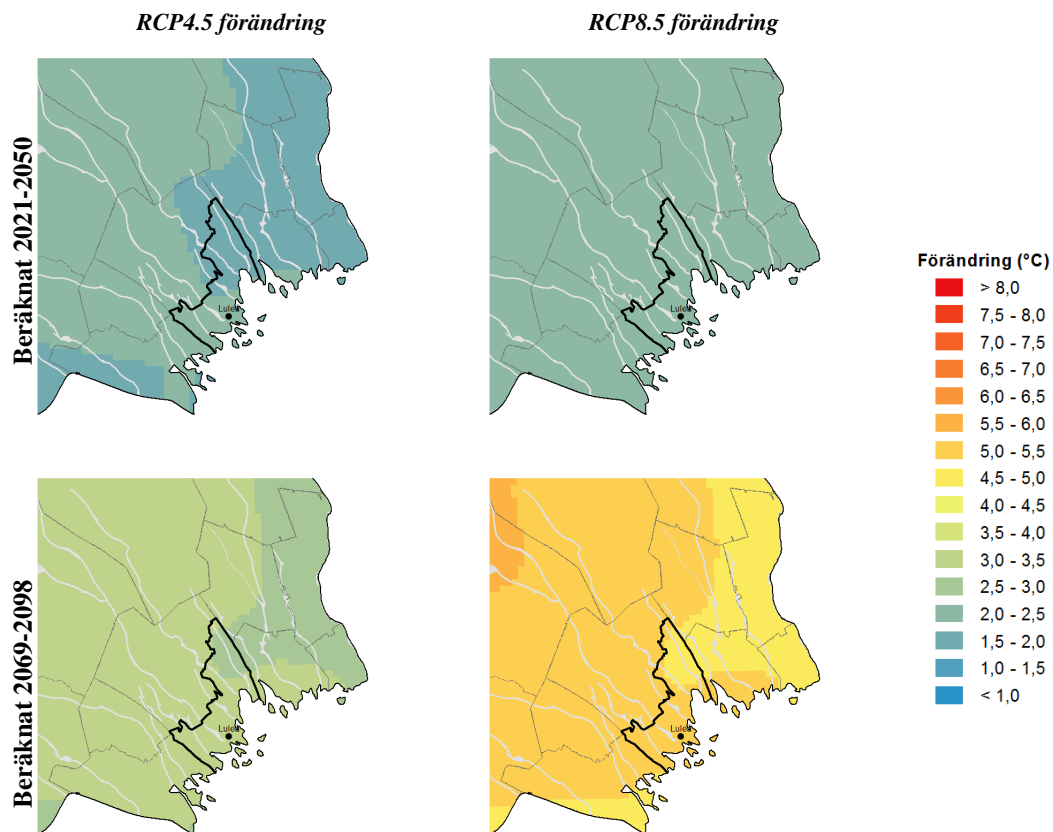
Figur 4.7 och 4.8 visar observerad och beräknad vårmedeltemperatur. Under perioden 1961-1990 var vårmedeltemperaturen i Luleå kommun -0.2°C , i Figur 4.9 syns att mellanårsvariationen är betydligt mindre jämfört med vintern. Sedan dess har vårtemperaturen ökat med någon grad. Till slutet av seklet har RCP4.5 ökat med 3.4°C och RCP8.5 med 5.0°C jämfört med 1961-1990.

4.4 Medeltemperatur sommar

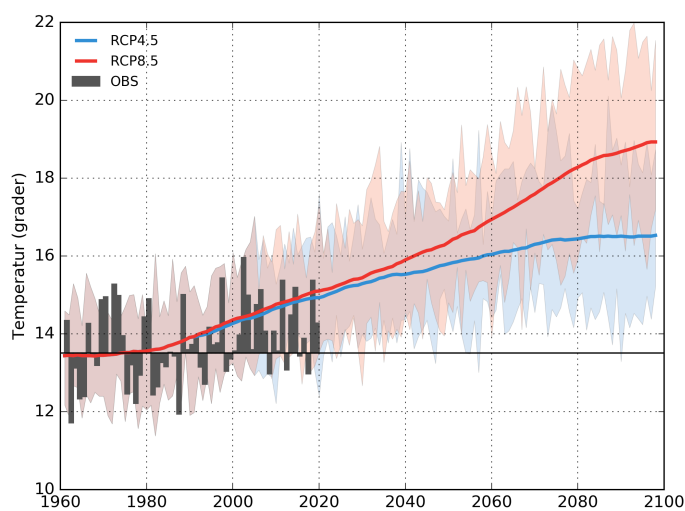
Sommar definieras här som perioden juni-augusti. Kartor och diagram visar medelvärden över dessa tre månader.



Figur 4.10: Sommarmedeltemperatur. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 4.11: Sommarmedeltemperatur. Förändring till perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

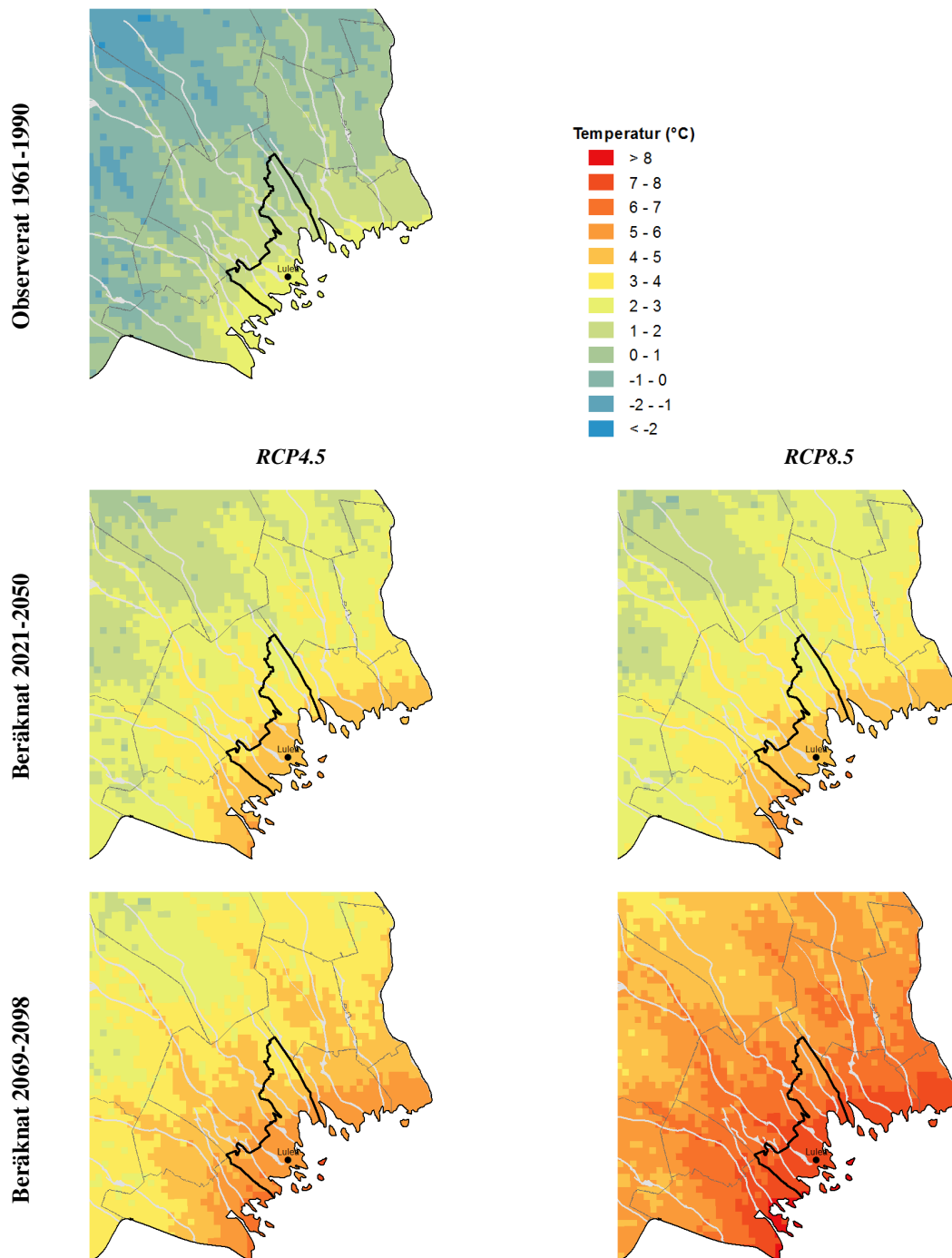


Figur 4.12: Sommarmedeltemperatur. Tidsutveckling från år 1961 till 2100. Svart linje visar medelvärdet för referensperioden 1961-1990, grå staplar visar årsvis avvikelse enligt observationer till och med år 2019. Blå och röd kurva visar 30-års löpande medelvärde av klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Se förklaring i Kapitel 3.3.

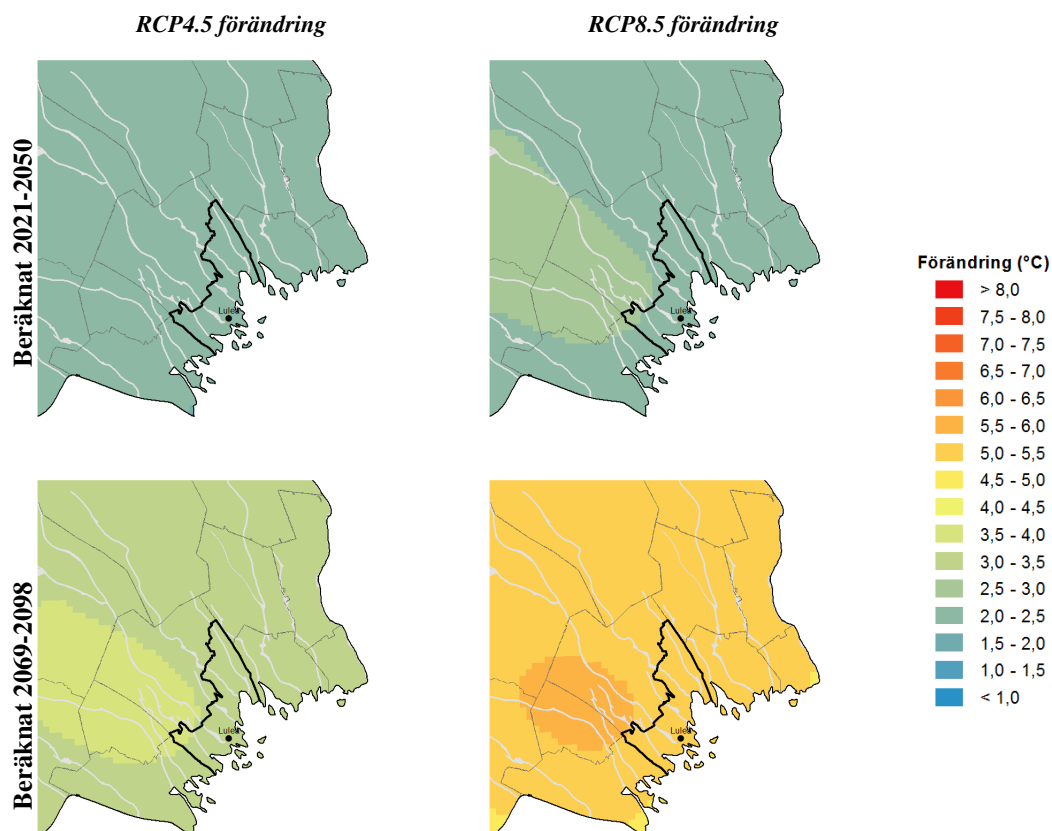
Sommarmedeltemperaturen i Luleå kommun var under 1961-1990 13.5 °C, se figurerna 4.10, 4.11 och 4.12. Enligt RCP4.5 stiger sommarmedeltemperaturen med 3.0 °C, medan RCP8.5 visar på drygt 4.9 °C temperaturökning.

4.5 Medeltemperatur höst

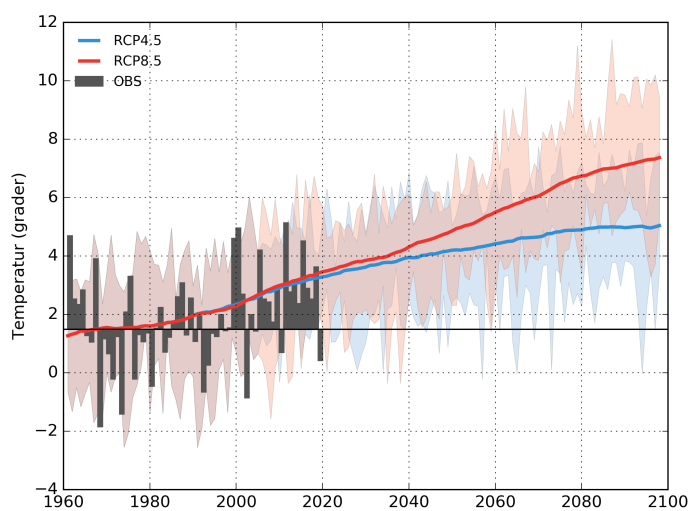
Höst definieras här som perioden september-november. Kartor och diagram visar medelvärden över dessa tre månader.



Figur 4.13: Höstmedeltemperatur. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 4.14: Höstmedeltemperatur. Förändring till perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

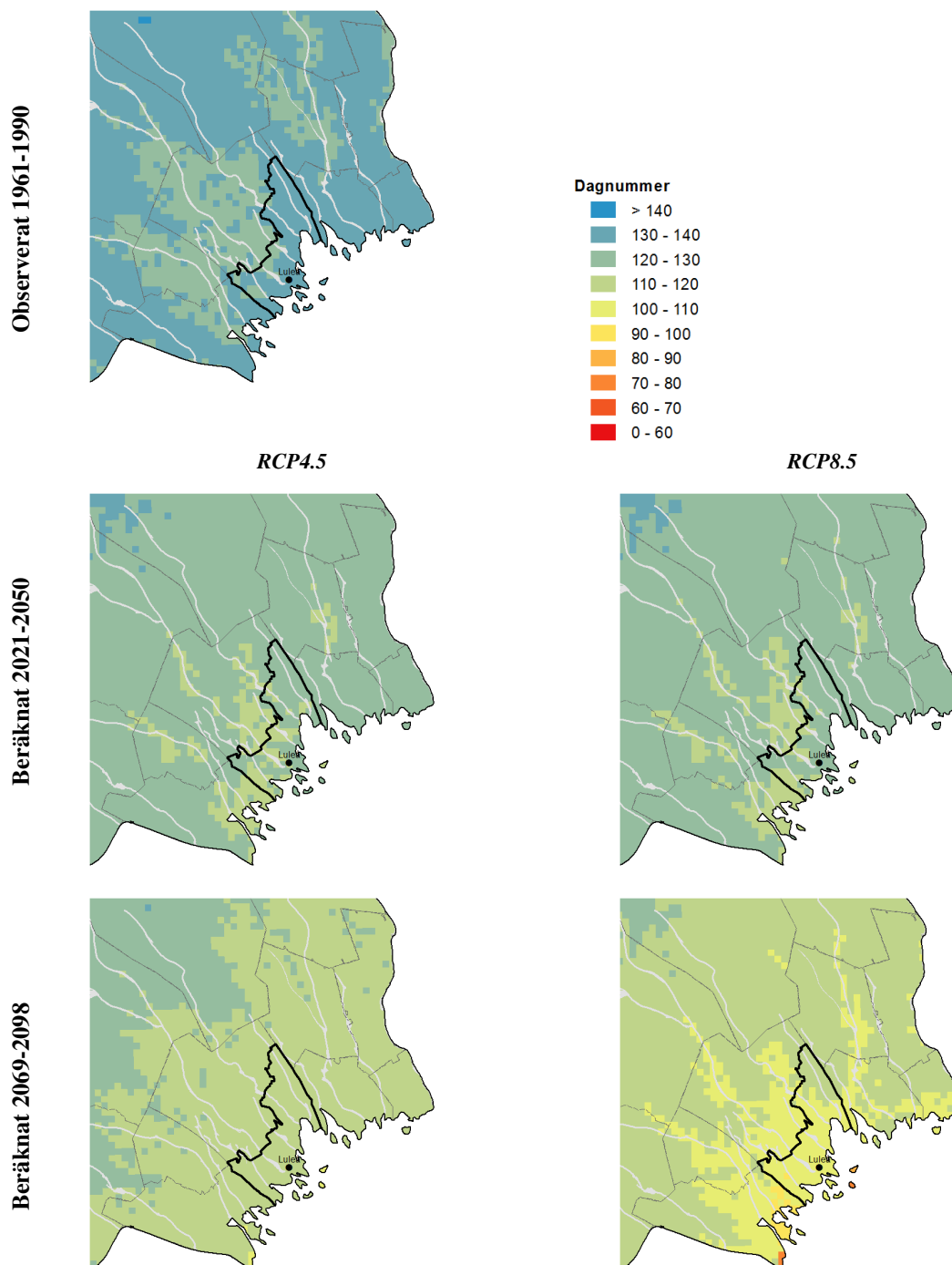


Figur 4.15: Höstmedeltemperatur. Tidsutveckling från år 1961 till 2100. Svart linje visar medelvärde för referensperioden 1961-1990, grå staplar visar årsvis avvikelse enligt observationer till och med år 2019. Blå och röd kurva visar 30-års löpande medelvärde av klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Se förklaring i Kapitel 3.3.

Medeltemperaturen för hösten i Luleå kommun var 1.5 °C under referensperioden 1961-1990. Statistik för hösttemperatur presenteras i figurerna 4.13, 4.14 och 4.15. Sedan referensperioden har temperaturen stigit och till slutet av seklet blir det 3.4 °C varmare enligt RCP4.5 och 5.3 °C varmare enligt RCP8.5.

4.6 Vegetationsperiodens start

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

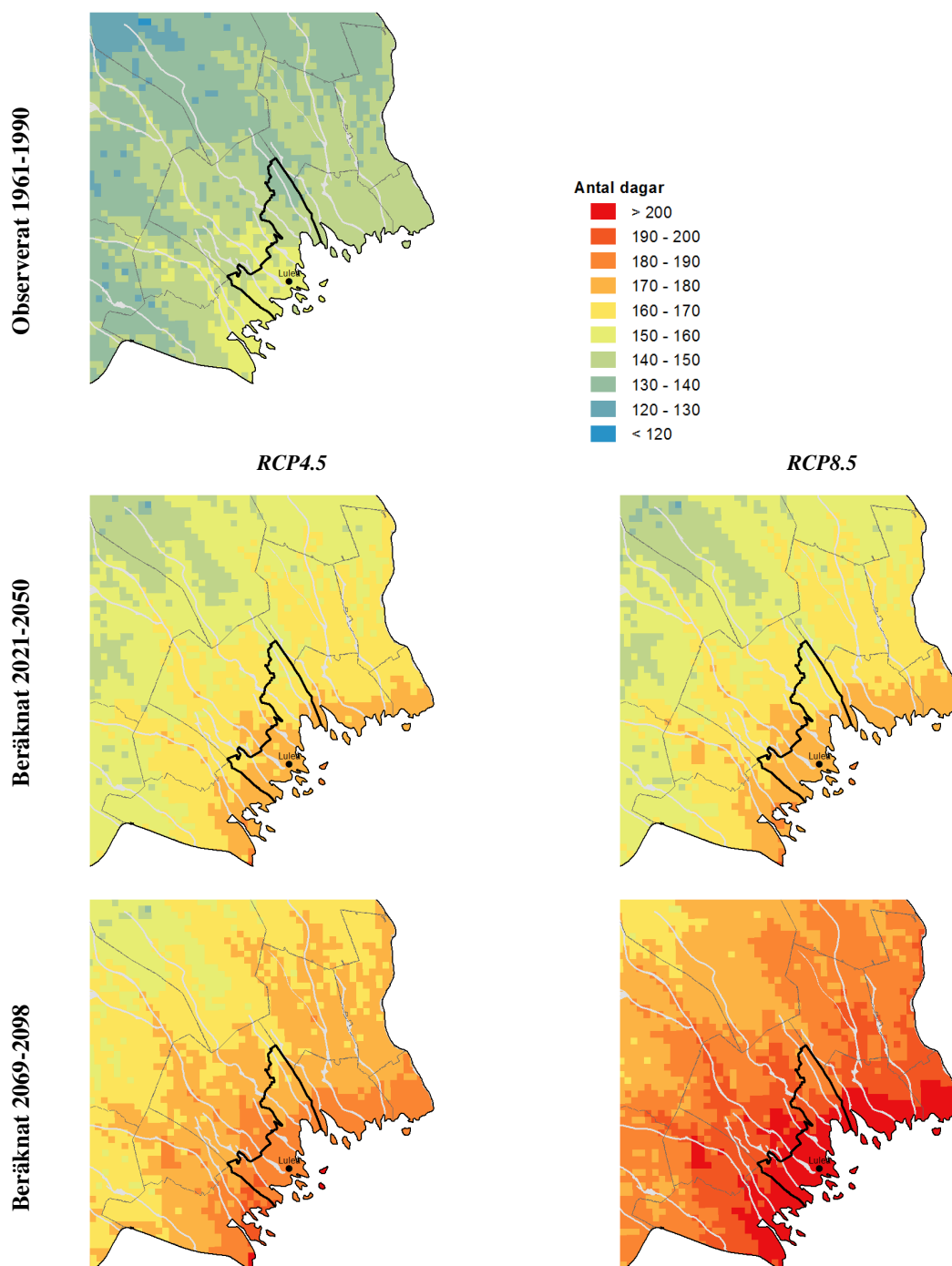


Figur 4.16: Vegetationsperiodens start. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

Under referensperioden 1961-1990 var medelvärdet för starttiden i Luleå kommun dag nummer 130, vilket motsvarar 9 maj. . Enligt Figur 4.16 tidigareläggs växtsäsongens start i takt med att klimatet blir varmare. I slutet av seklet har starttidpunkten tidigarelagts med ca 13 dagar enligt RCP4.5 medan RCP8.5 visar tidigareläggning på 21 dagar. Analyser av vegetationsperiodens sluttidpunkt visar att slutet senareläggs ungefär lika mycket som starten tidigareläggs.

4.7 Vegetationsperiodens längd

Vegetationsperiodens längd presenteras i Figur 4.17.



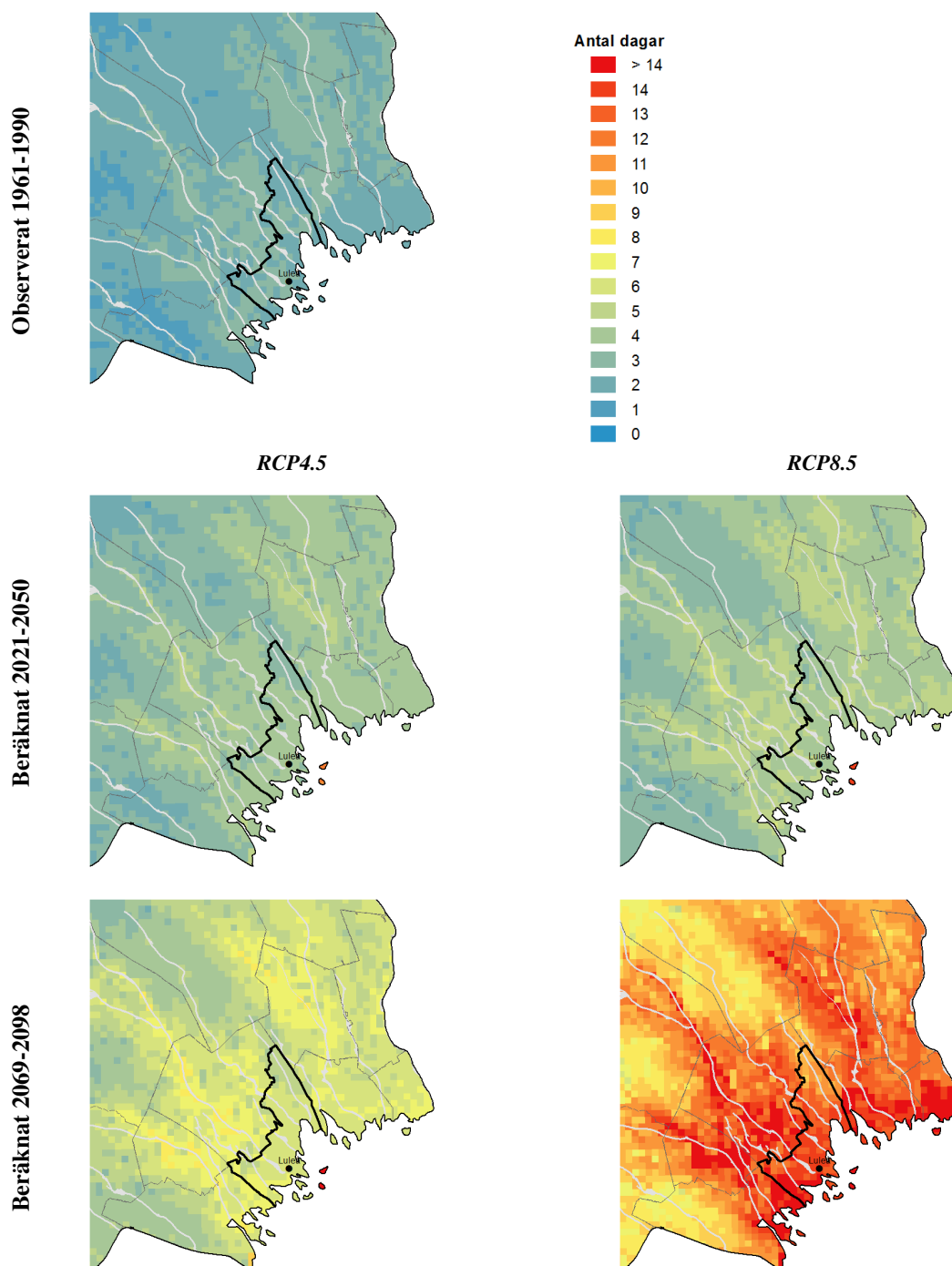
Figur 4.17: Vegetationsperiodens längd. Observerat för perioden 1961-1990 samt beräknat enligt klimatscenerierna RCP4.5 och RCP8.5 för perioderna 2021-2050 och 2069-2098. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

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

Längden på vegetationsperioden under perioden 1961-1990 i Luleå kommun var 146 dagar i medeltal. Enligt Figur 4.17 visar klimatscenerierna att vegetationsperioden blir längre under de kommande årtiondena. Fram mot slutet av århundradet visar RCP4.5 på en förlängning av vegetationsperioden med ca 30 dagar i genomsnitt. Motsvarande för RCP8.5 är ca 51 dagar, vilket innebär att vegetationsperioden, såsom den här definieras utifrån temperatur, kommer pågå 200 dagar.

4.8 Värmebölja

Värmebölja presenteras i Figur 4.18.



Figur 4.18: Årets längsta värmebölja. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

Värmebölja är vanligen ett begrepp för en längre period med höga dagstemperaturer. Det finns ingen

vedertagen internationell definition och även i Sverige förekommer flera definitioner. Här definieras värmebölja som årets längsta sammanhängande period med dygnsmedeltemperatur över 20 °C. Indexet belyser behovet av anpassning till perioder med höga temperaturer för t.ex. byggnader och vård- och omsorgssektorn.

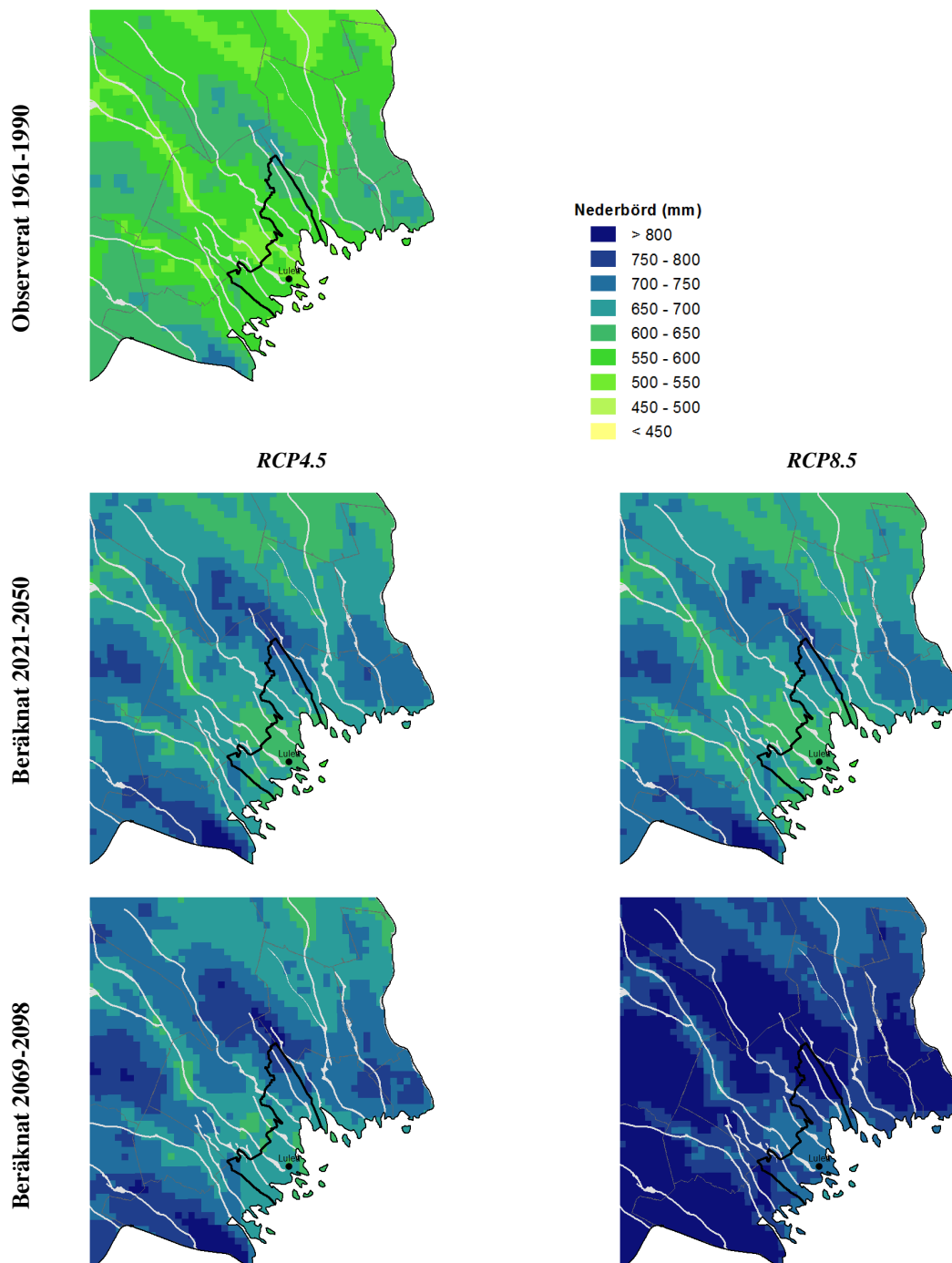
Värmeböljor är idag ovanliga i Luleå kommun, genomsnittet av årets längsta värmebölja ger statistik på ca 1 dag för perioden 1961-1990, se Figur 4.18. Eftersom kartorna visar ett medelvärde över 30 år kan det förekomma längre värmeböljor vissa år, medan det andra år inte förekommer några värmeböljor alls. Beräkningarna visar att värmeböljor blir vanligare och förlängs under de kommande decennierna. Skillnaden är störst för RCP8.5, här blir de längsta värmeböljorna i genomsnitt 12 dagar i slutet av seklet, med variation inom kommunen. Ökningen är inte fullt lika stor i RCP4.5 som visar på 5 dagar långa värmeböljor i genomsnitt.

Observera att kartorna för värmebölja ibland kan ge missvisande resultat. Detta beror på att det statistiska underlaget för detta index är litet och extrema värden från klimatscenarier kan få oproportionerligt stort genomslag. Använd därför resultaten med försiktighet.

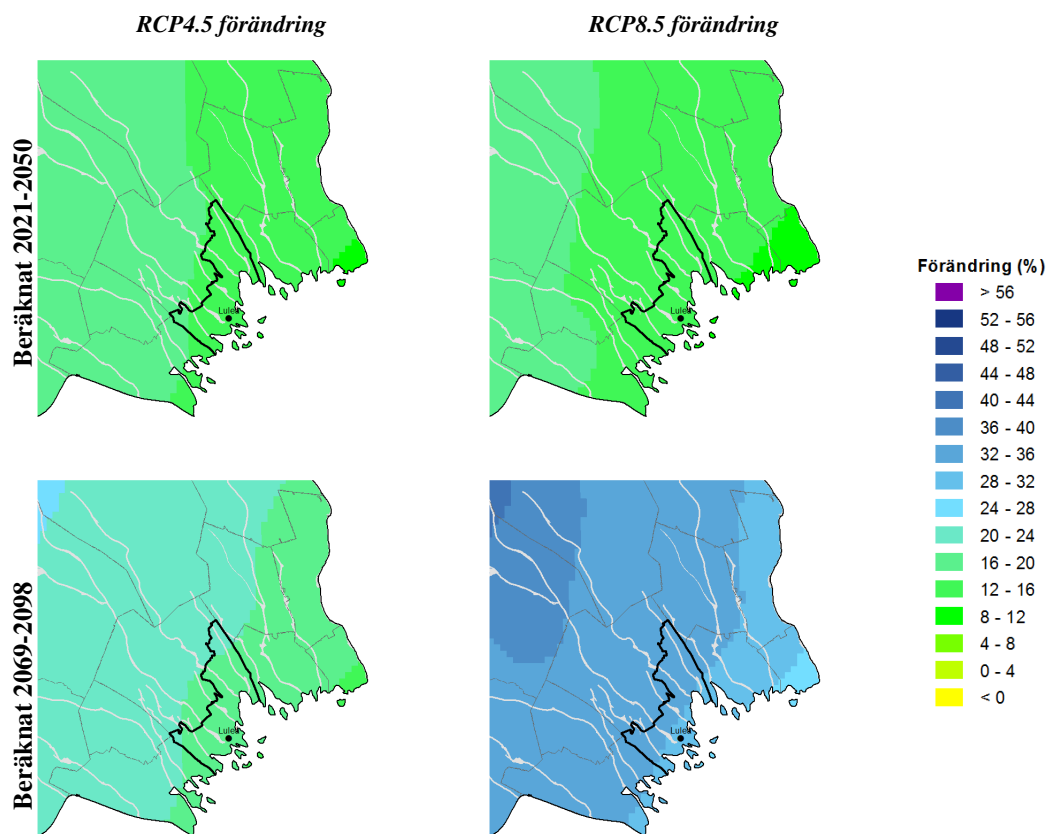
5 Nederbörd

5.1 Årsmedelnederbörd

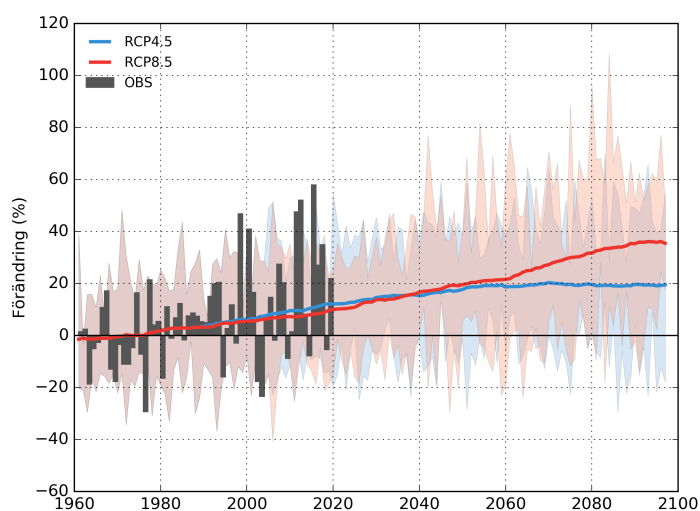
Årsmedelnederbörd är medelvärde av varje års summerade dygnsnederbörd.



Figur 5.1: Årsmedelnederbörd. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 5.2: Årsmedelnederbörd. Förändring till perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

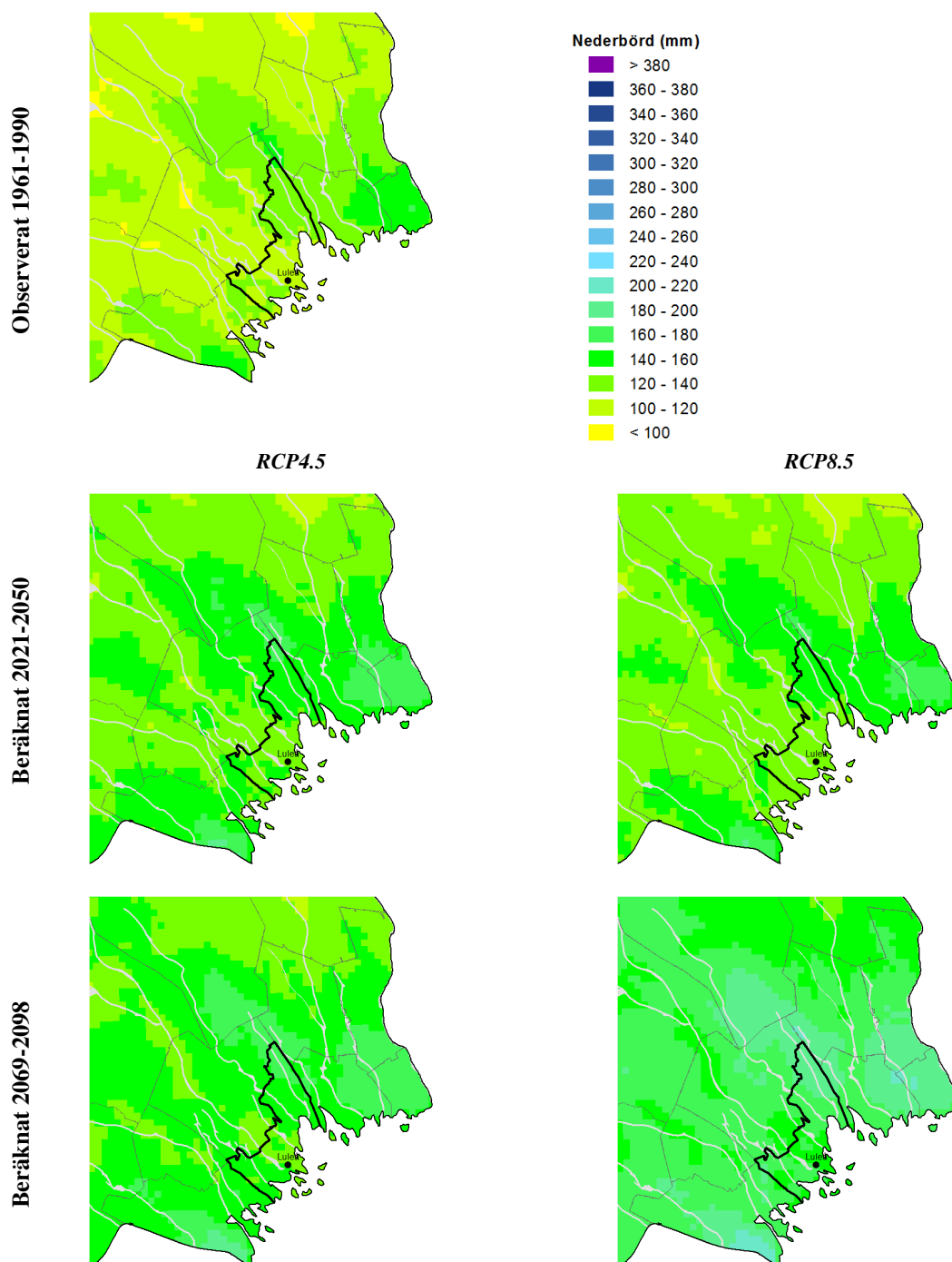


Figur 5.3: Årsmedelnederbörd. Tidsutveckling från år 1961 till 2100. Svart linje visar medelvärdet för referensperioden 1961-1990, grå staplar visar årsvis avvikelse enligt observationer till och med år 2019. Blå och röd kurva visar 30-års löpande medelvärde av klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Se förklaring i Kapitel 3.3.

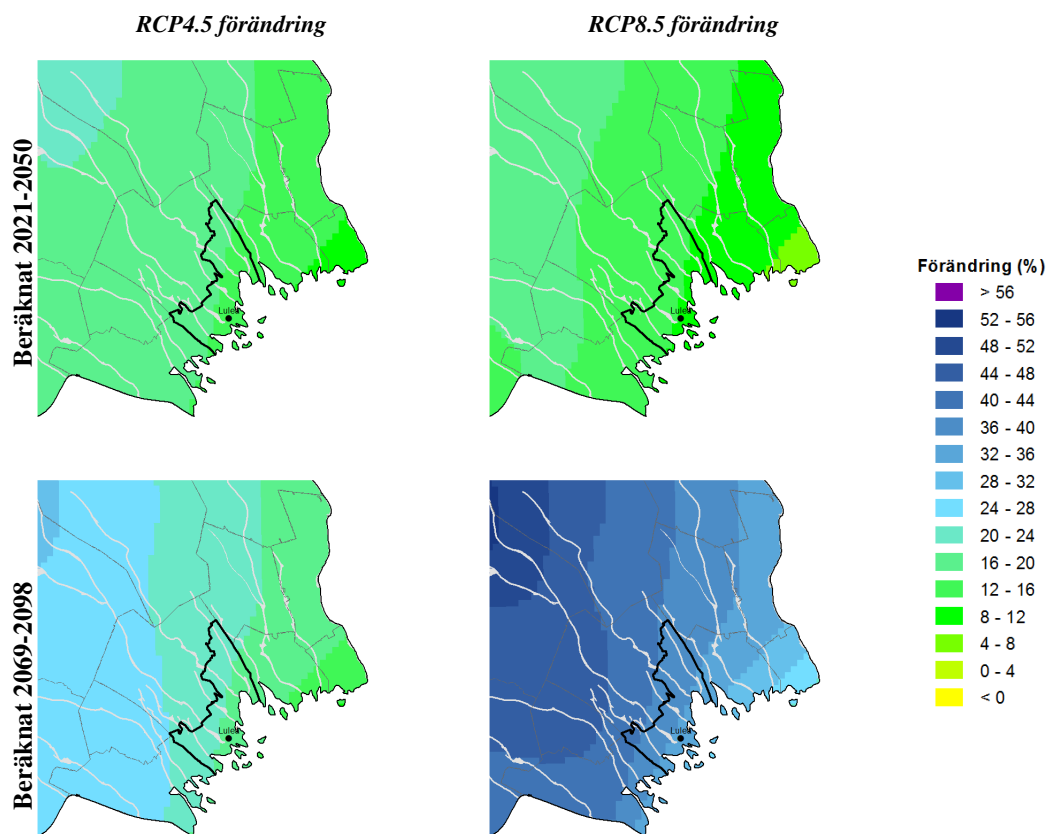
Figur 5.1 visar geografisk fördelning av årsmedelnederbörden i Luleå kommun med omnejd, och Figur 5.2 visar procentuell förändring av nederbörden. Årsmedelnederbörden var under perioden 1961-1990 578 mm i kommunen. Diagrammet i Figur 5.3 visar att mellanårsvariationen är stor (se de svarta observationsstaplarna). Nederbörden ökar i takt med att klimatet blir varmare, eftersom varmare luft kan innehålla mer fukt. Båda RCP-scenarier visar en ökning av nederbörden. Ökningen är störst i RCP8.5, ca 32 % till slutet av seklet, medan RCP4.5 visar en ökning på ca 19 %.

5.2 Medelnederbörd vinter

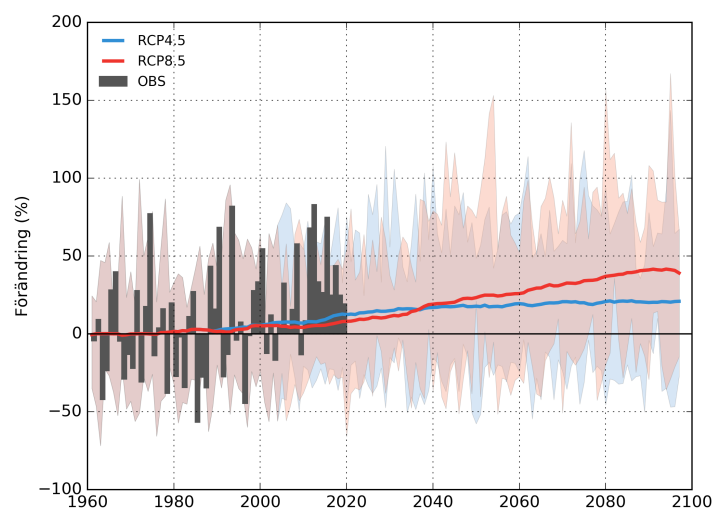
Vinter definieras här som perioden december-februari, över vilken nederbörden är summerad.



Figur 5.4: Vintermedelnederbörd. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 5.5: Vintermedelnederbörd. Förändring till perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

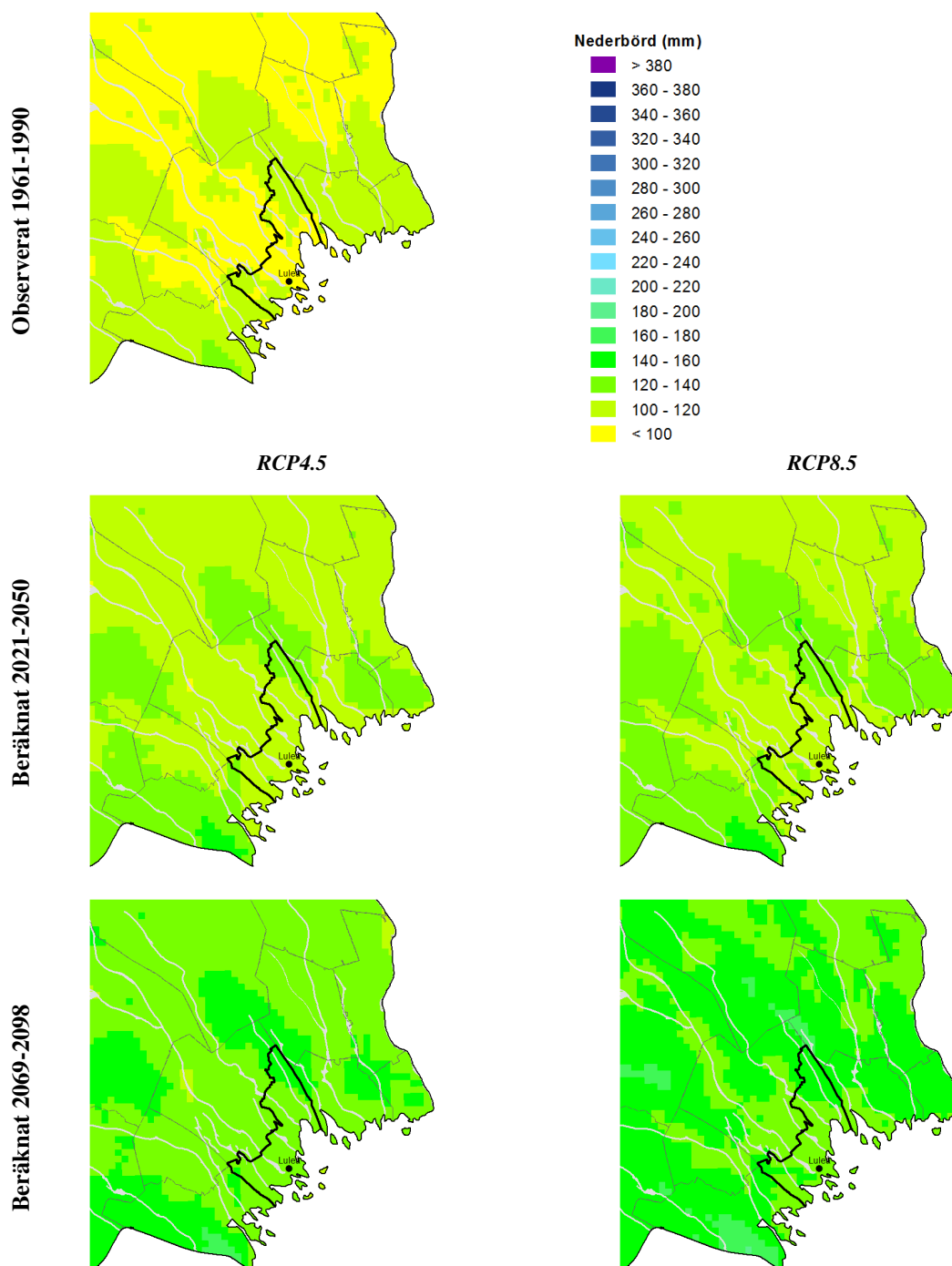


Figur 5.6: Vintermedelnederbörd. Tidsutveckling från år 1961 till 2100. Svart linje visar medelvärdet för referensperioden 1961-1990, grå staplar visar årsvis avvikelse enligt observationer till och med år 2019. Blå och röd kurva visar 30-års löpande medelvärde av klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Se förklaring i Kapitel 3.3.

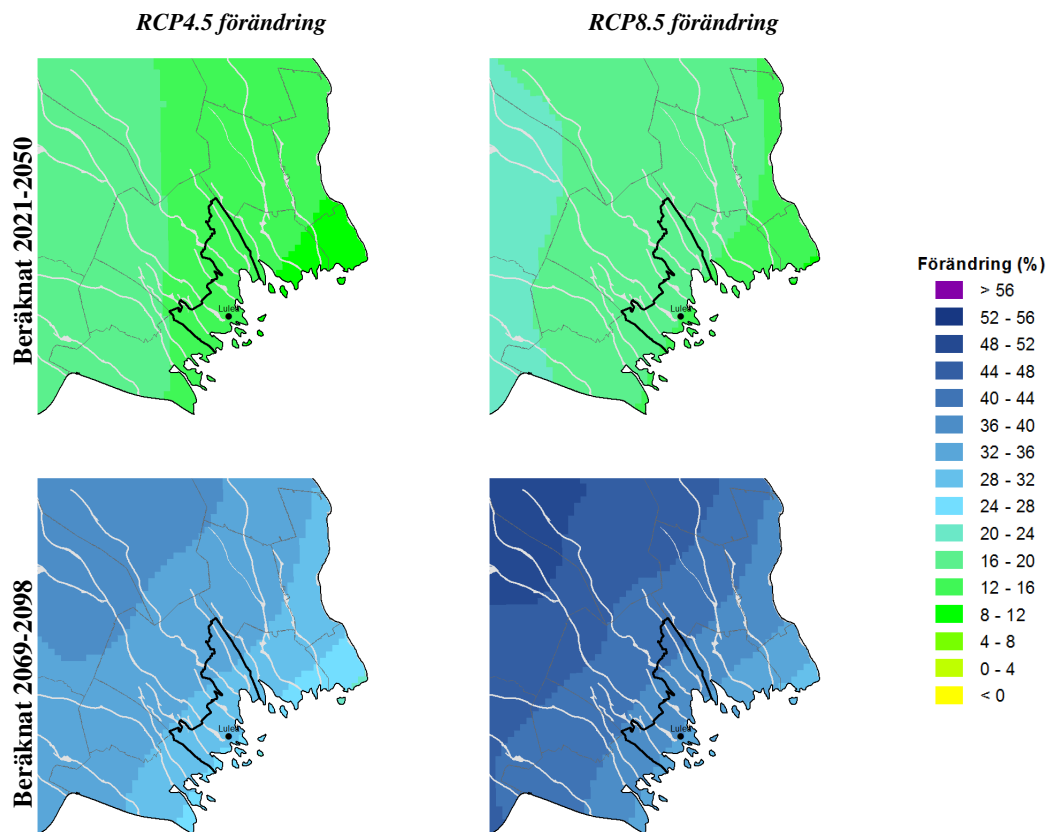
Figur 5.4 visar geografisk fördelning av vintermedelnederbörden i Luleå kommun med omnejd, och Figur 5.5 visar procentuell förändring av nederbörden. Vinternederbörden faller mest som snö och årsmedelvärdet i smält form var under perioden 1961-1990 122 mm. Diagrammet i Figur 5.6 visar att mellanårsvariationen är mycket stor. Vinternederbörden ökar med ett varmare klimat och RCP8.5 visar på störst ökning till slutet av seklet, upp mot 37 %. Ökningen för RCP4.5 är mindre och sker främst under första halvan av seklet för att sedan plana ut. I och med ett varmare klimat kommer nederbörd som regn i stället för snö att bli allt vanligare vintertid.

5.3 Medelnederbörd vår

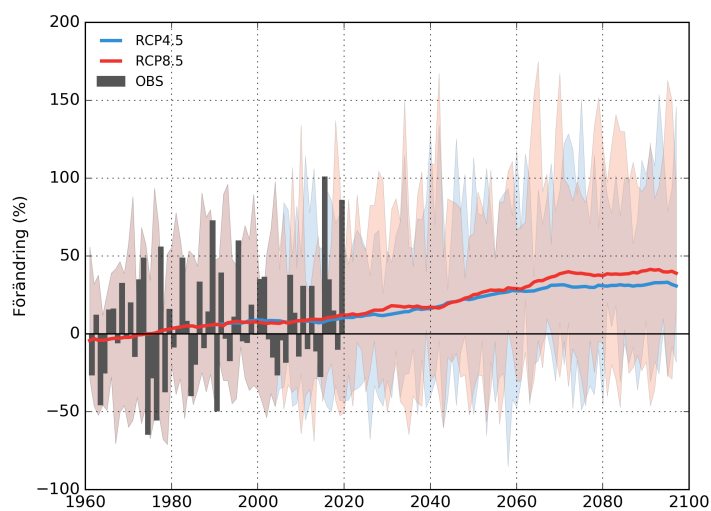
Vår definieras här som perioden mars-maj, över vilken nederbörden är summerad.



Figur 5.7: Vårmedelnederbörd. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 5.8: Vårmedelnederbörd. Förändring till perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

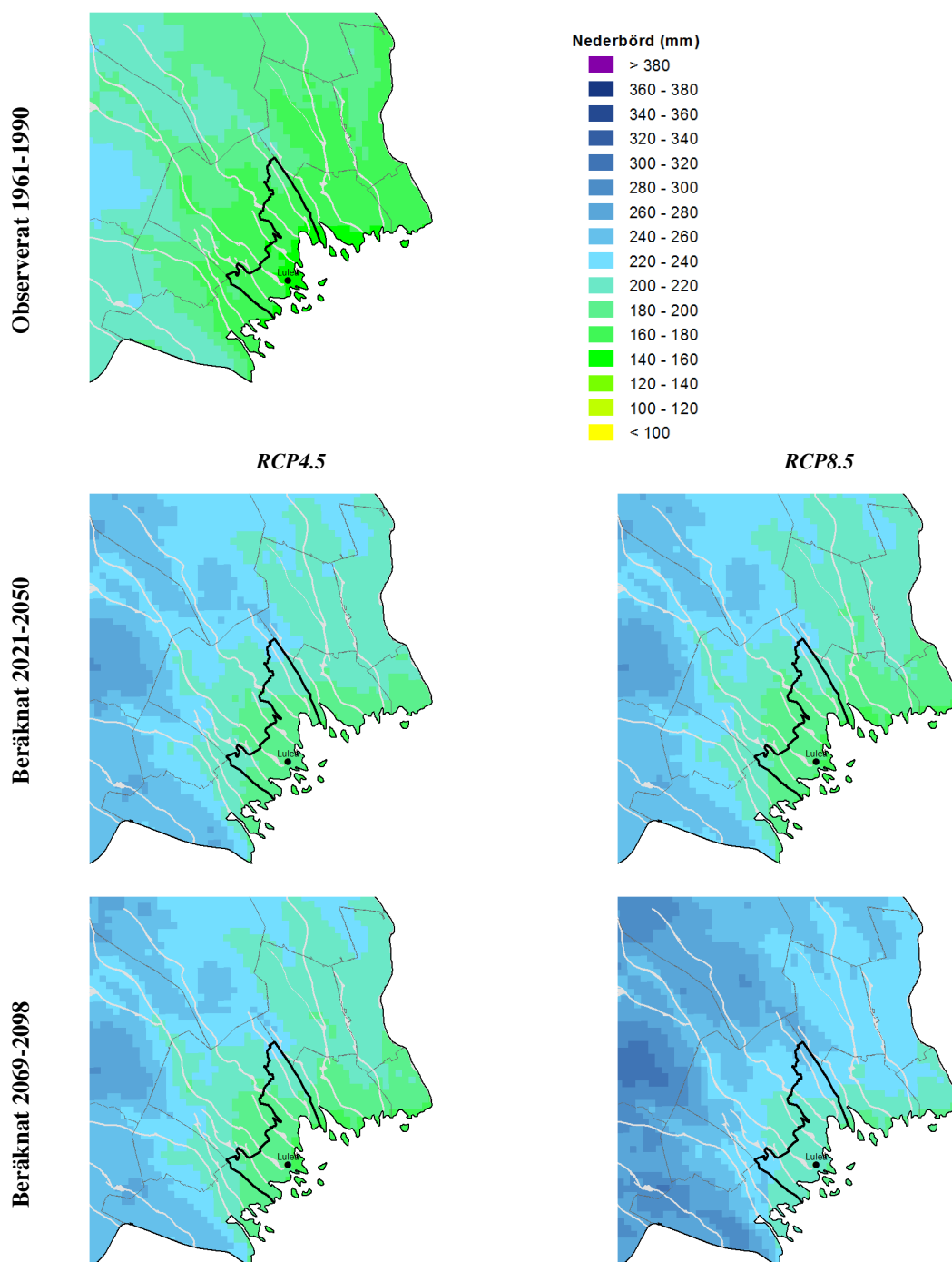


Figur 5.9: Vårmedelnederbörd. Tidsutveckling från år 1961 till 2100. Svart linje visar medelvärdet för referensperioden 1961-1990, grå staplar visar årsvis avvikelse enligt observationer till och med år 2019. Blå och röd kurva visar 30-års löpande medelvärde av klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Se förklaring i Kapitel 3.3.

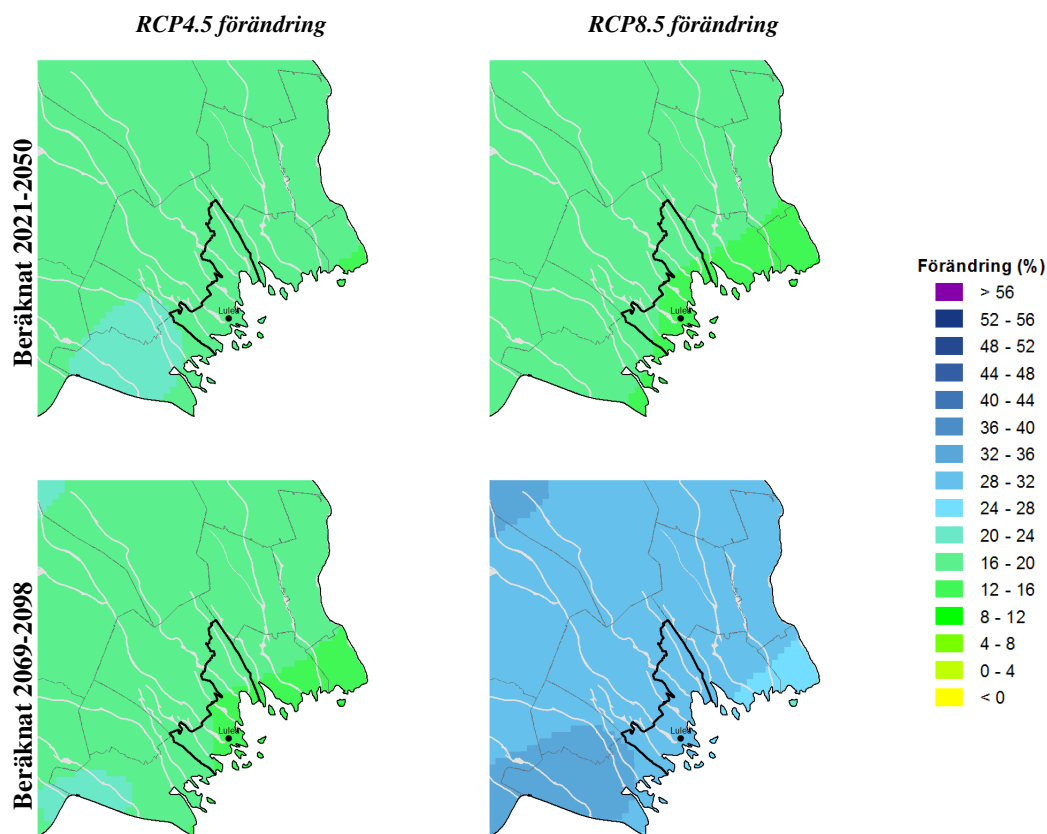
Figur 5.7 visar geografisk fördelning av vårmedelnederbörden i Luleå kommun med omnejd, och Figur 5.8 visar procentuell förändring av nederbörden. Vårnederbörden i kommunen summeras till 100 mm för perioden 1961-1990, men mellanårsvariationen är stor, vilket syns i Figur 5.9. I slutet av seklet beräknas en ökning av vårnederbörden med ca 31 % enligt RCP4.5 och 38 % enligt RCP8.5.

5.4 Medelnederbörd sommar

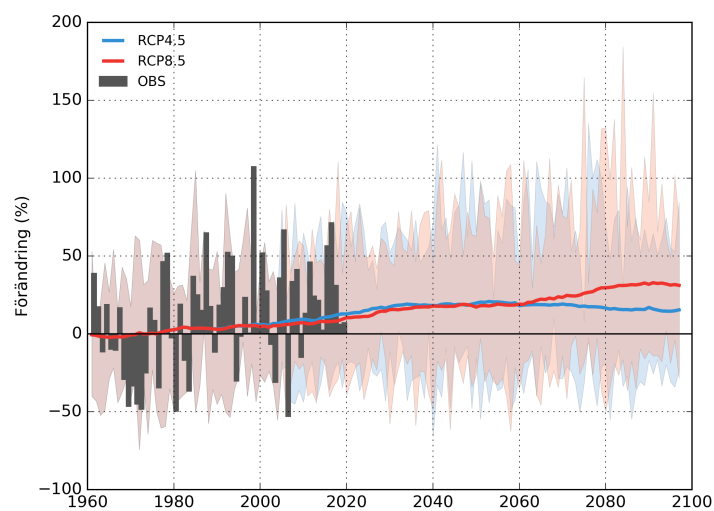
Sommar definieras här som perioden juni-augusti, över vilken nederbörden är summerad.



Figur 5.10: Sommarmedelnederbörd. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 5.11: Sommarmedelnederbörd. Förändring till perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

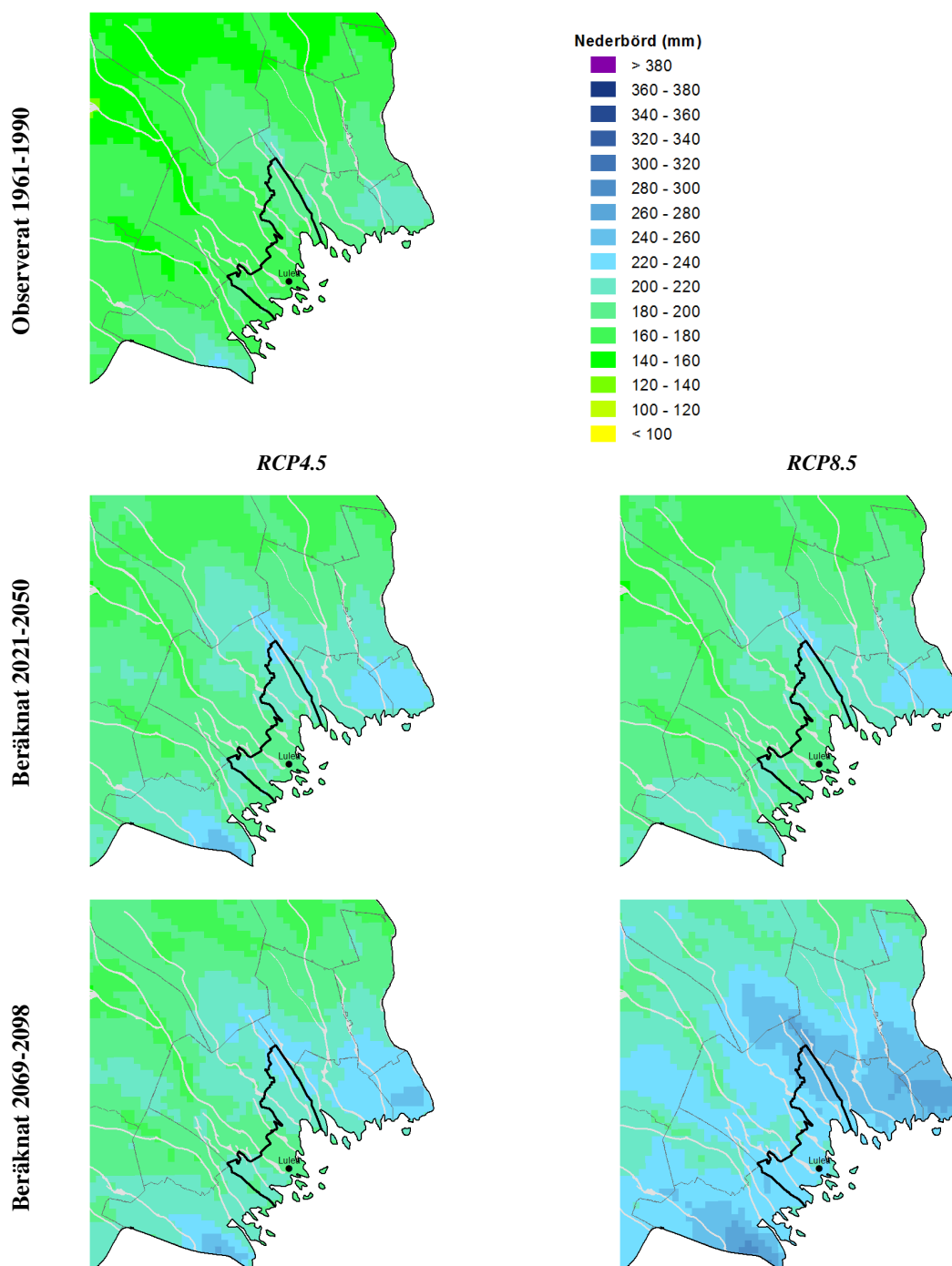


Figur 5.12: Sommarmedelnederbörd. Tidsutveckling från år 1961 till 2100. Svart linje visar medelvärde för referensperioden 1961-1990, grå staplar visar årsvis avvikelse enligt observationer till och med år 2019. Blå och röd kurva visar 30-års löpande medelvärde av klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Se förklaring i Kapitel 3.3.

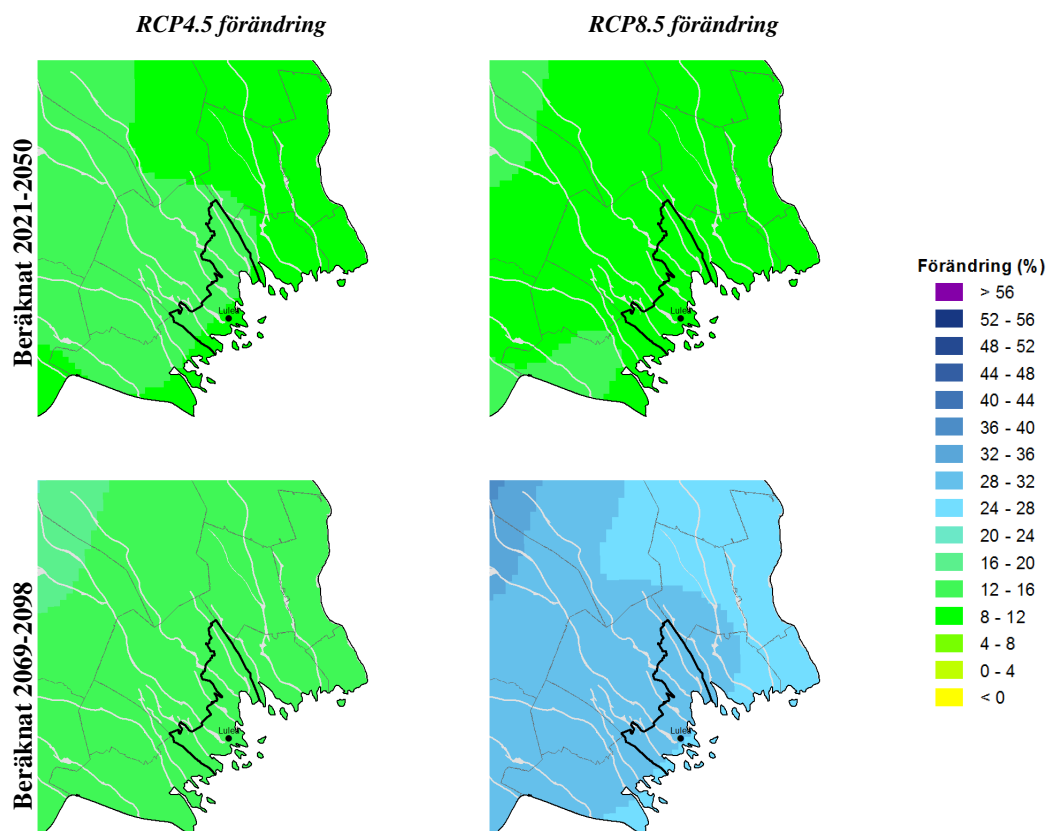
Sommaren är årstiden med störst nederbörds mängder, i genomsnitt 167 mm under perioden 1961-1990. Figur 5.10 visar geografisk fördelning av sommarmedelnederbörden i Luleå kommun med omnejd, och Figur 5.11 visar procentuell förändring av nederbörden. Diagrammet i Figur 5.12 visar tidsutveckling med observationer. Enligt klimatscenarierna sker en svag ökning av sommarnederbörden fram till slutet av seklet på ca 16 %. Ökningen är något större i RCP8.5.

5.5 Medelnederbörd höst

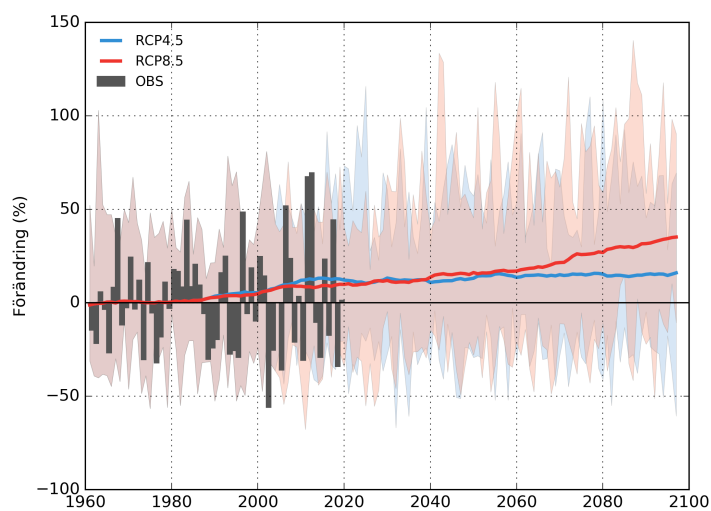
Höst definieras här som perioden september-november, över vilken nederbörden är summerad.



Figur 5.13: Höstmedelnederbörd. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 5.14: Höstmedelnederbörd. Förändring till perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990 enligt RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 5.15: Höstmedelnederbörd. Tidsutveckling från år 1961 till 2100. Svart linje visar medelvärdet för referensperioden 1961-1990, grå staplar visar årsvis avvikelse enligt observationer till och med år 2019. Blå och röd kurva visar 30-års löpande medelvärde av klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Se förklaring i Kapitel 3.3.

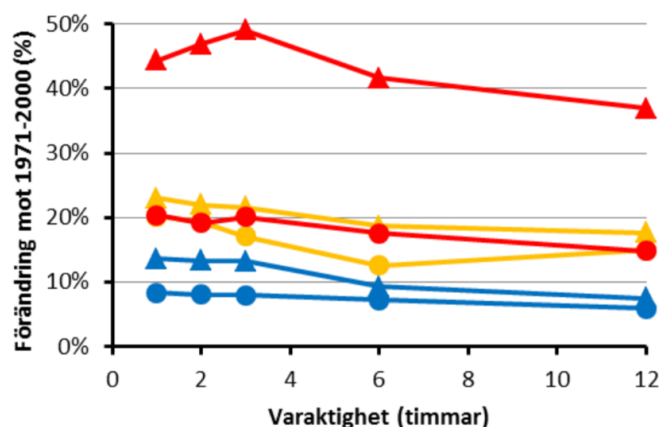
Höstenederbörden i Luleå kommun var i medeltal 179 mm för referensperioden 1961-1990 och mellanårsvariationen är stor, se Figur 5.13, 5.14 och 5.15. Till slutet av seklet beräknas höstenederbörden ha ökat med ca 14 % enligt RCP4.5 och 28 % enligt RCP8.5.

5.6 Skyfall

Kunskapsläget om skyfall i Sverige är sammanfattat i rapporten Extremregn i nuvarande och framtida klimat (Olsson et al. [2018]). Kommunerna i Norrbottens län har olika markegenskaper och topografi, och förutsättningar för skyfall varierar därför inom länet. Men enligt statistiska analyser har samtliga kommuner samma förutsättningar för *förändring* av den intensiva nederbörden i framtiden.

Resultaten från rapporten presenteras som procentuell förändring av nederbördsmängder vid olika återkomsttider¹ och varaktigheter. I rapporten har varaktigheterna 1, 2, 6 och 12 timmar studerats, dvs maximal mängd nederbörd inom dessa tidsintervall. Förändringen är beräknad med 1971-2000 som referensperiod.

Figuren visar resultat för 10-års återkomsttid och tre olika framtida tidsperioder: 2011-2040 (blå), 2041-2070 (gul) och 2071-2100 (röd). Cirklarna visar RCP4.5 och trianglarna RCP8.5. Nederbördsmängden ökar för samtliga resultat. Ökningen är större ju längre in i framtiden vi kommer. Resultaten för de två RCPerna ligger nära varandra fram till mitten av århundradet. I slutet av seklet (röda kurvor) visar RCP4.5 på ca 20 % mer nederbörd, medan RCP8.5 visar 40-50 % ökning för den mest intensiva nederbörden.



Figur 5.16: Förändring av intensiv nederbörd i Norrbotten för återkomsttiden 10 år. Kurvornas färger visar perioderna 2011-2040 (blå), 2041-2070 (gul) och 2071-2100 (röd) jämfört med 1971-2000. Cirklarna visar RCP4.5 och trianglarna RCP8.5. Från Olsson et al. [2018].

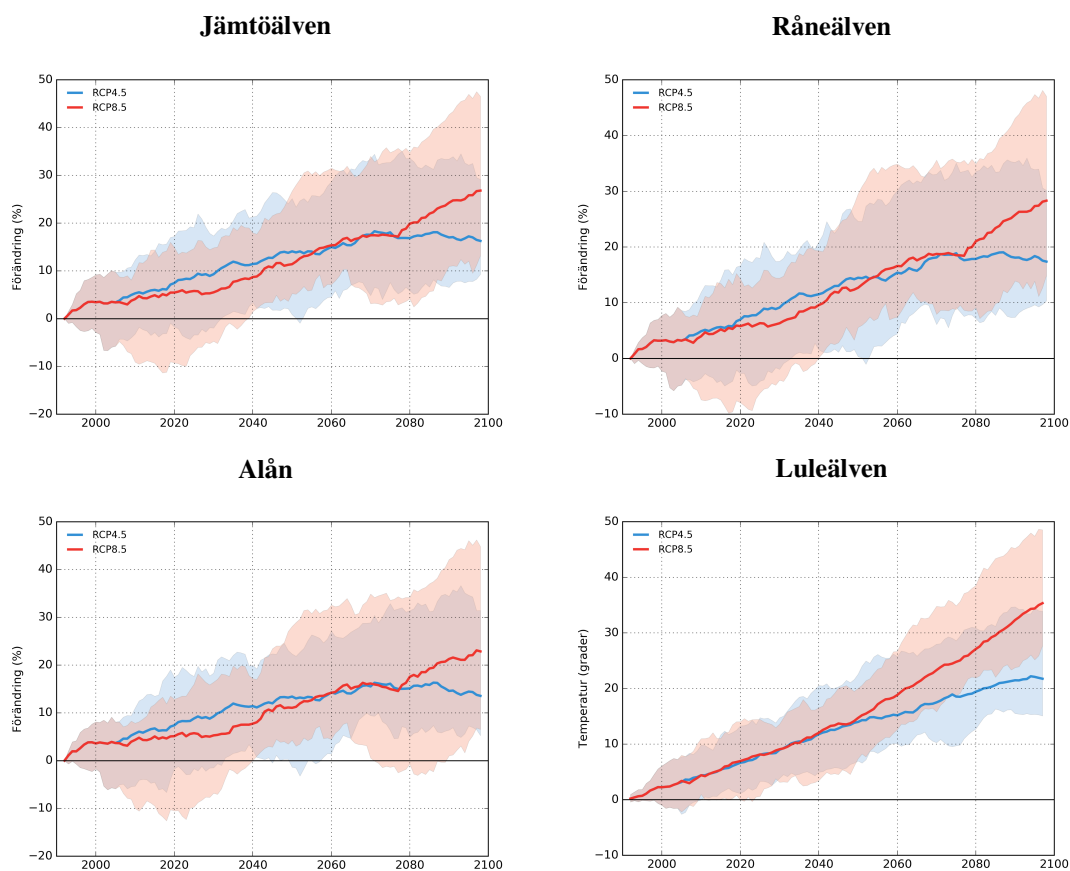
6 Vattenföring

6.1 Total årsmedeltillrinning

Total tillrinning är det ackumulerade flödesbidraget från alla avrinningsområden som ligger uppströms beräkningspunkten, även utanför kommungränsen. Måttet kan vara av intresse för att bedöma vattentillgång till kraftproduktion och vattenuttag, samt för planering av markanvändning i områden kring sjöar och vattendrag. Figur 6.1 visar total årsmedeltillrinning för vattendrag i Luleå kommun.

¹ Återkomsttid är ett mått på hur ofta förekomsten av extrema naturliga händelser kan förväntas. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Ett värde som har en återkomsttid på 100 år uppnås eller överträffas i genomsnitt en gång på 100 år. Ju högre återkomsttid, desto mer ovanlig är händelsen.

Tillrinningen ökar fram till slutet av seklet enligt båda RCP-scenarier. Resultaten för de två scenarierna är generellt lika fram till mitten av seklet. I slutet av seklet visar RCP8.5 20-30 % ökning medan RCP4.5 visar 10-20 % ökning, förutom Luleälven som visar 20

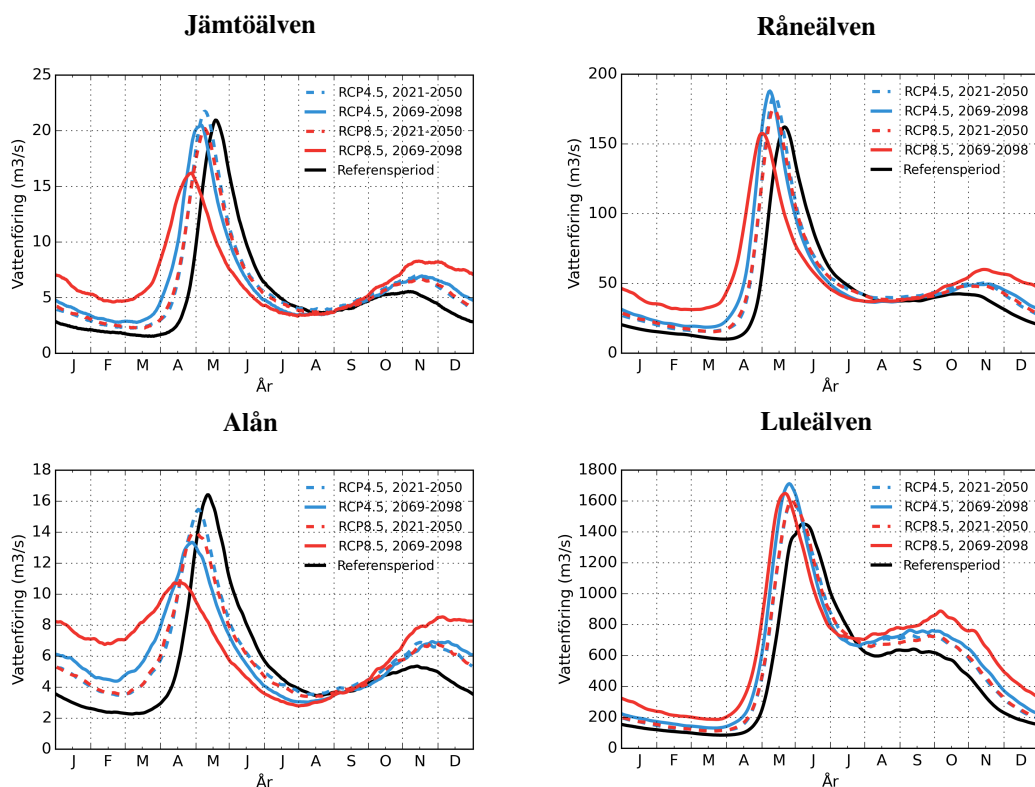


Figur 6.1: Total årsmedeltillrinning för vattendrag i Luleå kommun. Tidsutveckling för klimatscenarierna RCP4.5 (blå) och RCP8.5 (röd). Heldragen linje visar medianvärdet av samtliga klimatscenarioer och de skuggade fälten visar resultat inom percentilerna 25 och 75.

6.2 Årsdynamik

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

I figur 6.2 visas medelvärden för tillrinningens årsdynamik från januari till december. Svart linje representerar referensperioden 1963-1992. Blå linje avser medelvärden av beräkningar enligt RCP4.5 och röd linje representerar RCP8.5, perioden 2021-2050 är streckad och perioden 2069-2098 är heldragen. Beräkningarna baseras på oregerade förhållanden.

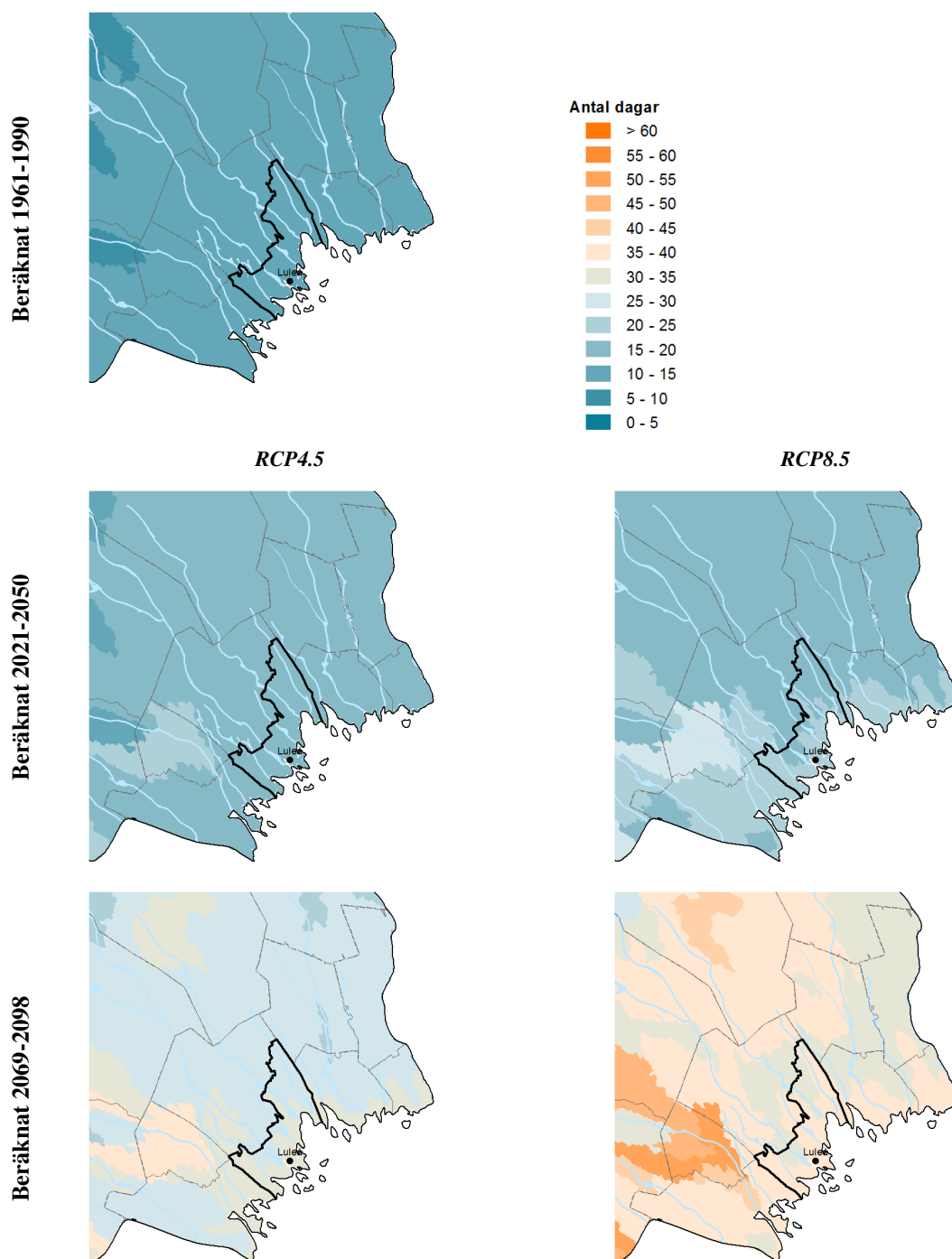


Figur 6.2: Årsdynamik för vattendrag i Luleå kommun. Svart linje representerar referensperioden 1963-1992. Blå linje visar medelvärden av beräkningar enligt RCP4.5 och röd linje representerar RCP8.5, perioden 2021-2050 är streckad och perioden 2069-2098 är heldragen.

Samtliga vattendrag uppvisar tydliga årstidsförlopp för referensperioden, med låga vinterflöden, vårfloedstoppar, låga sommarflöden och ökade flöden under hösten. De två framtidsscenarierna visar på tidigare vårfloedstoppar i samtliga vattendrag. Jämtöälven visar tillfälligt ökad amplitud enligt RCP4.5 i mitten av seklet, i övrigt har framtidsscenarierna lägre amplitud. Råneälven visar högre amplitud i framtiden, förutom RCP8.5 som i slutet av seklet visar ungefär samma amplitud som under referensperioden. Alån visar lägre amplitud i samtliga scenarier, medan Luleälven i stället visar högre amplitud. Vinterflödena ökar, då mer nederbörd väntas falla som regn i stället för snö. Även höstflödena ökar. Tillrinningen är lägre för sommarmånaderna i framtiden.

6.3 Låg markfuktighet

I Figur 6.3 redovisas beräkningar på antal dagar per år med låg markfuktighet.



Figur 6.3: Låg markfuktighet. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

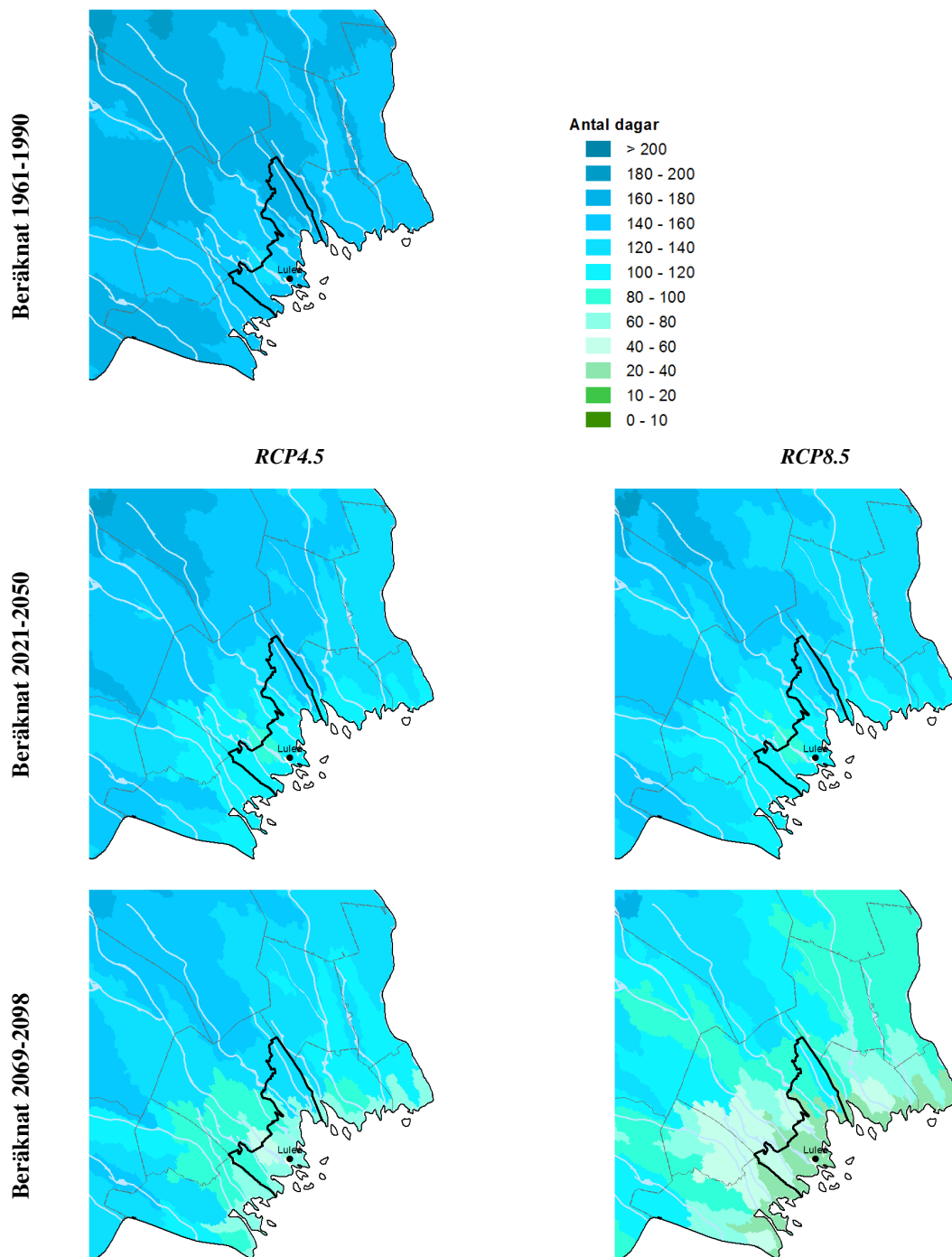
Låg markfuktighet är definierat specifikt för varje avrinningsområde som medelvärdet av varje års lägsta

markfuktighet under referensperioden. Låg markfuktighet kan vara av intresse vid långtidsplanering av bevattningsbehov och grödoval samt skogsbrandriskbedömning och skogsvårdsinsatser.

I ett varmare klimat förlängs växtsäsongen vilket innebär att växterna tar upp vatten under en längre period. Dessutom ökar avdunstning med en högre temperatur. Resultatet blir att markfuktigheten minskar i hela kommunen, och antal dagar med låg markfuktighet ökar, se Figur 6.3. Förändringen är störst med större utsläpp av växthusgaser (RCP8.5). Observera att kartorna visar medelvärden för respektive hydrologiskt avrinningsområde.

6.4 Antal dagar med snö, 20 mm vatteninnehåll

I Figur 6.4 visas antal dagar med snötäcke med minst 20 mm vatteninnehåll, vilket motsvarar ett snötäcke på 10-20 cm, beroende på snöns densitet.



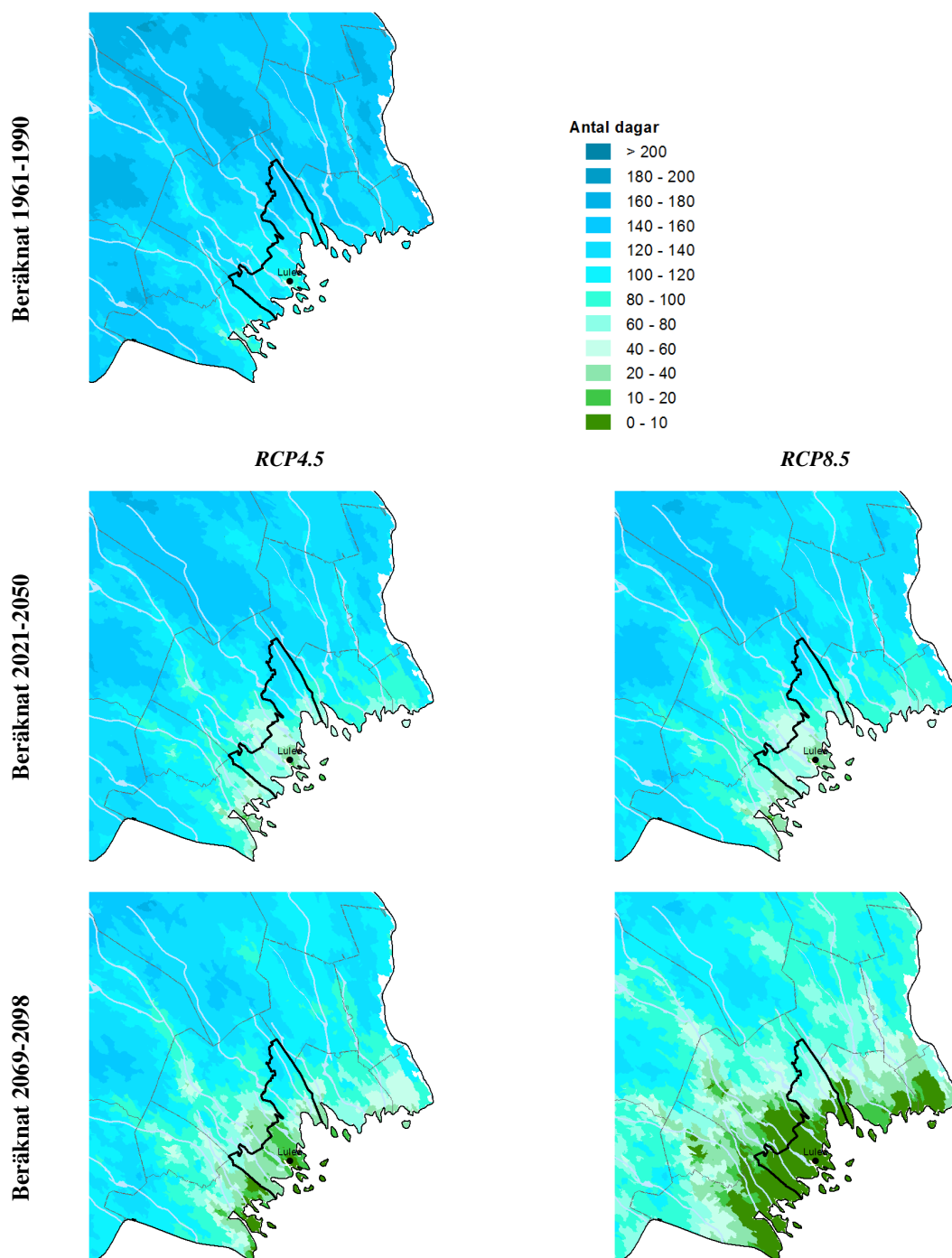
Figur 6.4: Antal dagar med snö med minst 20 mm vatteninnehåll. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

Vatteninnehållet 20 mm kan tolkas som antal dagar då det är goda förhållanden för skid- eller skoteråkning. Kartorna ger en uppfattning om hur snöförhållandena förändras och kan därför användas för långsiktig planering av turism och friluftsanläggningar samt areella näringar beroende av snötäcke.

Figur 6.4 visar antal dagar med snötäcke med minst 20 mm vatteninnehåll. Antalet dagar har minskat i hela kommunen de senaste decennierna. Framtidsscenarierna visar på en succesiv minskning av antal dagar med snötäcke fram till slutet av seklet. Under referensperioden var antalet snödagar 120-180 dagar, minst längs Luleälven och mest i kommunens norra del. Till slutet av seklet minskar antalet snödagar till 40-100 dagar enligt RCP4.5, dock lite mer i kommunens norra del. Enligt RCP8.5 blir det endast några veckor med snö längs kusten och i norra delen upp mot 100 dagar.

6.5 Antal dagar med snö, 60 mm vatteninnehåll

I Figur 6.5 visas antal dagar med snötäcke med minst 60 mm vatteninnehåll, vilket motsvarar ca 30-60 cm snötäcke, beroende på snöns densitet. Kartorna ger en uppfattning om hur snöförhållandena förändras. Vatteninnehållet kan direkt översättas till avrinning vid snösmältning.

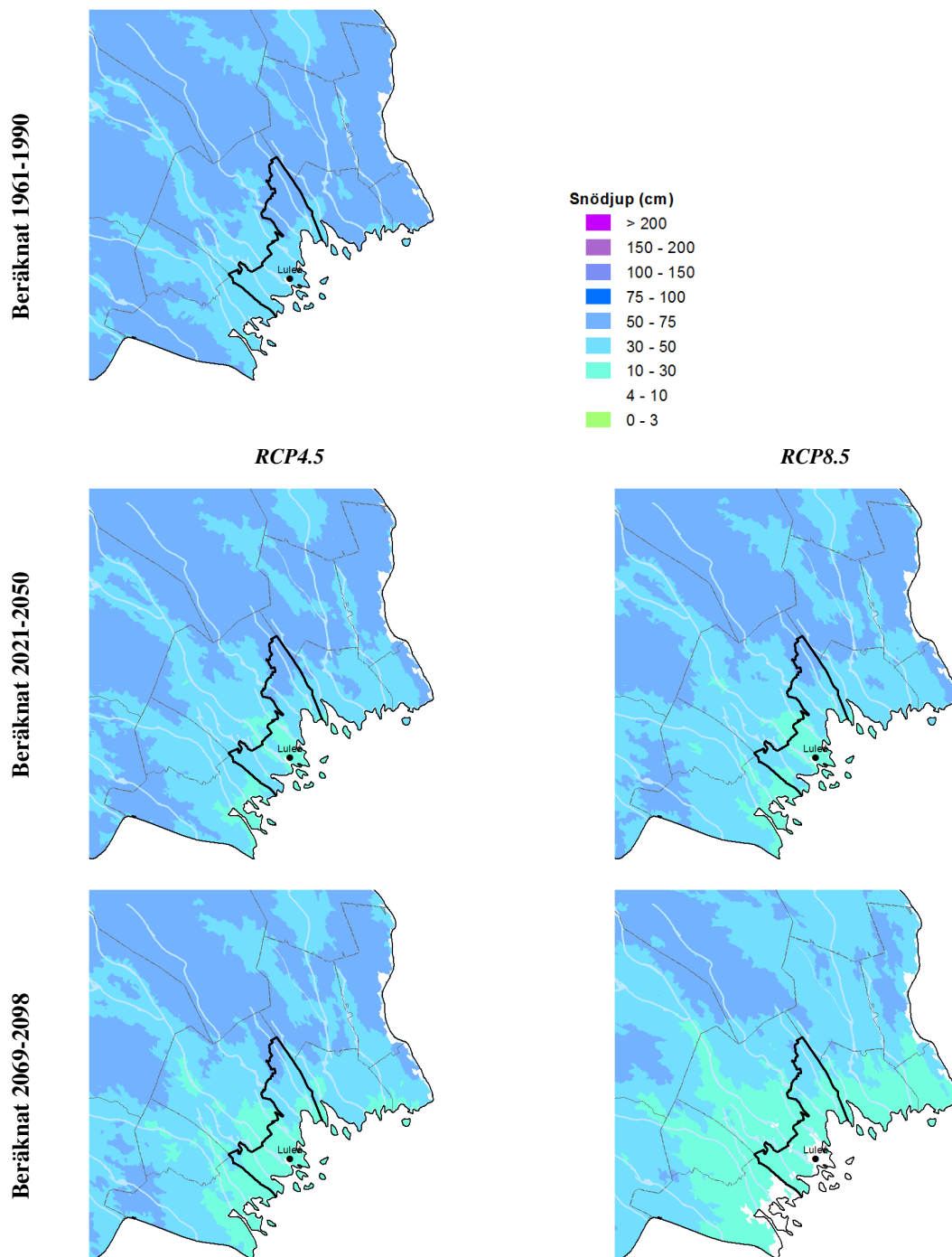


Figur 6.5: Antal dagar med snö med minst 60 mm vatteninnehåll. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

Under referensperioden varade snötäcket med 60 mm vatteninnehåll ca 80-160 dagar, med stor variation inom kommunen. I slutet av seklet förekommer inte detta snötäcke kring Luleå eller i kustområdet enligt RCP4.5. Enligt RCP8.5 är det endast kommunens nordligaste del som fortfarande har snö med 60 mm vatteninnehåll.

6.6 Snödjup i mars

I Figur 6.6 visas medelvärdet på snödjupet för mars månad. Kartorna ger en uppfattning om hur snömängden förändras vid en viss tidpunkt på året.

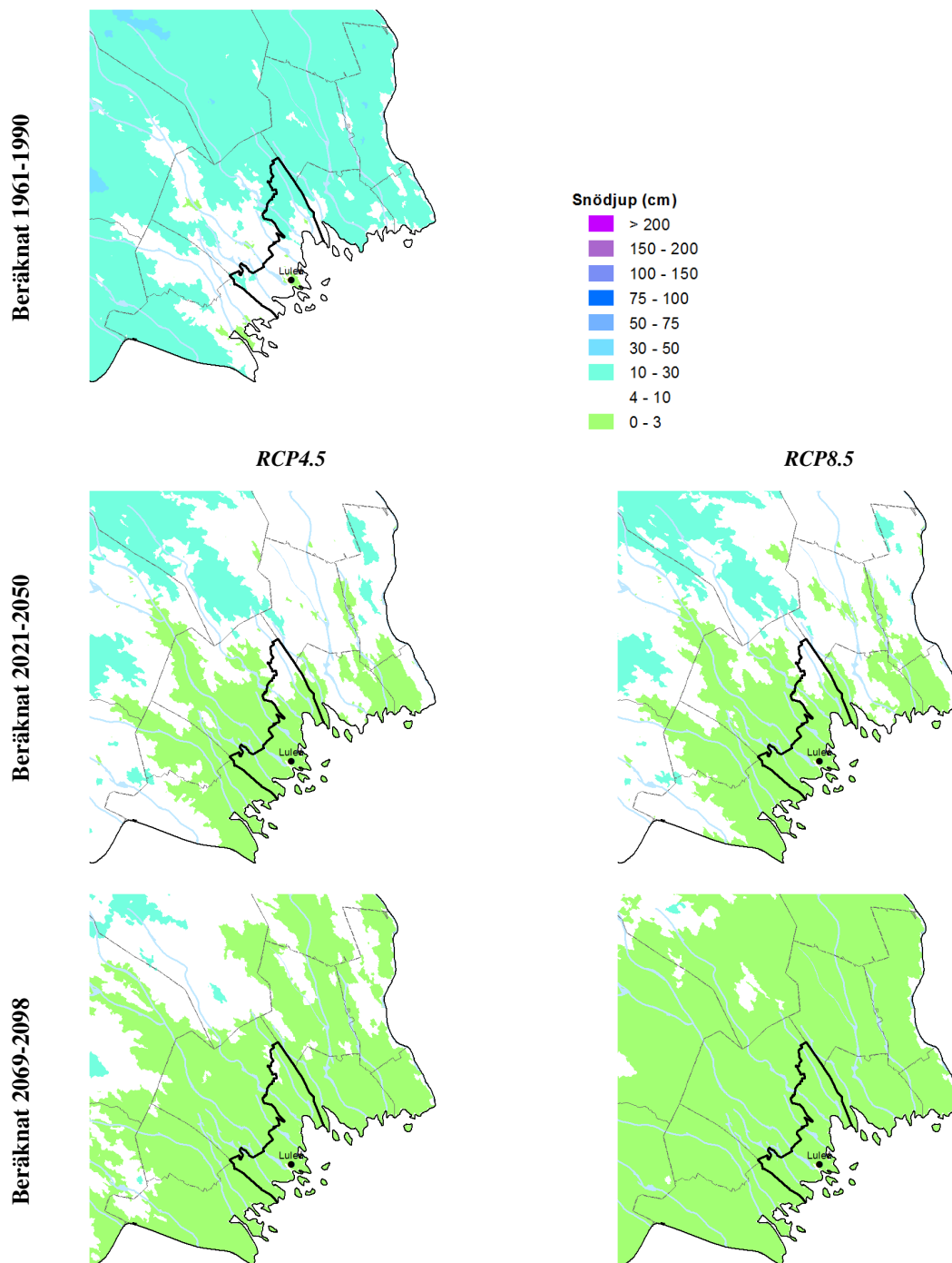


Figur 6.6: Medelvärde av snödjup i mars månad. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

Medelsnödjupet för mars månad var för referensperioden 30-75 cm, mest i kommunens norra del. Snödjupet minskar i takt med att klimatet blir varmare. I slutet av seklet visar RCP4.5 10-50 cm snö. Enligt RCP8.5 minskar snötäcket ännu mer, längs kusten 4-10 cm, längst norrut i kommunen drygt 30 cm.

6.7 Snödjup i maj

I kartbilderna i Figur 6.7 visas medelvärdet på snödjupet för maj månad. Kartorna ger en uppfattning om hur snömängden förändras vid en viss tidpunkt på året.

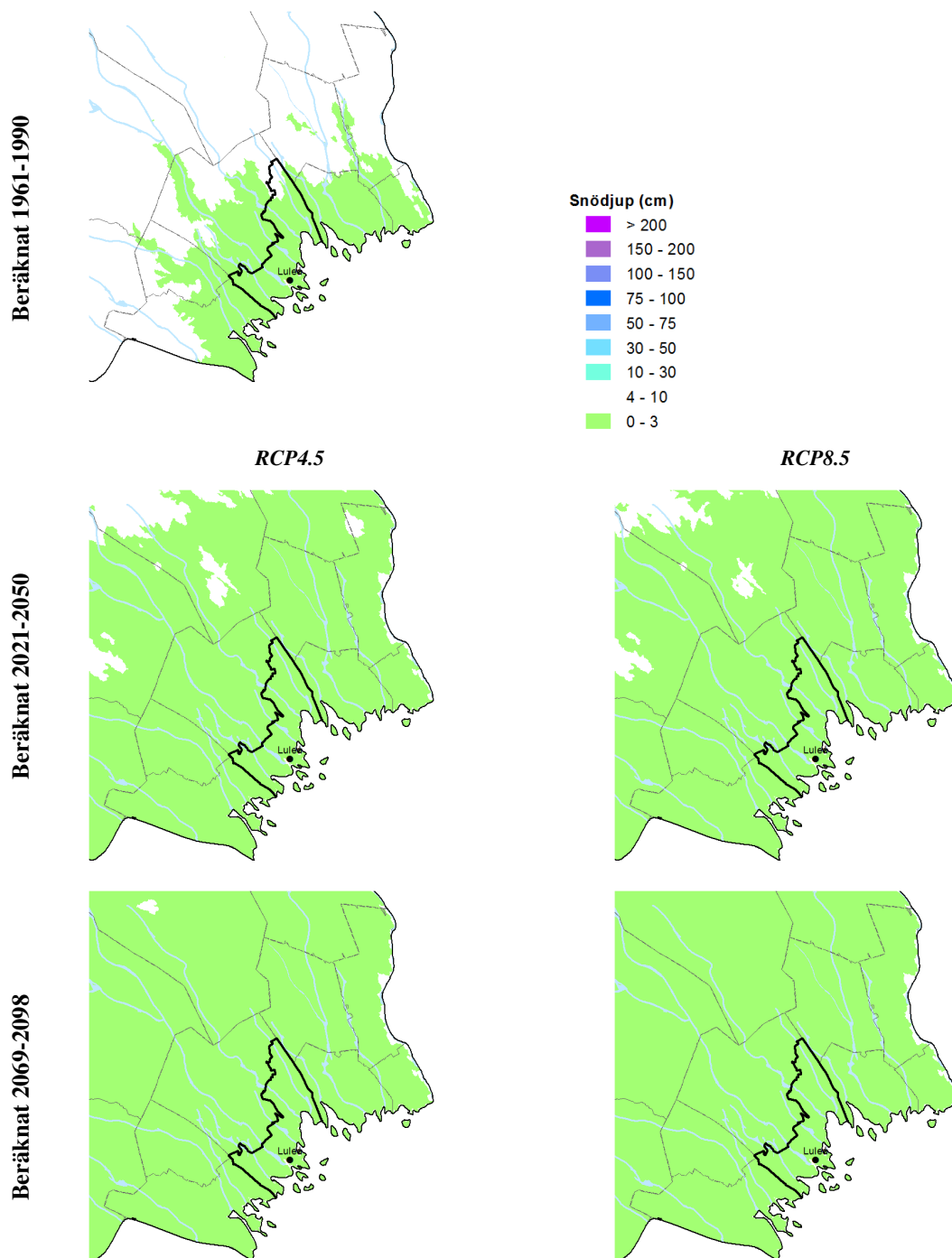


Figur 6.7: Medelvärde av snödjup i maj månad. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

I maj månad var medelsnödjupet under referensperioden någon centimeter längs kusten och i norra delen av kommunen drygt 10 cm. Till mitten av seklet återstår mycket lite snö inom kommunen. I slutet av seklet visar båda RCP-scenarier barmark i maj månad.

6.8 Snödjup i oktober

I Figur 6.8 visas medelvärdet på snödjupet för oktober månad. Kartorna ger en uppfattning om hur snömängden förändras vid en viss tidpunkt på året.

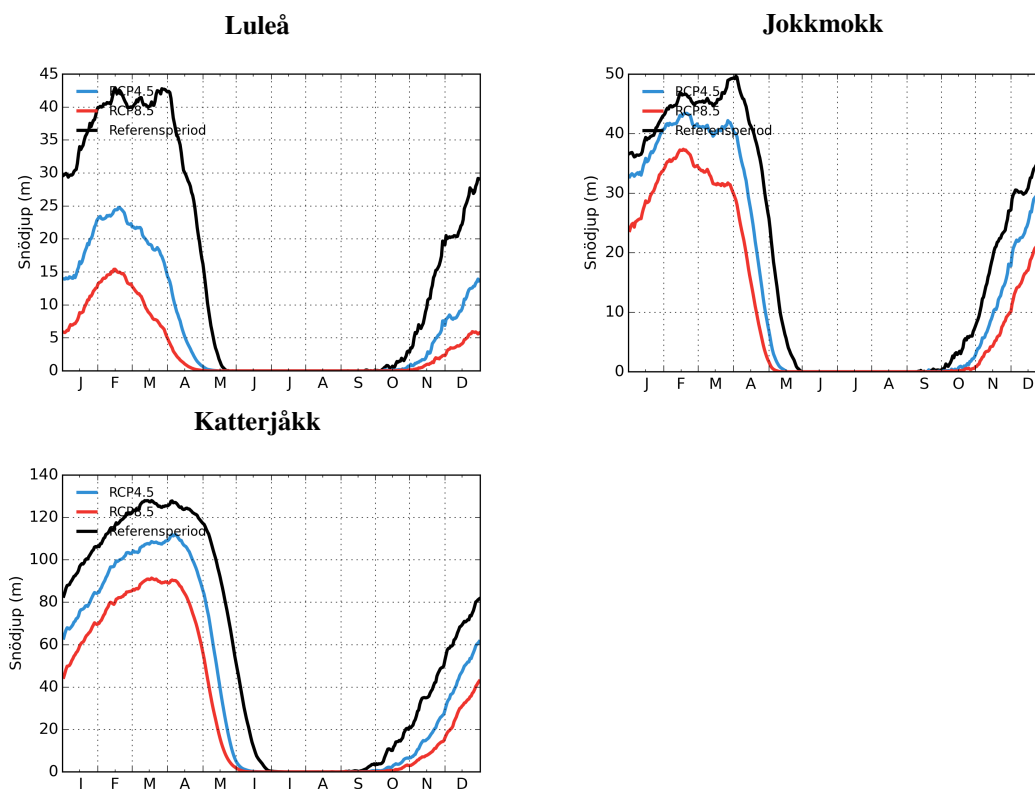


Figur 6.8: Medelvärde av snödjup i oktober månad. Medelvärden för referensperioden 1961-1990 samt de två framtida perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

I oktober månad började den första snön komma under referensperioden, men säsongens start är på väg att senareläggas. Från och med mitten av seklet visar båda RCP-scenarier på barmark i oktober, och säsongens start senareläggs ännu mer till slutet av seklet.

6.9 Årscykel på snödjup

I rapporten Snö i framtida klimat (Berglöv et al. [2015]) görs fördjupade analyser på tre platser i Norrbottens län: Luleå, Jokkmokk och Katterjåkk. Figur 6.9 visar hur snödjupet varierar över året på dessa tre platser. Den svarta kurvan visar medelväret under referensperioden 1961-1990. Den blå och röda kurvan visar resultat för RCP4.5 respektive RCP8.5 i slutet av seklet.

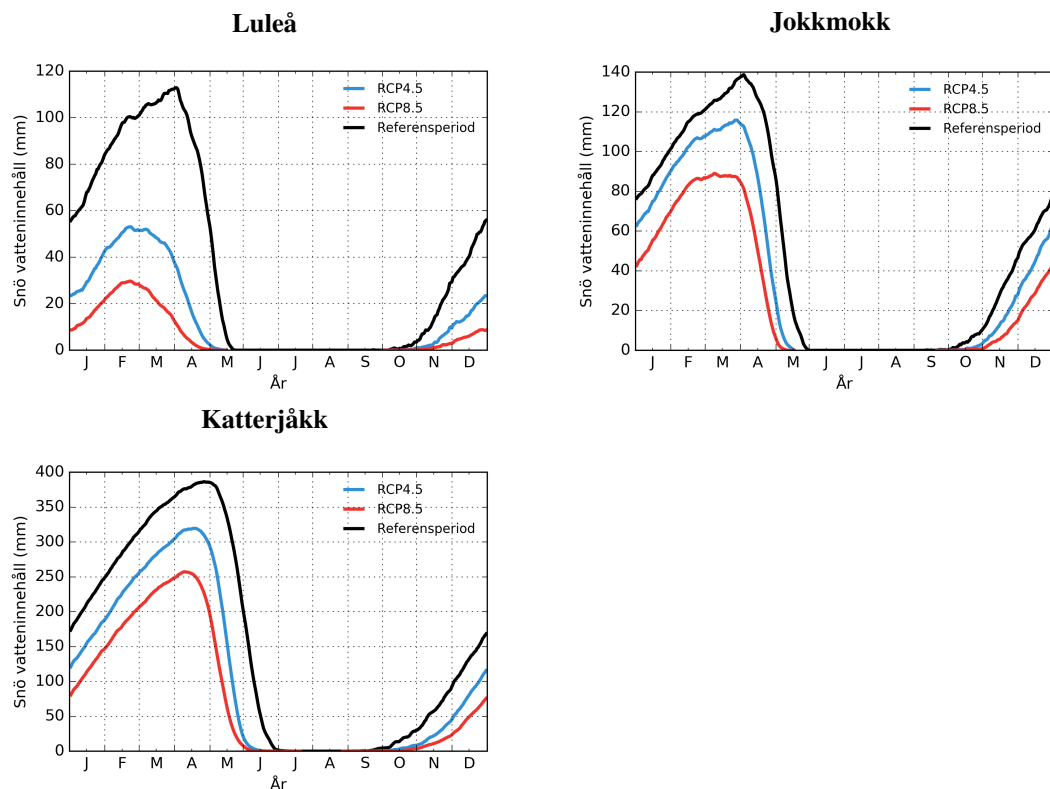


Figur 6.9: Årscykel på snödjup för Luleå, Jokkmokk och Katterjåkk. Den svarta kurvan visar medelväret under referensperioden 1961-1990. Den blå och röda kurvan visar RCP4.5 respektive RCP8.5 under perioden 2069-2098.

Vid samtliga tre platser minskar snödjupet i framtida klimat under hela året, och perioden med barmark förlängs. I Luleå halveras snödjupet under vintern enligt RCP4.5, och endast en tredjedel blir kvar enligt RCP8.5. I Jokkmokk minskar snödjupet med 5-10 cm enligt RCP4.5 och det dubbla enligt RCP8.5. I Katterjåkk minskar snödjupet i mars från ca 130 cm till ca 110 cm enligt RCP4.5. Enligt RCP8.5 blir snödjupet ca 90cm.

6.10 Årscykel på snöns vatteninnehåll

Snöns vatteninnehåll beskriver hur mycket vatten i smält form snön innehåller och är ett mått oberoende av snöns densitet. Figur 6.10 visar hur vatteninnehållet varierar över året i Luleå, Jokkmokk och Katterjåkk. Den svarta kurvan visar medelväret under referensperioden 1961-1990. Den blå och röda kurvan visar resultat för RCP4.5 respektive RCP8.5 i slutet av seklet.



Figur 6.10: Årscykel på snöns vatteninnehåll för Luleå, Jokkmokk och Katterjåkk. Den svarta kurvan visar medelväret under referensperioden 1961-1990. Den blå och röda kurvan visar RCP4.5 respektive RCP8.5 under perioden 2069-2098.

Vid samtliga tre platser är trenden för snöns vatteninnehåll lik trenden för snödjupet, se Figur 6.9. Vatteninnehållet i framtida klimat minskar under hela året, och perioden med barmark förlängs. I Luleå halveras vatteninnehållet under vintern enligt RCP4.5, och endast en tredjedel blir kvar enligt RCP8.5.

7 Slutsatser

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

Temperaturen stiger ungefär dubbelt så mycket i RCP8.5 som i RCP4.5. Årsmedeltemperaturen för Luleå kommun var under perioden 1961-1990 0.8 °C. I slutet av seklet stiger temperaturen till 4.6 °C enligt RCP4.5 och 6.6 °C enligt RCP8.5. Båda scenarier innebär ett helt nytt klimat för kommunen.

Växtsäsongen förlängs och varmeböljor blir vanligare. Nederbörden ökar under hela året. Trots det minskar flödet i vattendragen på sommaren och det blir vanligare med låg markfuktighet. Övriga säsonger ökar flödena och vårfloden tidigareläggs. Den största uppvärmningen sker vintertid, här stiger medeltemperaturen från -11.7 °C till -6.7 °C enligt RCP4.5, eller -3.9 °C enligt RCP8.5, vilket gör att allt mer nederbörd faller som regn i stället för snö.

Antal dagar med snötäcke minskar med drygt 2 månader enligt RCP4.5 i slutet av seklet. Enligt RCP8.5 blir det endast några veckor med snö längs kusten. Medelsnödjupet minskar under mars månad, i slutet av seklet har RCP8.5 ett par cm längs kusten. I maj och oktober visar båda RCP-scenarier barmark i slutet av seklet.

Luleå är en kustkommun som även påverkas av stigande havsnivå i ett varmare klimat, vilket inte analyserats i denna rapport. Information om stigande havsnivå finns på SMHI:s webbplats, smhi.se.

Referenser

- G Berglöv, M Asp, S Berggreen-Clausen, E Björck, J Axén Mårtensson, L Nylén, A Ohlsson, H Persson, and E Sjökvist. *Framtidsklimat i Norrbottens län. Klimatologi nr 32*. SMHI, 2015.
- J A Church, P U Clark, A Cazenave, J M Gregory, S Jevrejeva, A Levermann, M A Merrifield, G A Milne, R S Nerem, P D Nunn, A J Payne, W T Pfeffer, D Stammer, and A S Unnikrishnan. *IPCC Climate Change 2013; The Physical Science Basis. AR5 WGI*. Cambridge University Press, 2013. ISBN 978-1-107-66182-0. doi: 10.1017/CBO9781107415324.026.
- J Olsson, P Berg, a Eronn, L Simonsson, J Södling, L Wern, and W Yang. *Extremregn i nuvarande och framtida klimat Analyser av observationer och framtidsscenarier. Klimatologi nr 47*. SMHI, 2018.
- H Persson, A Johnell, E Sjökvist, and J Dahné. *Snö i framtida klimat, för de sju nordligaste länen. Rapport 2020-29*. SMHI, 2020.



Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
601 76 Norrköping
Tel. +46 11 – 495 8000 Fax +46 11 – 495 8001