

Sommaren 2018 - en glimt av framtiden?

Elin Sjökvist, Diala Abdoush och Jenny Axén



Pärmbild.
Bilden föreställer typiska mediabilder från sommaren 2018.

ISSN: 1654-2258 © SMHI

KLIMATOLOGI Nr 52, 2019

Sommaren 2018

- en glimt av framtiden?

Elin Sjökvist, Diala Abdoush och Jenny Axén

Sammanfattning

Vädret sommaren 2018 var extremt sett till vad vi upplevt under 1900-talet. Den långvariga värmen gav nya värmerekord och i kombination med mindre nederbörd än normalt utbredd torka. Torkan ledde till skogsbränder och påfrestning på lantbruk och djurhållning. Värmeböljorna orsakade också hälsoproblem och fler dödsfall än normalt noterades under sommaren. Var sommaren 2018 en glimt av framtiden? Motsvarar sommaren 2018 vad som kan komma att bli en medelsommar i slutet av seklet?

För att svara på den frågan jämförs här sommaren 2018 med beräknade medelvärden för en 30-årsperiod i slutet av seklet. Dessa klimatscenarier har SMHI tidigare publicerat i länsvisa rapporter. Denna rapport är tänkt att vara till hjälp för de samhällsfunktioner som vill utvärdera hur sommaren 2018 påverkat verksamheten och vad vi kan förvänta oss av framtiden.

Analyserna i rapporten visar att de parametrar som väljs för att studera klimatet har stor betydelse för resultatet. Medeltemperaturen för sommarmånaderna visar att sommaren var två till drygt tre grader varmare än perioden 1961-1990. Det är ungefär lika mycket som beräknas enligt scenario RCP4.5 (medelhöga utsläpp) till slutet av seklet. Men månadsvis statistik visar att både maj och juli 2018 var mer än fem grader varmare än normalt på flera platser. Det motsvarar beräknad ökning i RCP8.5 (höga utsläpp) till slutet av seklet.

Jämförelserna av högsta dygnsmedeltemperatur, antal varma dagar och kylbehov för sommaren 2018 varierar geografiskt men motsvarar förväntad ökning mitt emellan scenarierna RCP4.5 och RCP8.5 i slutet av seklet. Årets längsta värmebölja är mycket likt det beräknade medelvärdet enligt RCP8.5 i slutet av seklet för Östersjökusten. För övriga Sverige hamnar resultaten mitt emellan RCP4.5 och RCP8.5.

Sommaren 2018 var mycket nederbördsfattig och torr. I de klimatscenarier som analyseras här råder en viss osäkerhet kring om nederbörden ökar eller minskar i södra Sverige i framtiden, men inget av scenarierna visar att nederbördsmängderna sommaren 2018 blir vanliga i framtiden.

Antalet dagar med lågflöde var många under sommaren 2018 och i Norrland fler än vad klimatscenarierna visar i medeltal för slutet av seklet. I södra Sverige var situationen jämförbar med medelvärdet enligt RCP8.5 i slutet av seklet.

Små nederbördsmängder i kombination med hög temperatur orsakade torra marker i hela landet. Södra Götaland var extremt torrt jämfört med 1961-1990 och torrare än en medelsommar i slutet av seklet oavsett scenario. Mellersta Sverige uppvisar samma nivå som medelvärdet i RCP8.5 i slutet av seklet medan norra Sverige väntas bli torrare än sommaren 2018 i framtiden.

Analyserna ger var för sig en bild av hur sommaren 2018 förhåller sig till det framtida klimat som finns beskrivet i SMHIs länsanalyser. En sommar som 2018 kan förekomma i slutet av seklet oavsett nivå av framtida utsläpp av växthusgaser, men sannolikheten att den förekommer är olika för olika väderparametrar och ändras med ökad klimatpåverkan.

Summary

The weather in the summer of 2018 was extreme compared to what Sweden experienced during the 20th century. In some places, heat records were broken, and the combination of exceptional warm conditions with a deficit in precipitation caused a severe drought followed by forest fires and crop failure. Knowledge about impacts from climate change leads to the question: Will conditions like those in the summer of 2018 be average at the end of this century? This report compares different statistical measures from the summer of 2018 with by SMHI previously published climate scenarios.

Ordlista

Avrinningsområde	Det landområde från vilket nederbörden förr eller senare kommer ut som vatten i vattendraget vid en angiven plats.
Ensemble	Med ensemble avses här alla de olika modellkombinationer som ingår i resultaten för framtiden. Ett medelvärde av alla modellresultat (ensemblemedelvärde) kan tillsammans med något mått på variabiliteten, till exempel min- och max-värden i ensemblen användas för att beskriva klimatet.
Global klimatmodell (GCM)	På engelska "General Circulation Model" eller "Global Climate Model". En global klimatmodell beskriver hela jordklotet och beräknar relevanta processer för klimatet i atmosfär, hav, havsis och mark.
S-HYPE	En hydrologisk modell som beräknar markfuktighet, snöackumulation, snösmältning, avdunstning och avrinning samt beskriver vattnets väg i avrinningsområdet.
Klimatindex	Ett specifikt mått på någon egenskap hos klimatet. Beräknas utifrån observationsdata eller data från klimatmodeller. Ett klimatindex kan beskriva medelvärden, säsongsvariationer men också extrema förhållanden.
Klimatscenario	En beskrivning av en tänkbar klimatutveckling i framtiden med hjälp av antaganden om framtida klimatpåverkan och beräkningar i en global och ibland en regional klimatmodell.
RCP	RCP (Representative Concentration Pathways) är möjliga framtida utvecklingsvägar. De beskriver strålningsbalansen i atmosfären som ett resultat av olika halter av växthusgaser i atmosfären och andra klimatpåverkande faktorer. RCP:erna är namngivna efter förändringen i strålningsdrivning i W/m^2 år 2100 jämfört med förindustriell tid. RCP-scenarier har använts sedan IPCC:s rapport om den vetenskapliga grunden i klimatförändringarna 2013.
Referensperiod	SMHI använder referensperioden 1961-1990 för att definiera dagens klimat. Nya observationer jämförs med statistik från perioden 1961-1990 för att beskriva hur de avviker från det normala. Meteorologiska världsorganisationen, WMO, definierar referensperioderna och nästa period blir 1991-2020. För hydrologiska beräkningar används här referensperioden 1963-1992.
Regional klimatmodell (RCM)	Beräknar klimatet för en del av jordklotet, en region. En regional klimatmodell använder alltid indata från en global klimatmodell.
Upplösning	Upplösningen styrs av storleken på beräkningsrutorna i en klimatmodell. Låg upplösning (stora rutor) ger mindre detaljerad information, men kostar mindre datorkraft. Hög upplösning (små rutor) ger mer detaljerad information, men kostar mer datorkraft.
Växthusgaser	Atmosfären som omger jorden har förmågan att bevara energin från solen så att jordytan blir varmare än vad den skulle varit om atmosfären inte fanns. Effekten kommer från de gaser som kallas för växthusgaser. Andelen växthusgaser har sedan den förindustriella tiden successivt förändrats på grund av mänsklig aktivitet. De vanligaste växthusgaserna som vi människor släpper ut är koldioxid, metan, dikväveoxid (lustgas) och ozon, men även en rad industrigaser spelar roll. Den vanligaste växthusgasen är vattenånga. Mängden vattenånga i atmosfären styrs av temperaturen vilket gör att mängden ökar till följd av den uppvärmning som ges av en ökning av andra växthusgaser.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND	1
2	SYFTE	1
3	SOMMAREN 2018.....	1
3.1	Skogsbränder.....	1
3.2	Torka.....	1
3.3	Vatten.....	2
3.4	Hälsa	2
3.5	Natur	2
4	METODIK	3
4.1	Klimatscenarier	3
4.2	Klimat eller väder?	4
5	RESULTAT.....	5
5.1	Sommarens medeltemperatur.....	5
5.2	Sommarens högsta dygnsmedeltemperatur.....	7
5.3	Antal varma dagar.....	8
5.4	Värmebölja.....	10
5.5	Kylbehov.....	10
5.6	Sommarnederbörd	11
5.7	Sommarens nederbördsdagar	12
5.8	Lågflöde.....	13
5.9	Låg markfuktighet.....	13
6	DISKUSSION.....	14
7	SLUTSATSER	15
8	REFERENSER	16

1 Bakgrund

Under 2015 publicerade SMHI länsvisa klimatanalyser med information om nuvarande och framtida klimat för respektive län i Sverige (Sjökvist, m.fl., 2015). I länsanalyserna presenterades beräkningar i form av klimatindex, till exempel medeltemperatur, värmebölja och markfuktighet. Då sommaren 2018 uppvisade mycket varmt och torrt väder med stora konsekvenser för samhället fick SMHI många frågor om sommarvädrets koppling till den pågående klimatförändringen. Idén väcktes då att jämföra sommaren 2018 med klimatscenarier i länsanalyserna. Motsvarar sommaren 2018 en medelsommar i framtiden?

2 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka hur vädret sommaren 2018 kan jämföras med de scenarier SMHI tidigare presenterat för framtida klimat. Kommer sommaren 2018 att motsvara en medelsommar i framtiden? Samma metodik och underlag som tidigare presenterats på Sverigenivå avseende framtida klimat används för analysen. Rapporten är tänkt att vara till hjälp för de samhällsfunktioner som vill utvärdera hur sommaren 2018 påverkat verksamheten och vad vi kan förvänta oss av framtiden.

3 Sommaren 2018

Sommaren 2018 var på många sätt exceptionell. Sommarvärmen började redan i maj och fortsatte med högtrycksbetonat och nederbördsfattigt väder in i augusti. Juli var den varmaste månad som observerats i stora delar av Götaland och Svealand sedan SMHI:s mätningar startade. Vädret resulterade i långvarig torka som gav förutsättningar för skogsbränder och orsakade påfrestningar på lantbruk och djurhållning. Värmeböljorna orsakade också hälsoproblem och fler dödsfall än normalt noterades under sommaren. Nedan följer en sammanfattning av några av de händelser som orsakades av vädret sommaren 2018.

3.1 Skogsbränder

Med några undantag hade hela landet hög brandrisk från maj till augusti. Totalt brann 25 000 hektar skog främst i Dalarnas, Gävleborgs, Jämtlands och Västernorrlands län. Det är dubbelt så stor yta som branden i Västmanland 2014. Antalet bränder gjorde dock släckningsarbetet ännu mer komplicerat. En normalsommar upptäcker skogsbrandsflyget cirka 100 bränder men sommaren 2018 upptäckte de över 500 bränder. (MSB, 2018). Det totala värdet av den förlorade skogen uppskattas till 900 miljoner kronor (Skogsstyrelsen, 2018).



3.2 Torka

En varm och nederbördsfattig vår som föregicks av en ovanligt blöt höst ledde till sämre skördar och ett mindre lager grovfoder. Detta i kombination med den extremt torra sommaren drabbade lantbruket hårt. (Regeringen, 2019)

För att säkra tillgången till foder uppmanades producenter att skörda allt foder, om inte för eget bruk så för andras. Torkan föranledde undantag från regler, till exempel kunde ekologiska lantbrukare utfordra med icke-ekologiskt foder och frigående mjölkkor undantogs från kravet på betesväxter (Jordbruksverket, 2019). Regeringen beslutade att ge 1,2 miljarder kr i stöd till lantbruket för att täcka upp för foderbristen.

Sommarens extrema väder påverkade skörden. Lantmännens summering av skörden av spannmål, oljeväxter och säd uppgick till hälften av femårssnittet. Det tros vara den sämsta skörden sedan slutet av 1950-talet (Lantmännen, 2018). Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) har beräknat kostnaden för borttorkade skördar till 10 miljarder kr.

Torkan ledde till brist på betesmark och foder, vilket ledde till ett behov att minska antalet djur. Slaktköerna blev upp till ett halvår långa.



3.3 Vatten



Tillrinningen i vattenkraftens magasin var mycket låg under juni till september. Följden blev att elen, som sommartid brukar vara relativt billig, kostade 50-70 % mer än året innan.

En extra komplicerande faktor var att grundvattennivåerna var låga under sommaren, särskilt i mindre grundvattenmagasin. Även i många sjöar var vattennivåerna låga. Vattenbrist drabbade många kommuner, i mitten av augusti hade 85 av Sveriges 290 kommuner bevattningsförbud och fler än 100 andra kommuner uppmanade till ett försiktigt användande av dricksvattnet. (Krisinformation, 2018)

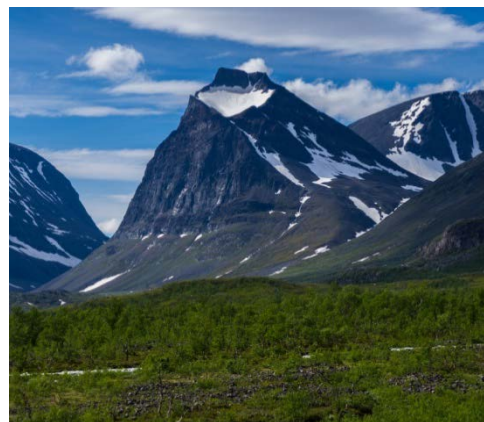
3.4 Hälsa

Ihållande värme kan påverka människors hälsa negativt. Främst drabbas riskgrupper som gamla, sjuka, gravida och små barn. Under sommaren 2018 tog SOS Alarm emot fyra gånger fler samtal än normalt om värmeslag. Överdödligheten var cirka 700 dödsfall under juni-augusti år 2018, det är dock osäkert hur stor del av denna överdödlighet som direkt beror på sommarvärmen. (Folkhälsomyndigheten, 2018). Flera sjukhus fick ställa in operationer eftersom luftfuktigheten var för hög för att hålla instrumenten sterila (Stockholms läns Landsting, 2018).

3.5 Natur

De låga vattenflödena fick stor påverkan på växt- och djurliv i vattendragen. Fiskarter som lax och öring haft svårt att leka och från stora delar av Sverige har fiskdöd rapporterats (DN, 2018). Den utrotningshotade flodpärlmusslan fick på en del håll räddas genom att flyttas från torra vattendrag till bäckar med större flöde (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2018).

I augusti fick Sverige en ny högsta punkt, glaciären på Kebnekaises sydtopp hade smält ner till under nordtoppens 2 096,8 meter över havet (Stockholms Universitet, 2018).



4 Metodik

Under 2015 publicerade SMHI länsvisa klimatanalyser med information om nuvarande och framtida klimat. I föreliggande rapport används data från länsanalyserna vars beräkningar finns beskrivna i rapporten "Klimatscenarioer för Sverige" (Sjökvist m. fl., 2015). Ett antal parametrar har valts ut och beräkningar har gjorts på observationsdata för sommaren 2018. Dessa jämförs med resultat från länsrapporterna. Beräkningar av lågflöde och markfuktighet har gjorts med en annan hydrologisk modell, i övrigt är resultaten i denna rapport direkt jämförbara med länsanalyserna. Nedan följer en kortfattad beskrivning av metodiken, för en mer utförlig hänvisas läsaren till rapporten "Klimatscenarioer för Sverige".

4.1 Klimatscenarioer

Klimatets utveckling i framtiden beror på hur atmosfärens innehåll av växthusgaser förändras. För att studera framtidens klimat behövs antaganden om hur utsläppen av växthusgaser kommer att bli. Klimatforskare har enats om att utgå ifrån RCP-scenarioer som beskriver olika utvecklingsvägar fram till år 2100 (van Vuuren m.fl., 2011). I följande analyser används två RCP-scenarioer, RCP4.5 som bygger på begränsade utsläpp, och RCP8.5 med höga utsläpp. De två scenarierna täcker in en stor bredd vad avser framtidens koncentrationer av växthusgaser i atmosfären. Tabell 1 beskriver vilka antaganden som ligger till grund för scenarierna.

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

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

Beräkningar av det framtida klimatet görs med klimatmodeller, de är matematiskt formulerade beskrivningar av de fysikaliska processerna i klimatsystemet. I denna rapport används resultat från nio olika globala klimatmodeller från olika institut runt om i världen. Rossby Centre vid SMHI har använt en regional klimatmodell för att göra mer detaljerade beräkningar med utgångspunkt i data från de globala modellerna (Strandberg, 2014). Därefter har resultat från den regionala klimatmodellen bearbetats till upplösningen $4 \times 4 \text{ km}^2$. Meteorologiska observationer har hämtats från databasen PTHBV (Johansson, 2000; Johansson m.fl., 2003; 2005) med samma upplösning. För beräkning av flöden och markfuktighet har hydrologisk modellering utförts med modellen S-HYPE (Lindström m.fl., 2010).

Klimatindex som har beräknats speciellt för denna rapport är antal varma dagar, högsta dygnsmedeltemperatur och sommarens nederbördsdagar, övriga klimatindex ingår sedan tidigare i länsanalyserna.

Det finns alltid en osäkerhet i information om framtida klimat. Dels finns en osäkerhet i klimatmodeller och vår kunskap om klimatsystemet. Dels finns osäkerheter i alla efterbearbetningar som görs av data. Men den största osäkerheten för klimatet i slutet av

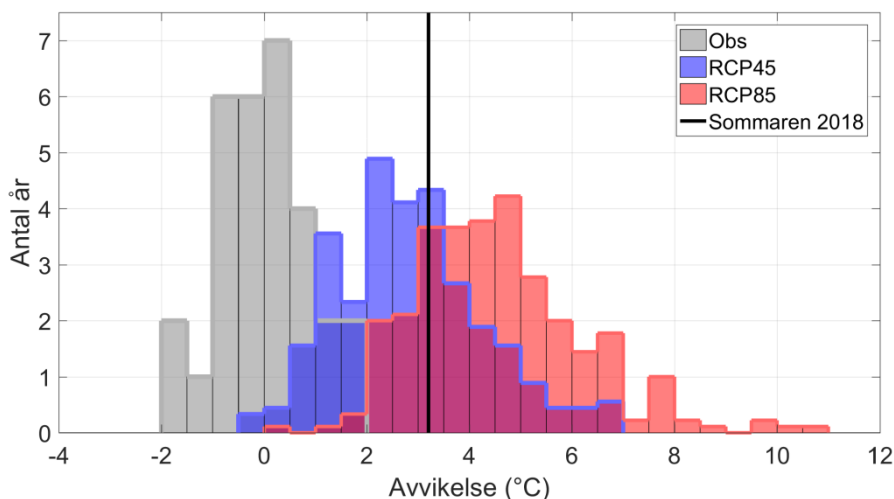
seklet är de framtida utsläppen av växthusgaser, det vill säga vilket av RCP-scenarierna vi hamnar närmast. Dessutom finns en stor osäkerhet som är kopplad till naturlig variabilitet. Vissa år/årtionden är varmare eller kallare, eller mer eller mindre nederbördsrika, än andra även utan ändringar i klimatpåverkan. Den här typen av osäkerhet är stor framför allt under de närmaste decennierna innan den globala uppvärmningen nått riktigt höga nivåer.

4.2 Klimat eller väder?

Klimat och väder är lätt att blanda ihop, men skillnaden mellan dem är viktig för förståelsen av en klimatförändring. Vädret kan variera mycket på en given plats under bara några timmar, men är alltid knutet till en specifik dag och tid. Ett klimat definieras med hjälp av statistik på vädret och då behövs långa tidsperioder för att få en representativ bild, ofta används perioder på 30 år. Genom att jämföra statistik för två olika tidsperioder kan en klimatförändring beskrivas. Således kan aldrig en enskild händelse vara ett bevis för en klimatförändring, till exempel den varma sommaren 2018. Men en klimatförändring medför att sannolikheten för en viss händelse kan förändras.

Framtidens somrar kommer, på ett liknande sätt som i dag, att variera mellan varmare och kallare och mellan blötare och torrare. I denna rapport används det material som tidigare publicerats i SMHI:s länsanalyser för att beskriva framtidens klimat. De baseras på långtidsmedelvärden, därmed tydliggörs inte mellanårsvariationen. Därför kan analyserna inte säga något om sommaren 2018 jämfört med framtida extremer. I rapporten används beteckningen "medelsommar" för att beskriva sådana 30-årsmedelvärden. Ett medelvärde beskriver inte en egentlig händelse utan är ett mått på den statistiska fördelningen.

För att illustrera skillnaden mellan medelsommar och mellanårsvariabiliteten ges ett exempel på hur sommaren 2018 förhåller sig, inte bara till en medelsommar, men också till alla enskilda somrar i både det observerade och det beräknade klimatet. Figur 1 visar fördelningen av somrarnas medeltemperaturer under en 30-årsperiod. Temperaturen är angiven som avvikelse jämfört med perioden 1961-1990. De grå staplarna visar observationer under perioden 1961-1990 och är centrerade runt 0:an i diagrammet. De blå och röda staplarna visar avvikelse för perioden 2069-2098 enligt RCP4.5 och RCP8.5, här ingår data från nio olika modellkombinationer. Se Bilaga 1 för länsvisa diagram.



Figur 1. Histogram över avvikelse i somarmedeltemperatur (juni, juli och augusti) i Östergötland, jämfört med perioden 1961-1990. De grå staplarna visar observerade värden för perioden 1961-1990. De blå och röda staplarna visar den framtida perioden 2069-2098 för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. För varje scenario ingår värden från nio olika modellkombinationer. Det svarta strecket markerar sommaren 2018.

Figuren visar att spridningen i sommarmedeltemperatur är stor under respektive 30-årsperiod. Spridningen hos observationer och scenarier är inte riktigt jämförbar eftersom observationerna baseras på 30 års data medan scenarierna baseras på totalt 270 års data. Sommaren 2018 motsvarar ett relativt vanligt förekommande värde i framtiden enligt både RCP4.5 och RCP8.5, men hos RCP4.5 ligger sommaren 2018 i övre delen av spannet och i RCP8.5 i undre delen av spannet. Däremot ligger sommaren 2018 långt utanför spannet för observationerna under perioden 1961-1990. Det är också tydligt i båda scenarierna att de allra varmaste somrarna i ett framtida klimat kan vara ännu varmare än det som observerades 2018. Enligt RCP8.5 är nästan alla somrar varmare i slutet av seklet än det som varit normalt under 1961-1990.

Det bör påpekas att även om sommaren 2018 i något skede motsvarar en medelsommar i framtiden, kan konsekvenserna bli helt annorlunda än de som inträffade under det gångna året. Detta eftersom vi då möjligen skulle drabbas av flera år i följd med dagens extrema värmeböljor och torka. I ett sådant läge kan det nya extrema vara något som vi i dagens klimat inte upplevt.

5 Resultat

På följande sidor presenteras klimatindex baserade på temperatur, nederbörd, vattenflöde och markfuktighet. Observationer och scenarier presenteras separat. Scenarierna presenteras som ett medelvärde för respektive utsläppsscenario (RCP) av samtliga klimatmodeller som ingår i beräkningarna, om inget annat anges. Meteorologiska resultat har upplösningen 4x4 km och hydrologiska resultat presenteras per avrinningsområde enligt modellen S-HYPE. Beräkningarna har gjorts för sommarmånaderna juni, juli och augusti, om inget annat anges.

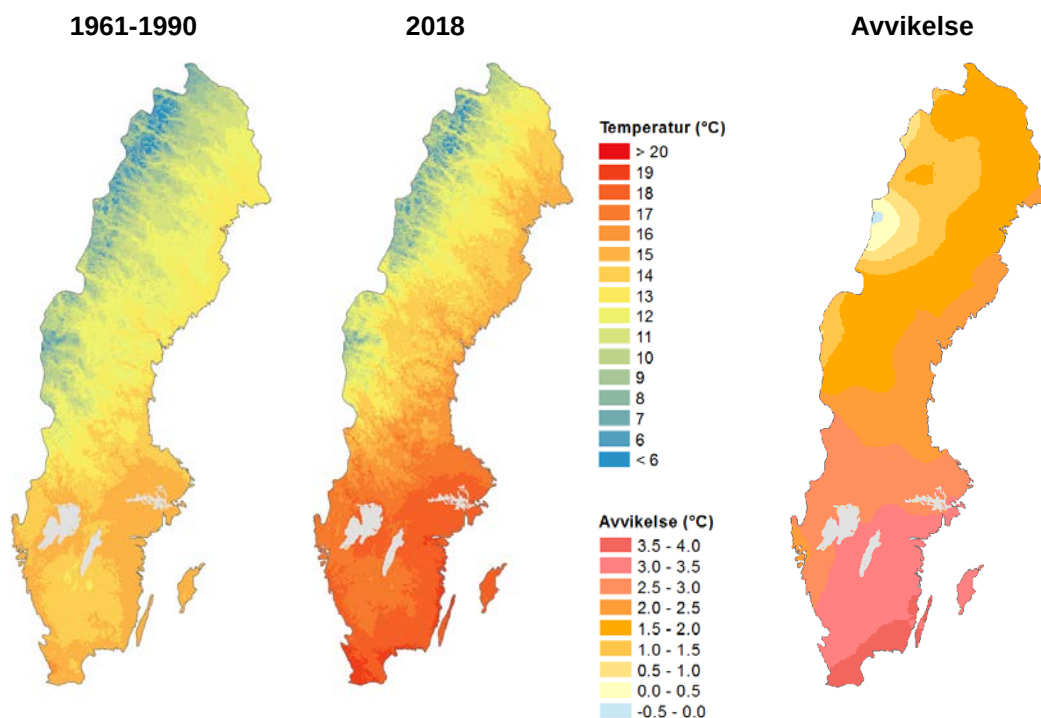
5.1 Sommarens medeltemperatur

Medeltemperaturen under sommaren 2018 var betydligt högre än normalt. Figur 2 visar medeltemperatur för somrarna under referensperioden 1961-1990, samt medeltemperaturen för sommaren 2018. Till höger finns en karta som visar skillnaden mellan de två analyserna, dvs. avvikelserna för sommaren 2018. Den sydostligaste delen av Sverige var över 3,5 grader varmare än den genomsnittliga sommaren 1961-1990. Större delen av Götaland var över 3 grader varmare. Övriga Sverige var 1-2,5 grader varmare, bortsett från Västerbottenfjällen som hade nära normal temperatur. Orsaken till den varma sommaren beror framförallt på ett mycket stabilt högtryck som hindrade lågtryck och svalare luft från Atlanten från att nå in över Skandinavien. Detta vädermönster höll i sig under större delen av sommaren.

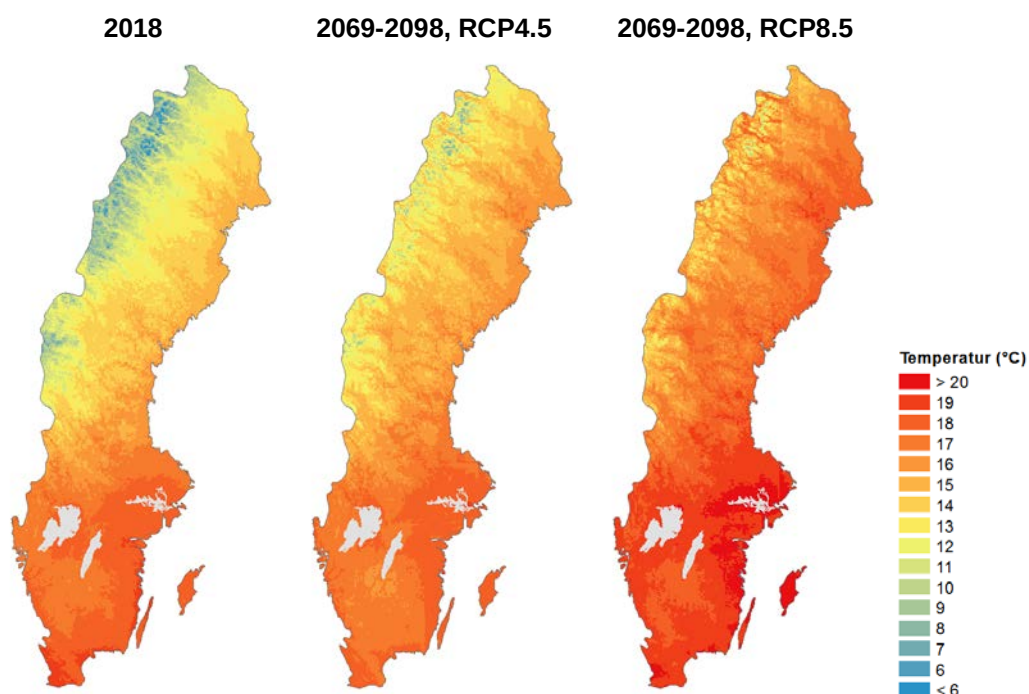
Analysen gäller för juni, juli och augusti, men även maj var mycket varm. Månadsvisa avvikelsekartor finns i Bilaga 2. Här syns att maj och juli var ännu mer avvikande än vad sommarmånaderna visar tillsammans: över tre grader i hela landet och i vissa områden över 5 grader. Juni var varmare i södra halvan av landet och kallare i norra, medan augusti var varmare i större delen av landet.

Sommaren 2018 jämförs med en medelsommar enligt de två klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5 i slutet av seklet i Figur 3. Medeltemperaturen sommaren 2018 är mycket lik den i en medelsommar enligt scenario RCP4.5 i slutet av seklet. I sydligaste Sverige var sommaren till och med lite varmare (upp till 1 grad) än vad RCP4.5 visar. I norra Sverige, och framförallt i fjällkedjan är sommaren kallare (ca 1-3 grader) än RCP4.5. RCP8.5 är varmare i hela Sverige, vilket innebär att sommaren 2018 skulle vara bland de kallare i en sådan framtid. Se Figur 1 för att se hur sommaren 2018 placeras i förhållande till spridningen mellan somrarna i dagens och i framtidens klimat.

I Bilaga 300 finns en tabell över länsvisa medelvärden av sommartemperaturen enligt observationer och klimatscenarier.



Figur 2. Observerad medeltemperatur för juni, juli och augusti. Den vänstra kartan visar ett medelvärde för perioden 1961-1990, kartan i mitten visar medelvärde för sommaren 2018. Den högra kartan visar avvikelsen för sommaren 2018 jämfört med medelvärdet för 1961-1990. Den övre legenden tillhör kartorna till vänster och den undre kartan till höger.

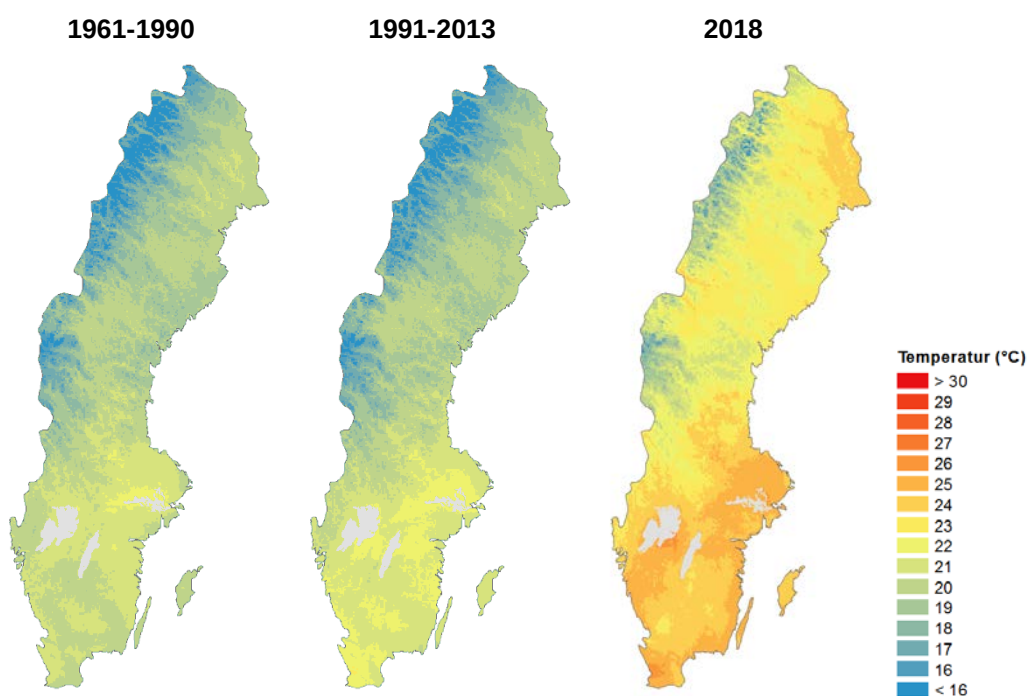


Figur 3. Observerad medeltemperatur för perioden juni, juli och augusti: sommaren 2018, samt beräknad medeltemperatur för samma månader under en 30-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5.

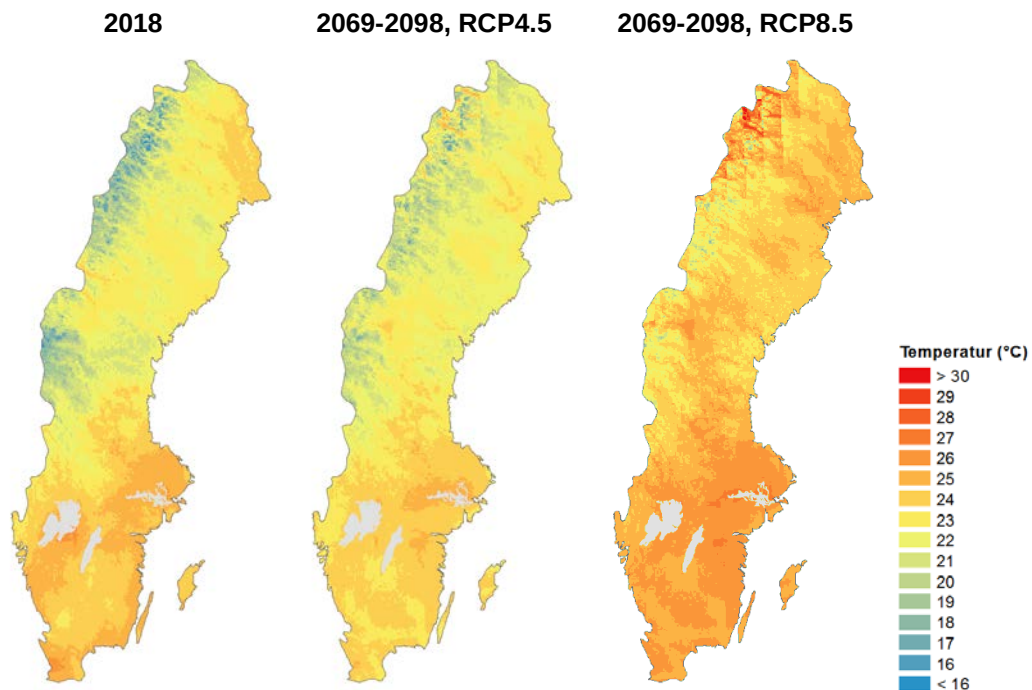
5.2 Sommarens högsta dygnsmedeltemperatur

Kartorna i Figur 4 visar sommarens högsta dygnsmedeltemperatur. Inom ett dygn kan temperaturen variera mycket, vilket alltså inte fångas här. Kartorna för de historiska perioderna visar medelvärden, vilket betyder att det har förekommit år med både lägre och högre dygnsmedeltemperatur. I figuren visas förutom referensperioden 1961-1990 även den efterföljande perioden 1991-2013. Den senare perioden visar något högre temperaturer i Götaland och Svealand. Sommaren 2018 avviker stort, Större delen av Sverige har mellan 3 och 4,5 grader högre temperatur jämfört med medelvärdet 1961-1990.

Sommarens högsta dygnsmedeltemperatur jämförs med scenarier för framtida klimat i Figur 5. I stort sett hela Sverige visar högre temperaturer för sommaren 2018 jämfört med RCP4.5 i slutet av seklet. Värdena för sommaren 2018 hamnar mellan RCP4.5 och RCP8.5. Kartan för RCP8.5 visar ett rutnär i Norrbotten. Detta orsakas av de många bearbetningar som skett av data och här bör resultaten tolkas med försiktighet. Se Sjökvist m.fl. 2015 för mer detaljer.



Figur 4. Observerad högsta dygnsmedeltemperatur för juni, juli och augusti. De två vänstra kartorna visar 30 års medelvärden av varje års högsta dygnsmedeltemperatur. Kartan till höger visar sommaren 2018.

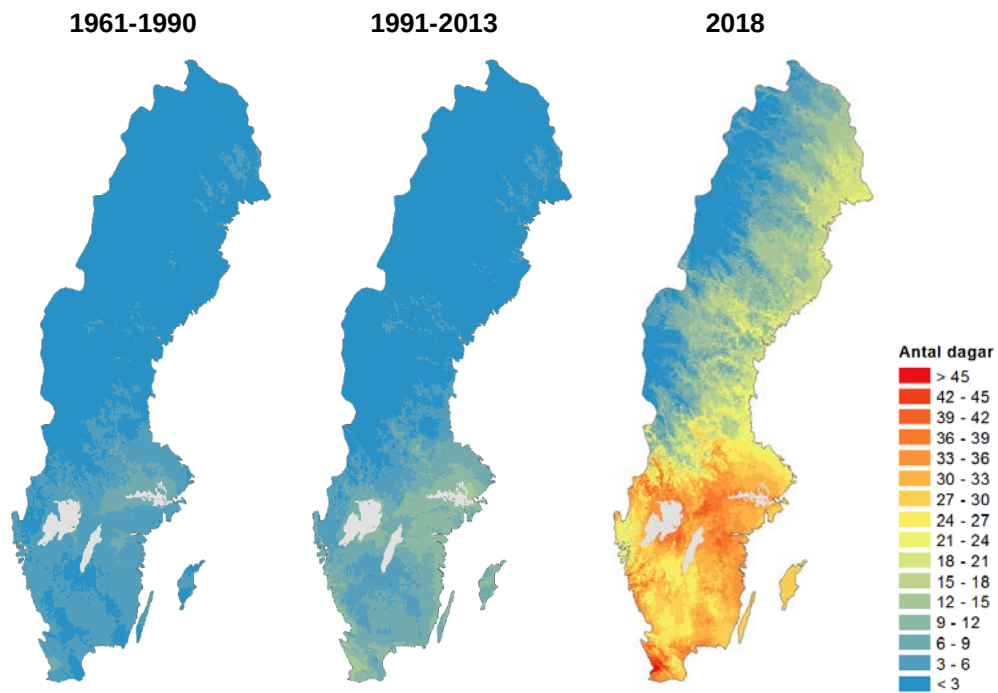


Figur 5. Observerad högsta dygnsmedeltemperatur för juni, juli och augusti sommaren 2018, samt beräknat medelvärde för samma månader under en 30-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5.

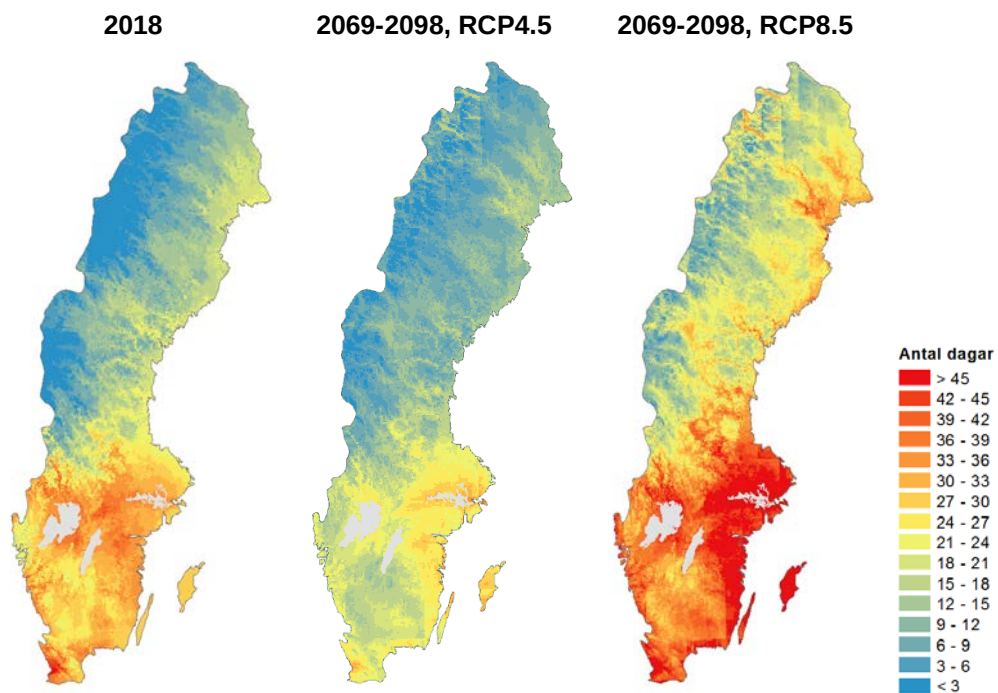
5.3 Antal varma dagar

Antal dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C visas i Figur 6 och 7. Dagarna har summerats på helår. Medelvärdet under referensperioden är endast ett fåtal dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C per år. Några områden har upp emot 10, till exempel Mälardalen. Under perioden 1991-2013 förekom lite fler. 2018 förekom på några platser i Götaland och Svealand över 40 dagar och Norrlandskusten hade i runt 20 dagar. Det är en stor skillnad mot tidigare perioder. Observera att det kan ha förekommit enskilda år med stor avvikelse under de historiska perioderna.

Figur 7 visar antal dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C för 2018 samt slutet av seklet för de två RCP-scenarierna. Sommaren 2018 hade fler varma dagar än en normalsommar enligt RCP4.5. RCP8.5 har betydligt fler dagar, i stora delar av Götaland och Svealand över 40 per år.



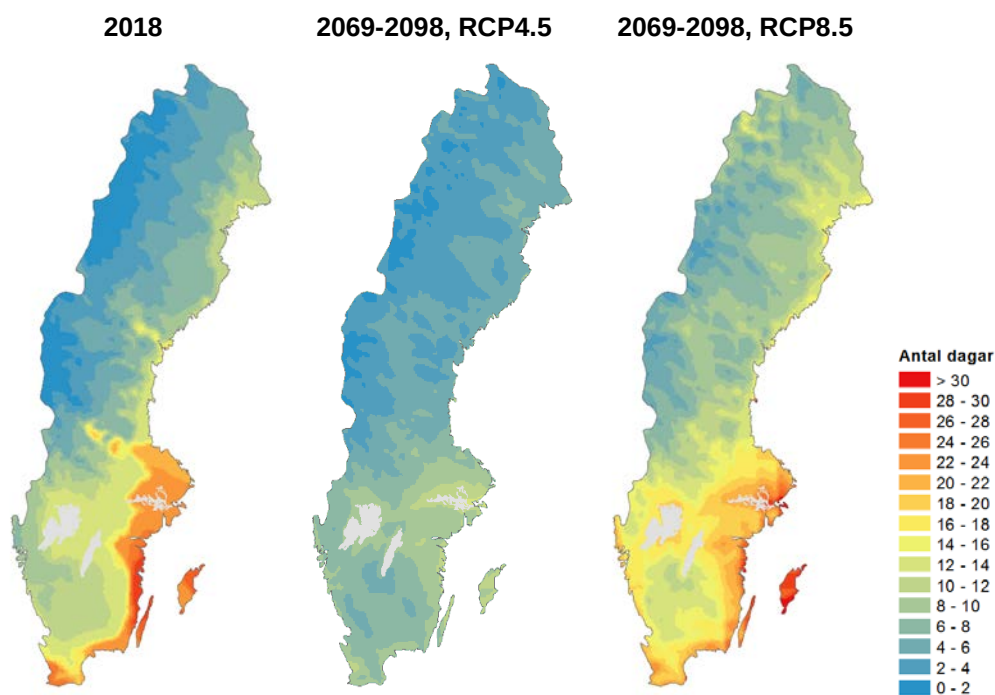
Figur 6. Observerat antal dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C. De två vänstra kartorna visar 30 års medelvärden och kartan till höger visar år 2018.



Figur 7. Observerat antal dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C sommaren 2018, samt beräknat medelvärde för en 30-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5.

5.4 Värmebölja

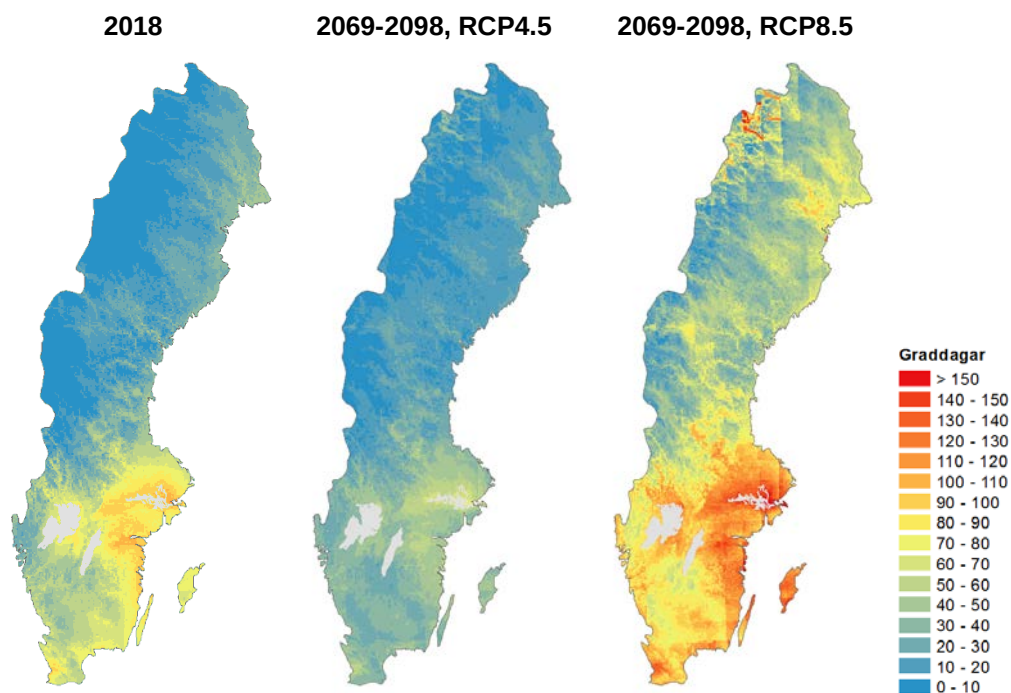
Figur 8 visar årets längsta värmebölja, här definierad som sammanhängande dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C. Den längsta värmeböljan under 2018 är mycket lik de under en normalsommar i slutet av seklet enligt RCP8.5, åtminstone längst ostkusten. Det innebär att extrema år i en sådan framtid kommer ha längre värmeböljor än sommaren 2018.



Figur 8. Observerad längsta värmebölja år 2018, samt beräknat medelvärde under en 30-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5. Värdena är geografiskt utjämnade för att underlätta tolkningen.

5.5 Kylbehov

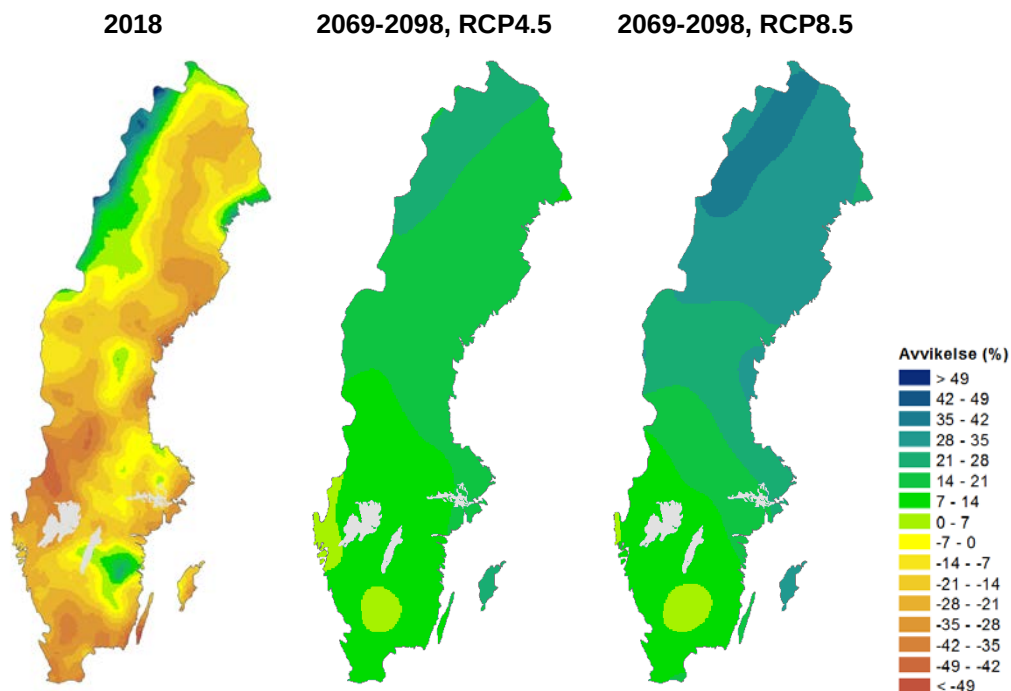
Kylbehov beräknas här genom att summera andelen av alla dygnsmedeltemperaturer som överstiger 20°C under ett år. Om temperaturen är 22°C bidrar således 2 grader till summan. Resultatet kallas för graddagar och är ett mått på energiåtgången för att kyla inomhusklimatet i fastigheter. Beräkningen görs på helår, så här ingår alltså även bidrag från maj månad. Kylbehovet har historiskt sett varit mycket litet i Sverige, medelvärdet för 1961-1990 är 0-10 dagar, i Östersjölandskapen drygt 10. Under 2018 var kylbehovet stort, se Figur 9, upp till ca 100 dagar i Östergötland och Mälardalen. Summan är större än det beräknade normala kylbehovet i slutet av seklet enligt RCP4.5. Kylbehovet för ett normalår är dock ännu större i en framtid med RCP8.5.



Figur 9. Observerat kylbehov år 2018, samt beräknat medelvärde under en 30-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5.

5.6 Sommarnederbörd

Figur 10 visar avvikelsen för sommarnederbörd jämfört med perioden 1961-1990.



Figur 10. Avvikelse i nederbörd för juni, juli och augusti jämfört med 1961-1990. Observerat för 2018, samt beräknat medelvärde för en 30-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5. De beräknade värdena är geografiskt utjämnade för att underlätta tolkningen.

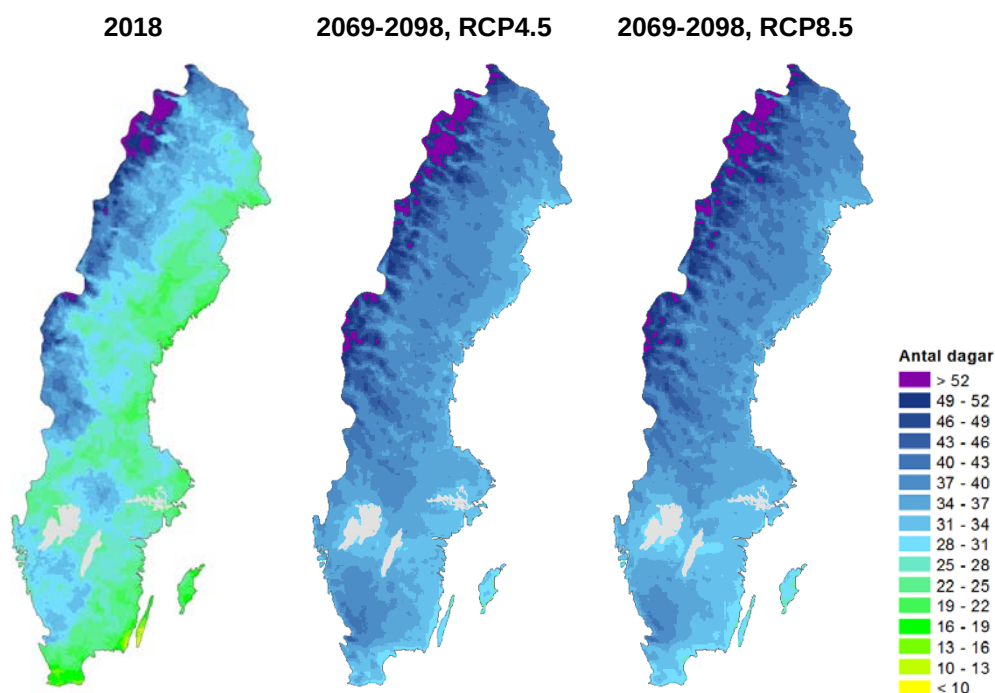
För avvikelser separata månader, se Bilaga 40. Sommaren 2018 var mycket nederbördsfattig i nästan hela Sverige, i vissa områden regnade det bara hälften så mycket jämfört med det normala.

Enligt Figur 10 beräknas sommarnederbörden öka något i framtiden. Men kartorna visar ett medelvärde av samtliga klimatmodeller som ingår i beräkningarna och förändringen är osäker. I Bilaga 5 visas kartor på högsta och lägsta värdet i ensemblen av klimatscenarier. Det är tydligt att klimatmodellerna endast är överens om en ökning av nederbörden i norra halvan av Sverige, allt mellan några få procent till över 49 %. I södra halvan visar några klimatscenarier på minskning av sommarnederbörden, i vissa områden ner till 20 %. Resultaten för sommarnederbörden är alltså inte entydiga och bör tolkas med försiktighet.

5.7 Sommarens nederbördsdagar

En normal sommar förekommer 30-40 dagar med nederbörd i Sverige, och oftast lite fler dagar i fjällen. Sommaren 2018 hade ovanligt få nederbördsdagar, se Figur 11. Större delen av Götaland och Svealand, samt östra Norrland hade ca 20-30 dagar. Östra Blekinge och södra Öland hade bara runt 10 dagar.

Enligt medelvärdet av klimatmodellerna kommer antalet nederbördsdagar inte förändras så mycket i framtiden, kartorna på RCP-scenarierna är jämförbara med statistik för 1961-1990. Det är något fler dagar i RCP8.5 jämfört med RCP4.5. Enligt dessa klimatscenarier kommer det frekventa uppehållsvädret under sommaren 2018 vara ovanligt även i framtiden.

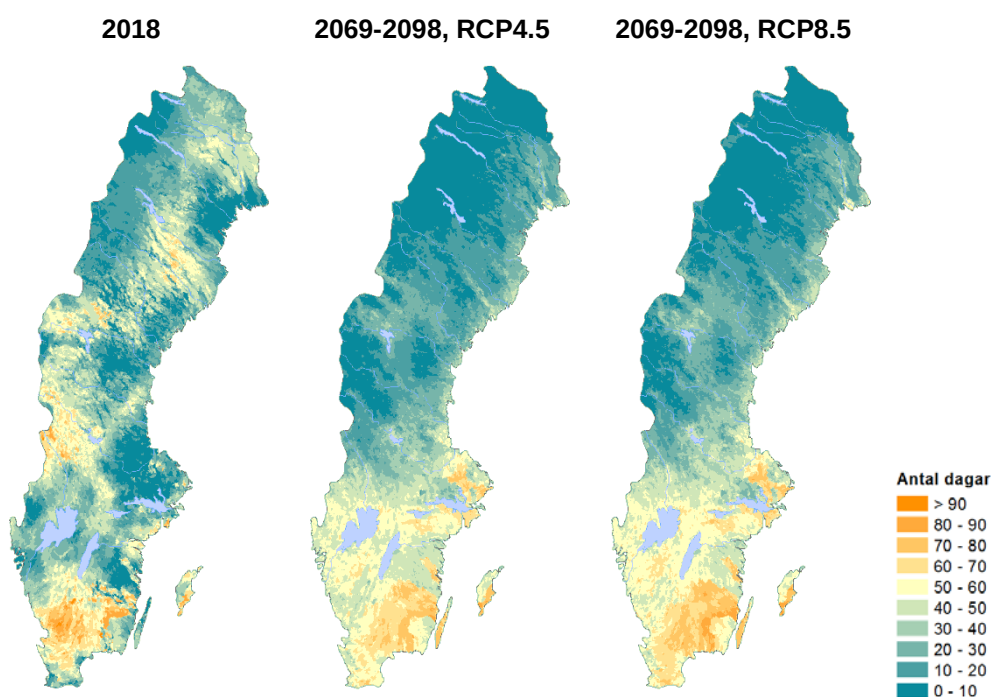


Figur 11. Antal nederbördsdagar under juni, juli och augusti. Observerat för 2018 och beräknat medelvärde för samma månader enligt de två RCP-scenarierna för perioden 2069-2098.

5.8 Lågflöde

Figur 12 visar antal dagar med lågflöde under sommaren 2018 samt slutet av seklet enligt de två RCP-scenarierna. Indexet definieras som antal dagar under medelvärdet av varje års lägsta flöde för referensperioden 1963-1992. Definitionen av lågflöde är alltså specifikt för varje avrinningsområde. Sommaren 2018 uppvisar ganska många dagar med lågflöde, framförallt i södra Götaland men också i västra Svealand och inre Norrland.

Både RCP4.5 och RCP8.5 visar på ökat antal dagar med lågflöde jämfört med referensperioden och störst är ökningen i Östersjölandskapen. För vissa områden i södra Götaland motsvarar lågflödet 2018 en medelsommar i slutet av seklet enligt RCP8.5. I norra Sverige hade sommaren 2018 fler dagar med lågflöde än en medelsommar i slutet av seklet enligt RCP-scenarierna, men det varierar stort mellan de olika vattendragen.



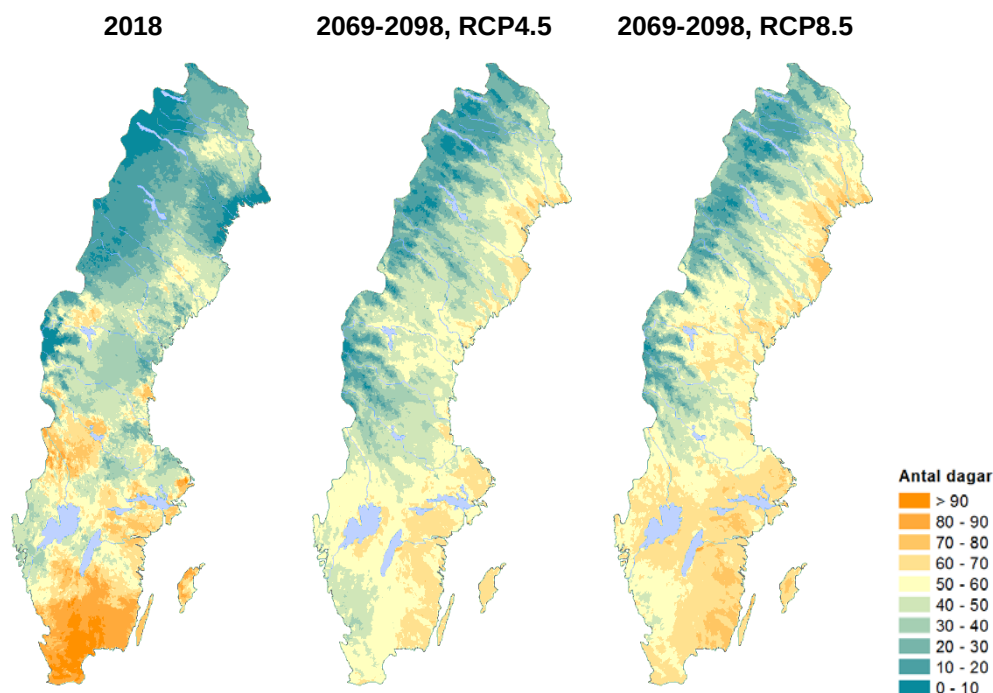
Figur 12. Antal dagar med lågflöde under juni, juli och augusti baserat på lågflöde för perioden 1963-1992. Observerat för 2018, samt beräknat medelvärde för en 30-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5.

5.9 Låg markfuktighet

Markfuktigheten under sommaren 2018 var mycket låg och bidrog till omfattande skogsbränder. Figur 13 visar antalet dagar med låg markfuktighet. Tröskelvärdet är här definierat som medelvärdet av vardera års lägsta markfuktighet under perioden 1963-1992. Definitionen av låg markfuktighet är alltså specifik för varje avrinningsområde.

Kartan för 2018 uppvisar många dagar med låg markfuktighet i hela landet, även i delar av fjällkedjan. Då antalet dagar är över 90 betyder att i princip alla dagar under sommarmånaderna har haft lägre markfuktighet än det som definierades som lågt under referensperioden 1963-1992. Detta gäller för hela södra Götaland. Även norra Götaland och Svealand uppvisar stor andel dagar med låg markfuktighet.

Klimatscenarierna visar att låg markfuktighet blir vanligare i framtiden. Torkan i södra Götaland 2018 är värre än en medelsommar i slutet av seklet oavsett scenario. Mellersta Sverige är ganska lik RCP8.5 medan norra Sverige beräknas bli torrare än sommaren 2018 i framtiden.



Figur 13. Antal dagar med låg markfuktighet under juni, juli och augusti där låg markfuktighet är definierat för perioden 1963-1992. Observerat för 2018, samt beräknat medelvärde för en 30.-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5.

6 Diskussion

Sommaren 2018 dominerades av högtrycksväder och medföljande värmeböljor. Värmeböljor inträffar vanligen vid s.k. högtrycksblockeringar, då ett stabilt högtryck stannar kvar länge på samma plats och skapar vindstilla och soligt väder, vilket inträffade sommaren 2018. Temperaturen vid en blockering påverkas av markens fuktighet. Om marken har ett underskott på fuktighet dämpas avdunstningen som annars bidrar till avkylning. Det innebär att temperaturen kan stiga ytterligare och förstärka en redan pågående värmebölja (Hartmann 1994). För sommaren 2018 var nederbörds mängderna lägre än normalt från maj till och med juli i nästan hela landet vilket bör ha förstärkt värmen ytterligare.

Tidigare forskning pekar på att det är osäkert om ett varmare klimat påverkar frekvensen av långvariga blockeringar (Hartmann et al., 2013). Klimatscenerierna som använts i föreliggande analyser har hittills inte analyserats med avseende på eventuella trender i framtida högtrycksblockeringar. Sett över 30-årsperioder visar scenerierna dock att antalet nederbördsdagar till och med kan öka något på sommaren. Förändringen i nederbörds mängd är osäker, särskilt i södra delarna av Sverige där olika klimatmodeller ger olika resultat t.o.m. vad avser tecken på förändringen. Däremot är forskningen tydlig gällande skyfall, vars intensitet ökar i Sverige i ett varmare klimat oavsett om nederbörden i stort ökar eller inte (Olsson m.fl., 2018).

Vädret sommaren 2018 var extremt sett till vad vi upplevt under 1900-talet. Långvarig värme med många värmerekord gav, i kombination med mindre nederbörd än normalt, en utbredd och omfattande torka. Kommer det att bli vanligt med liknande somrar som sommaren 2018 i framtiden? Scenerierna i Länsanalyserna pekar tydligt på mycket varmare somrar då temperaturen studeras (jfr. Figur 1). Nederbördsresultaten visar på viss ökning i långtidsmedel för nederbörden (Fig. 10) men mellanårsvariationen och dess förhållande till temperaturen har inte studerats. Dock visar klimatscenerierna tydligt att

markfuktigheten kommer att minska och frekvensen av lågflöden kommer öka. I framtiden kommer orsaken till detta i första hand vara förlängd växtsäsong och ökad avdunstning. Orsaken till den låga markfuktigheten sommaren 2018 var framförallt utebliven nederbörd. Nivåerna på torkan sommaren 2018 visar stora skillnader geografiskt, vissa områden är värre än klimatscenarierna i slutet av seklet och vissa områden har färre antal dagar med låg markfuktighet, vilket betyder att det är svårt att göra en generell jämförelse som gäller för hela landet.

I klimatsystemet finns en naturlig variabilitet vilket gör att det under perioder om flera år eller t.o.m. decennier kan vara mer eller mindre vanligt med blockeringar och andra storskaliga förändringar i atmosfärens cirkulation. För att på ett bra sätt ta hänsyn till den naturliga variabiliteten i samband med studier av framtida klimat krävs mycket stora ensembler av klimatsimuleringar. Scenarierna som ligger till grund för länsanalyserna representerar i det sammanhanget ett begränsat utfall över vad som kan hända i framtiden.

7 Slutsatser

Medeltemperaturen för sommarmånaderna 2018 visar att sommaren var två till drygt tre grader varmare än normalperioden 1961-1990 i Sverige. Det är ungefär lika stor förändring som för en medelsommar med medelhöga utsläpp (RCP4.5) till slutet av seklet. Men månadsvis statistik visar att både maj och juli mer än fem grader varmare än normalt på flera platser. Det motsvarar förändringen enligt scenariot med höga utsläpp (RCP8.5) till slutet av seklet.

Jämförelserna av högsta dygnsmedeltemperatur, antal varma dagar och kylbehov för sommaren 2018 varierar geografiskt men motsvarar en medelsommar mitt emellan RCP4.5 och RCP8.5 i slutet av seklet. Årets längsta värmebölja är mycket likt det som beräknas som normalt i RCP8.5 i slutet av seklet för Östersjökusten. För övriga Sverige hamnar även dessa resultat mitt emellan RCP4.5 och RCP8.5.

Sommaren 2018 var mycket nederbördsfattig och detta är inte representativt för en medelsommar enligt de klimatscenarier som studerats här. Framtidens mellanårsvariabilitet har inte analyserats och det finns en osäkerhet om nederbördsmängderna i södra Sverige i framtiden. Resultat för sommarnederbörd i framtida klimat bör därför tolkas med försiktighet.

Antalet dagar med lågflöde var många under sommaren 2018, i Norrland fler än vad som förväntas mot slutet av seklet enligt klimatscenarierna. I södra Sverige var situationen jämförbar med en medelsommar enligt RCP8.5 i slutet av seklet.

Den uteblivna nederbörden orsakade torra marker i hela landet. Även framtida somrar beräknas bli torrare, även om orsaken i första hand kommer vara förlängd växtsäsong och ökad avdunstning, snarare än utebliven nederbörd. Södra Götaland var extremt torrt jämfört med det normala och torrare än en medelsommar i slutet av seklet oavsett utsläppsscenario. Mellersta Sverige uppvisar samma nivå som RCP8.5 i slutet av seklet medan en framtida medelsommar i norra Sverige väntas bli torrare än sommaren 2018.

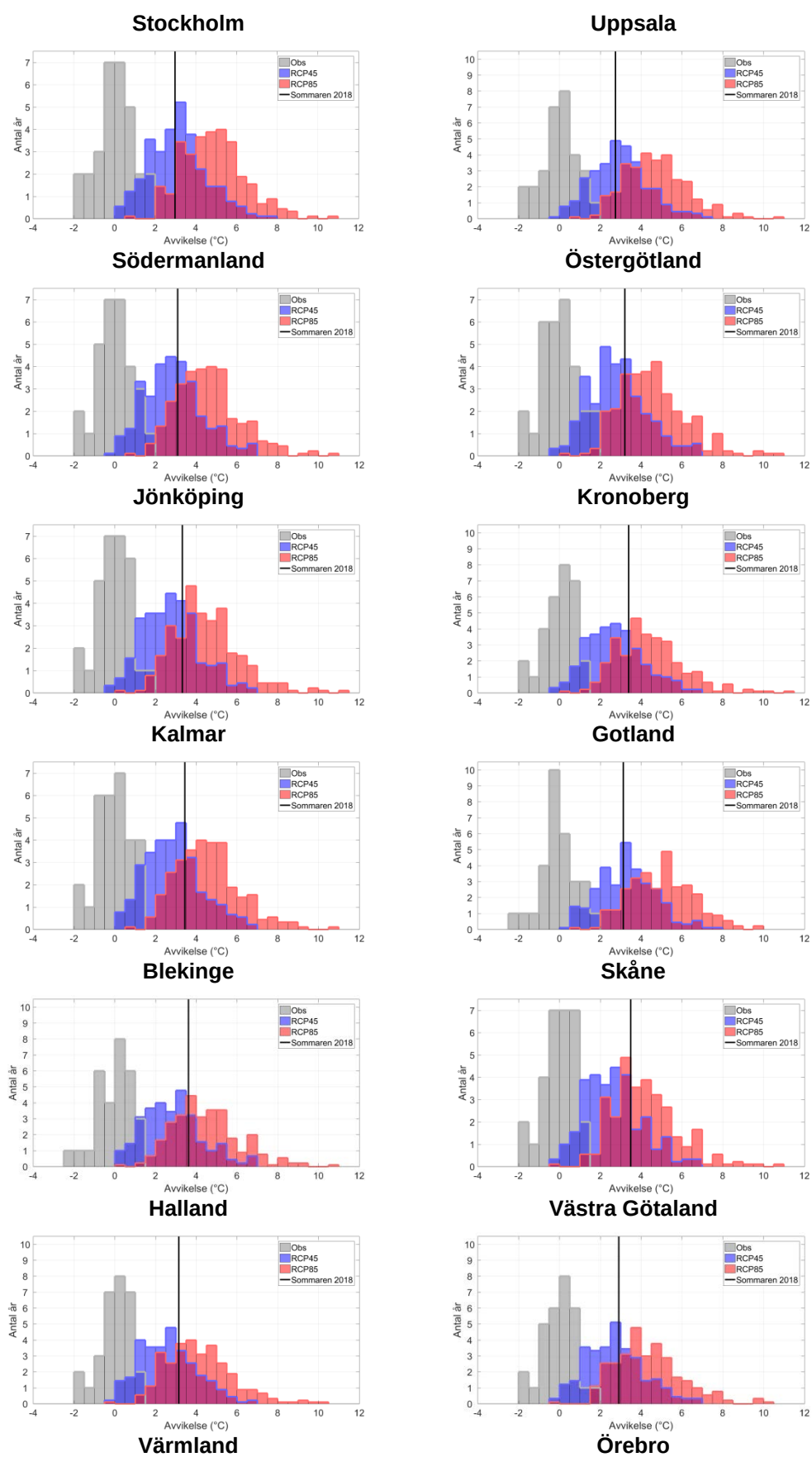
Sommaren 2018 har analyserats utifrån olika aspekter vad det gäller temperatur, nederbörd, markfuktighet och flöden i vattendrag. Beroende på vilken aspekt som studeras ser resultaten lite olika ut. Vädret kommer fortsätta variera och därför är det per definition osannolikt att just en medelsommar inträffar. En sommar som 2018 kan förekomma i slutet av seklet oavsett nivå av framtida utsläpp av växthusgaser. Sannolikheten att en liknande sommar förekommer i ett framtida varmare klimat ökar med ökad klimatpåverkan. Förändringen i olika väderparametrar ser olika ut och mer detaljerade studier behövs för att också jämföra sommaren 2018 mot framtida extremer.

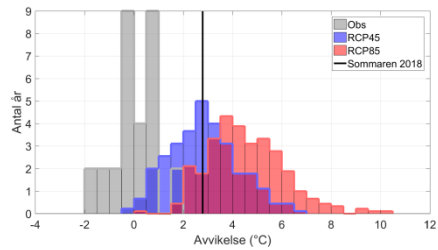
8 Referenser

- DN (2018) <https://www.dn.se/nyheter/10-effekter-av-extremsommaren/>
- Folkhälsomyndigheten (2018) <https://www.folkhalsomyndigheten.se/nyheter-och-press/nyhetsarkiv/2018/december/okad-dodlighet-under-sommarens-varmebolja/>
- Hartmann, D. L., 1994: Global Physical Climatology. Academic Press, 411 pp.
- Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J. Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W. Thorne, M. Wild and P.M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ICONICS, 2013. Nakićenović N., Lempert R., and Janetos A (eds.). A Special Issue of Climatic Change journal on the Framework for the Development of New Socioeconomic Scenarios for Climate Change Research. <https://www2.cgd.ucar.edu/research/iconics/publications/ssps>
- Johansson, B. (2000). Areal precipitation and temperature in the Swedish mountains. An evaluation from a hydrological perspective. Nordic Hydrology, 31, 207-228.
- Johansson, B. och 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. och Chen, D. (2005) Estimation of areal precipitation for runoff
- Jordbruksverket (2019) <http://www.jordbruksverket.se/nyhetsrum.4.4e9a8c7a160cb216910c6a37.html#/pressreleases/torka-arbete-paagaar-foer-att-underlaetta-lantbrukarnas-situation-2591319>
- Krisinformation (2018) <https://www.krisinformation.se/handelser-och-storningar/2018/torkan-2018>
- Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömqvist, J. & Arheimer, B. (2010), Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales. Hydrology Research, 41(3-4): 295-319
- Lantmännen (2018) <https://lantmannen.com/press-och-nyheter/pressmeddelanden/svenska-skorden--lantmannen-presenterar-en-uppdaterad-skordeprognos/>
- Länsstyrelsen Västra Götaland (2018) <https://www.lansstyrelsen.se/vastra-gotaland/om-lansstyrelsen-i-vastra-gotaland/nyheter-och-press/nyheter---vastra-gotaland/2018-08-13-raddningsaktion-for-att-bevara-flodparlmusslan.html>
- MSB (2018) MSB:s arbete med skogsbränderna 2018 - Tillsammans kunde vi hantera en extrem skogsbrandssäsong. MSB1274.
- Olsson, J., Berg, P., Eronn, A., Simonsson, L., Södling, J., Wern, L., Yang, W. (2018) Extremregn i nuvarande och framtida klimat Analyser av observationer och framtidsscenarier. SMHI Klimatologi nr 47.
- Regeringen (2019) <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/torkan-och-varmen-2018/lantbruket-och-torkan/>
- Sjökqvist E., Axén Mårtensson J., Dahné J., Köplin N., Björck E., Nylén L., Berglöv G., Tengdelius Brunell J., Nordborg D., Hallberg K., Södling J. och Berggreen-Clausen

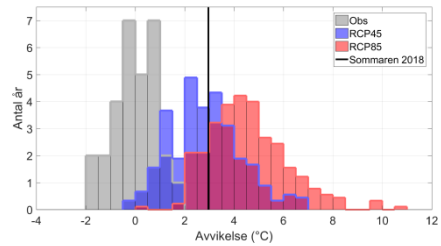
- S. 2015. Klimatscenarier för Sverige – Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier. SMHI Klimatologi Nr 15.
- Skogsstyrelsen (2018) <https://www.skogsstyrelsen.se/nyhetslista/skog-for-over-900-miljoner-kronor-har-brunnit/>
- Stockholms läns Landsting (2018) Vården i SLL under sommaren (PM 2018-10-09)
- Strandberg, G., Barring, L., Hansson, U., Jansson, C., Jones, C., Kjellström, E., et al., (2014). CORDEX scenarios for Europe from the Rossby Centre regional climate model RCA4. Reports Meteorology and Climatology, 116. SMHI, SE-60176 Norrköping, Sverige.
- Stockholms Universitet (2018) <https://www.su.se/forskning/profilomr%C3%A5den/klimat-hav-och-milj%C3%B6/kebnekais-sydtopp-blir-l%C3%A4gre-%C3%A4n-nordtoppen-i-augusti-1.394611>
- van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M. et al. (2011) Climatic Change: The representative concentration pathways: an overview 109:5.
<https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>

Bilaga 1. Länsvisa histogram över medeltemperatur

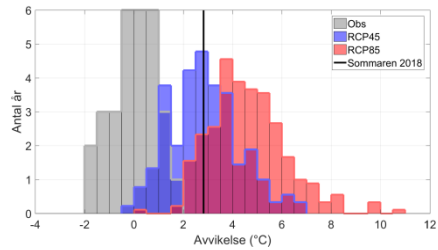




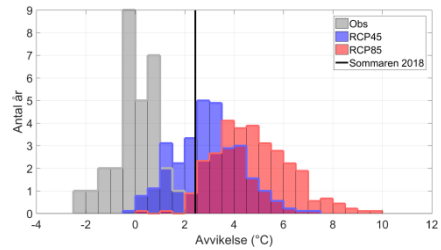
Västmanland



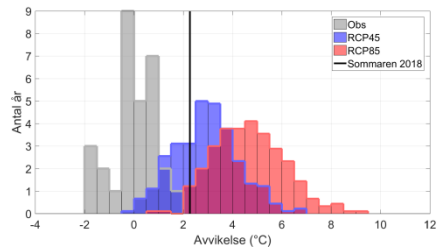
Dalarna



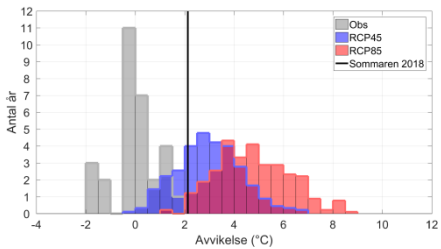
Gävleborg



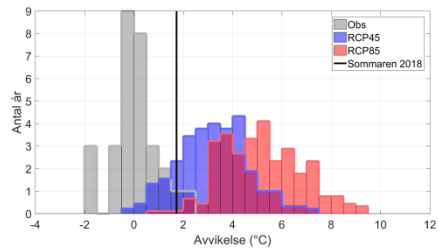
Västernorrland



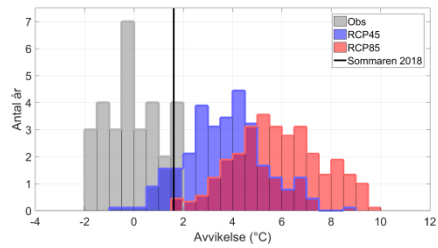
Jämtland



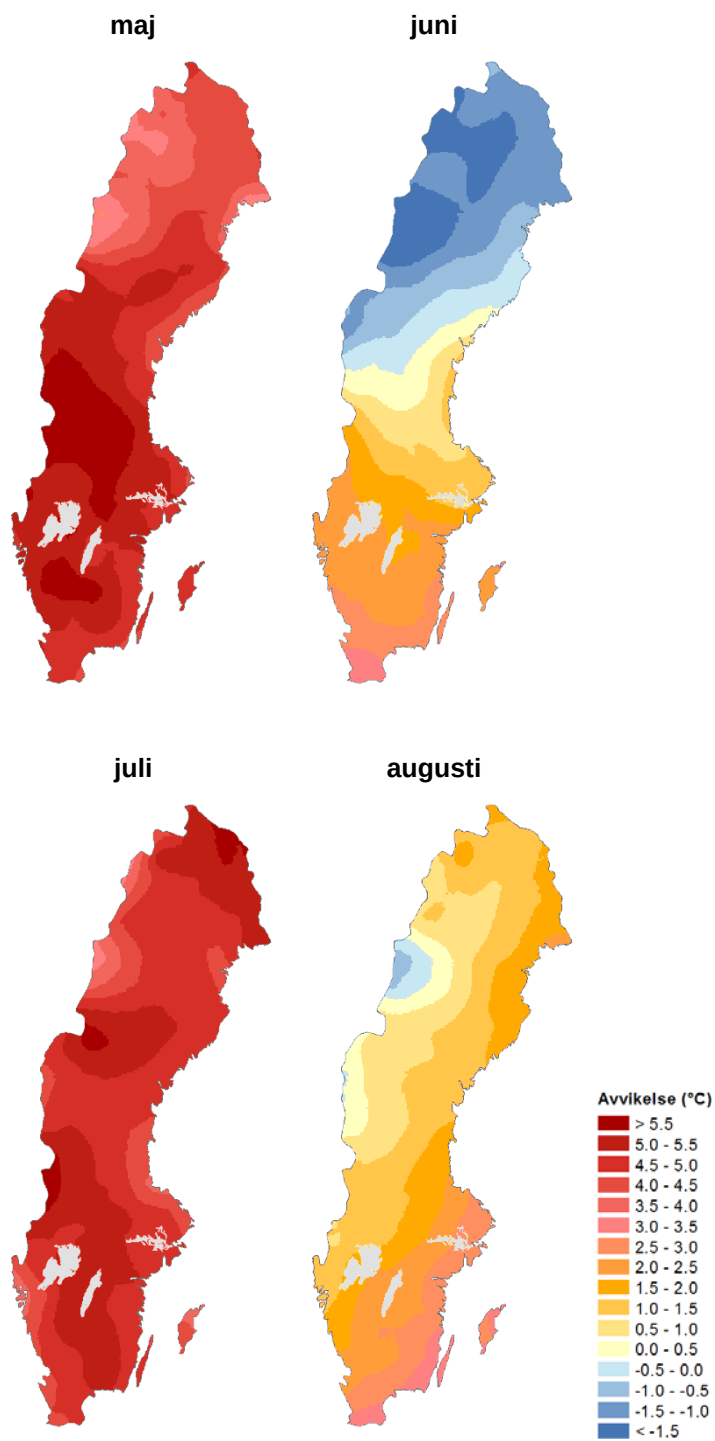
Västerbotten



Norrbotten



Bilaga 2. Månadsvis temperaturavvikelse



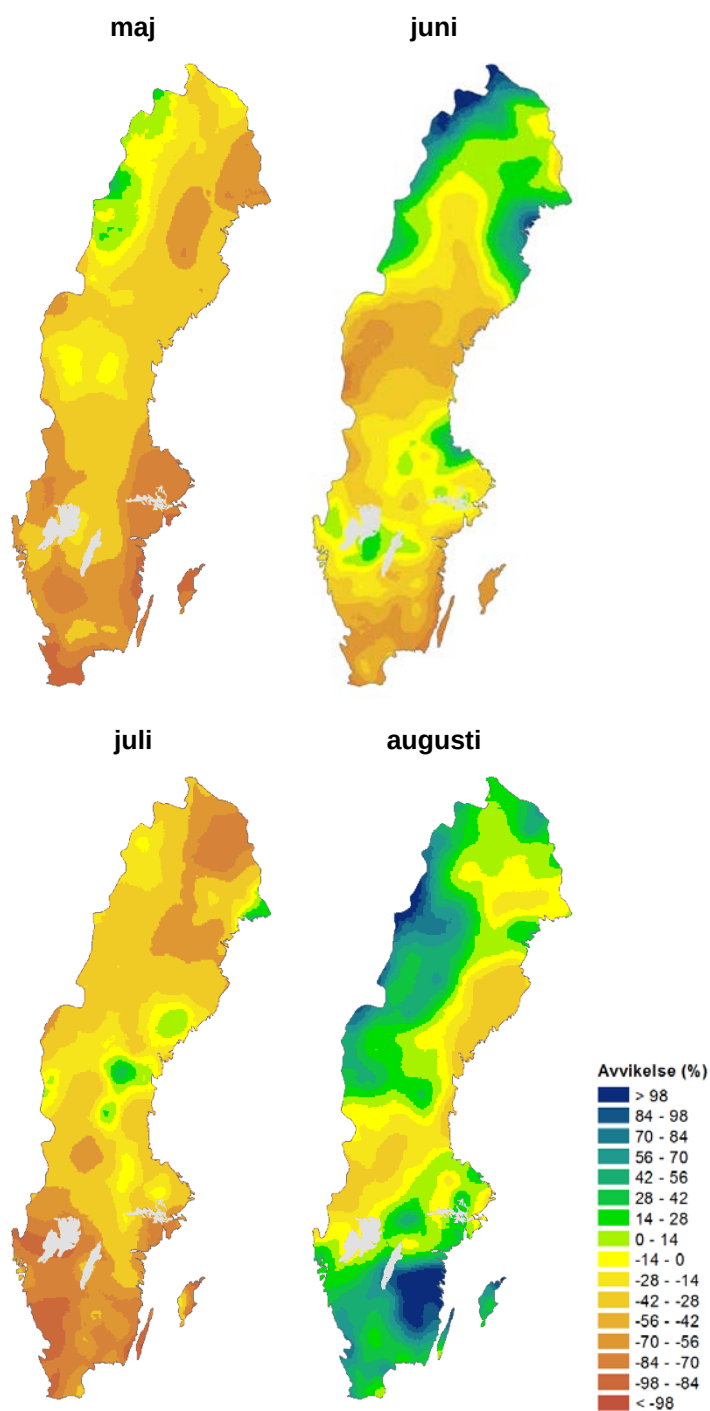
Månadsvis temperaturavvikelse för 2018 jämfört med perioden 1961-1990.

Bilaga 3. Länsvis medeltemperatur

Länsvisa geografiska medelvärden av temperaturen (°C) för juni, juli och augusti. Observerade värden för sommaren 2018 och beräknade värden enligt de två RCP-scenarierna i slutet av seklet.

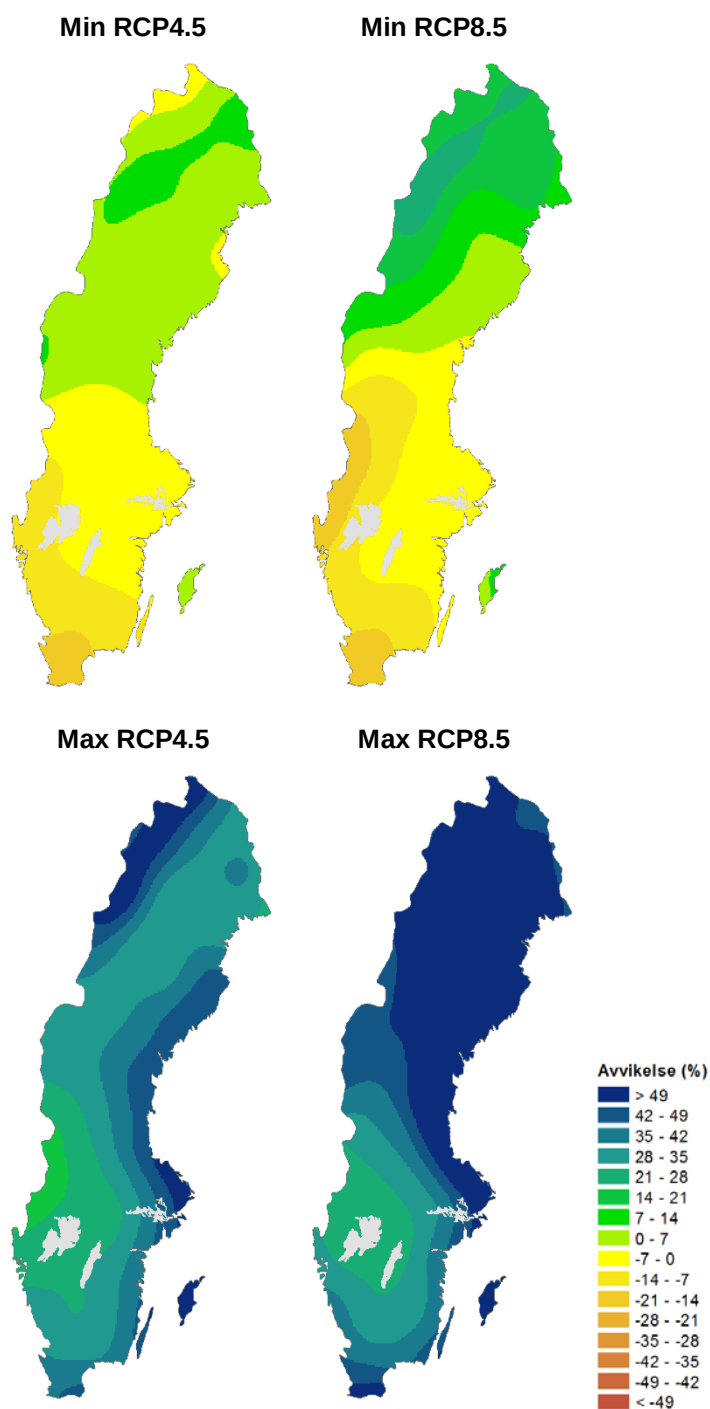
Län	Observerat 2018	RCP4.5 2069-2098	RCP8.5 2069-2098
Stockholm	18,4	18,5	20,4
Uppsala	17,9	18,1	20,0
Södermanland	18,5	18,2	20,1
Östergötland	18,5	18,1	20,0
Jönköping	17,8	17,1	19,0
Kronoberg	18,1	17,4	19,3
Kalmar	18,7	18,1	20,0
Gotland	18,4	18,4	20,4
Blekinge	18,8	17,9	19,8
Skåne	18,9	17,9	19,7
Halland	18,1	17,5	19,2
Västra Götaland	17,9	17,6	19,4
Värmland	17,2	17,2	19,1
Örebro	17,9	17,7	19,6
Västmanland	18,2	18,2	20,1
Dalarna	15,6	16,0	18,0
Gävleborg	16,1	16,7	18,6
Västernorrland	15,2	16,0	17,9
Jämtland	13,1	14,5	16,6
Västerbotten	13,2	14,9	17,0
Norrbotten	12,5	14,5	16,9

Bilaga 4. Månadsvis nederbördsavvikelse



Månadsvis nederbördsavvikelse för 2018 jämfört med perioden 1961-1990.

Bilaga 5. Ensemble av nederbördsförändring



Ensembleminimum och ensemblemaximum av nederbördsförändring för perioden 2068-2098 jämfört med 1961-1990. Varje karta visar resultatet från det lägsta (min) respektive det högsta (max) värdet i varje beräkningspunkt av nio klimatscenarier. Värdena är geografiskt utjämnade för att underlätta tolkningen.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

SMHIs publiceringar

SMHI publicerar sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationella läsare och skrivs oftast på Engelska. I de övriga serierna används oftast Svenska men även Engelska.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien KLIMATOLOGI har tidigare utgivits:

1. Lotta Andersson, Julie Wilk, Phil Graham, Michele Warburton (University KwaZulu Natal) (2009)
Local Assessment of Vulnerability to Climate Change Impacts on Water Resources in the Upper Thukela River Basin, South Africa – Recommendations for Adaptation
2. Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete
3. Jonas Olsson, Joel Dahné, Jonas German, Bo Westergren, Mathias von Scherling, Lena Kjellson, Fredrik Ohls, Alf Olsson (2010)
En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem
4. Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Doescher, Henrik Smith (2011)
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av naturvetenskapliga aspekter
5. Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012
6. Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige

7. FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Effekter, anpassning och sårbarhet. Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2014)
8. Att begränsa klimatförändringar. FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Bidrag från arbetsgrupp 3 (WG 3) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change (2015)
9. Erik Kjellström SMHI. Reino Abrahamsson, Pelle Boberg. Eva Jernbäcker Naturvårdsverket. Marie Karlberg, Julien Morel Energimyndigheten och Åsa Sjöström SMHI (2014)
Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget
10. Risker och konsekvenser för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt (2014)
11. Gunn Persson (2015)
Vägledning för användande av klimatscenarier
12. Lotta Andersson, Anna Bohman, Lisa van Well, Anna Jonsson, Gunn Persson och Johanna Farelius (2015)
Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat
13. Gunn Persson (2015)
Sveriges klimat 1860-2014. Underlag till Dricksvattenutredningen
14. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström, Emil Björck, Joel Dahné, Lena Lindström, Daniel Nordborg, Jonas Olsson, Lennart Simonsson och Elin Sjökvist (2015)
Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattensutredningen
15. Elin Sjökvist, Jenny Axén Mårtensson, Joel Dahné, Nina Köplin, Emil Björck, Linda Nylén, Gitte Berglöv, Johanna Tengdelius Brunell, Daniel Nordborg, Kristoffer Hallberg, Johan Södling, Steve Berggreen-Clausen (2015)
Klimatscenarier för Sverige - Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier
16. Elin Sjökvist, Gunn Persson, Jenny Axén Mårtensson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson och Håkan Persson (2015)
Framtidsklimat i Dalarnas län – enligt RCP-scenarier
17. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Värmlands län – enligt RCP-scenarier
18. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Örebro län – enligt RCP-scenarier
19. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västmanlands län – enligt RCP-scenarier
20. Elin Sjökvist, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson (2015)
Framtidsklimat i Uppsala län – enligt RCP-scenarier
21. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier

22. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Södermanlands län – enligt RCP-scenarier
23. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Östergötlands län – enligt RCP-scenarier
24. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västra Götalands län – enligt RCP-scenarier
25. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Jönköpings län – enligt RCP-scenarier
26. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Kalmar län – enligt RCP-scenarier
27. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Kronobergs län – Enligt RCP-scenarier
28. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Hallands län – enligt RCP-scenarier
29. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Skåne län – enligt RCP-scenarier
30. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Blekinge län – enligt RCP-scenarier.
31. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Gotlands län – enligt RCP-scenarier
32. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Norrbottens län – enligt RCP-scenarier
33. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västerbottens län – enligt RCP-scenarier
34. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Jämtlands län – enligt RCP-scenarier
35. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västernorrlands län – enligt RCP-scenarier
36. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Gävleborgs län – enligt RCP-scenarier

37. Jonas Olsson, Weine Josefsson (red.) (2015) Skyfallsuppdraget - ett regeringsuppdrag till SMHI
38. Gunn Persson, Linda Nylén, Steve Berggreen-Clausen, Peter Berg, David Rayner och Elin Sjökvist (2015)
Från utsläppsscenarioer till lokal nederbörd och översvämningsrisker
39. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström och Elin Sjökvist.(2015)
Framtidens vattentillgång i Mälaren, Göta älv, Bolmen, Vombsjön och Gavleån.
Underlag till Dricksvattenutredningen
40. Anna Bohman (Centrum för klimatpolitisk forskning, CSPR) vid Linköpings universitet, Lotta Andersson, SMHI och CSPR, Linköpings universitet samt Åsa Sjöström, SMHI.
(2016)
Förslag till en metod för uppföljning av det nationella klimatanpassningsarbetet.
Redovisning av ett regeringsuppdrag december 2016
- 41 (2017)
Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust
- 42 Anna Eklund, Linda Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell, Anna Johnell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Vättern
Beräkningar för dagens och framtidens klimatiförhållanden
- 43 Anna Eklund, Anna Johnell, Linda Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell, Maria Andersson, Cajsa-Lisa Ivarsson, Jonas German, Elin Sjökvist och Elinor Andersson
(2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Hjälmaren Beräkningar för dagens och framtidens klimatiförhållanden
- 44 Anna Eklund, Linda Tofeldt, Anna Johnell, Maria Andersson, Johanna Tengdelius-Brunell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Ulrika Harbman, Elinor Andersson (2017) Vattennivåer, tappningar, vattentemperatur och is i Väner
Beräkningar för dagens och framtidens klimatiförhållanden
- 45 Sofie Schöld, Cajsa-Lisa Ivarsson, Signild Nerheim och Johan Södling (2017) Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust
- 46 Katarina Stensen, Johanna Tengdelius-Brunell, Elin Sjökvist, Elinor Andersson, Anna Eklund (2017) Vattentemperaturer och is i Mälaren
Beräkningar för dagens och framtidens klimatiförhållanden
- 47 Jonas Olsson, Peter Berg, Lennart Wern, Johan Södling, Lennart Simonsson, Wei Yang, Anna Eronn (2017)
Extremregn i nuvarande och framtida klimat – Analyser av observationer och framtidsscenarioer.
- 48 Signild Nerheim, Sofie Schöld, Gunn Persson och Åsa Sjöström (2017)
Framtida havsnivåer i Sverige
- 49 Anna Eklund, Katarina Stensen, Ghasem Alavi, Karin Jacobsson, Diala Abdoush (2018)
Sveriges stora sjöar idag och i framtiden. Klimatets påverkan på Väner, Vättern, Mälaren och Hjälmaren. Kunskapssammanställning januari 2018
- 50 Gunn Persson, Christina Wikberger, Jorge Amorim (2018)
Klimatanpassa städer med grönska
- 51 Katarina Losjö, Lennart Wern, Johan Södling (2018)
Uppföljning av riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden
(Ej publicerad)
- 52 Elin Sjökvist, Diala Abdoush, Jenny Axén (2019)

Sommaren 2018 – en glimt av framtiden?



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

ISSN: 1654-2258