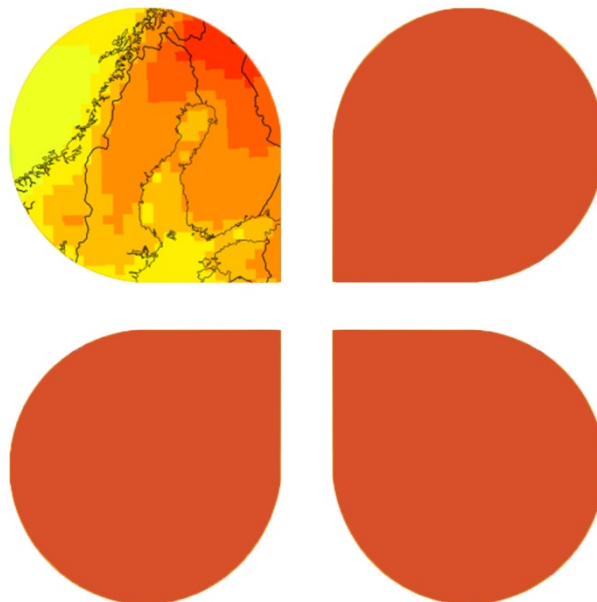


**Klimat- och miljöeffekters påverkan på
kulturhistoriskt värdefull bebyggelse**

Delrapport 1

**Klimatscenarioer för Sverige –
beräkningar från SMHI**



För att öka kunskapen om vilka konsekvenser ett förändrat klimat eller miljö kan ge på kulturhistoriskt värdefull bebyggelse genomförde Riksantikvarieämbetet under 2013 projektet "Klimat- och miljöeffekters påverkan på kulturhistoriskt värdefull bebyggelse". Projektet har inventerat det nationella kunskapsläget och resultatet presenteras i fyra delrapporter, varav följande rapport, skriven av docent Erik Kjellström vid Rossby Centre, SMHI, är en av dessa.

Samtliga figurer: © SMHI.

Riksantikvarieämbetet 2014

Box 1114

621 22 Visby

www.raa.se

registrator@raa.se

Innehåll

Inledning	5
Robusta signaler och osäkerheter i klimatscenarioerna.....	6
Beräknad framtida klimatförändring i Sverige.....	8
Ytterligare variabler – vind, moln och strålning.....	11
Framtida forskning	12
Referenser	13

Inledning

Hur ser det framtida klimatet ut för Sveriges del och vilka osäkerheter finns det i beräkningarna? På Rossby Centre vid SMHI har en rad exempel på nya framtida klimatscenarioer tagits fram under 2012 och 2013. Arbete är gjort inom ramen för det internationella projektet CORDEX (Coordinated Regional Downscaling Experiment).

Klimatet är i snabb förändring. Global uppvärmning och ändrade nederbörds-
mönster är några tecken på detta. Förändringarna handlar såväl om ändrade
medelvärden över långa tidsperioder som ändringar i frekvens och intensitet för en
del extrema väder- och klimathändelser. FN:s klimatpanel IPCC pekar på att
många av de här förändringarna kan kopplas till mänskliga aktiviteter, främst
utsläpp av koldioxid till atmosfären. Fortsatta utsläpp och framtida ökning av
halten koldioxid och andra växthusgaser förväntas leda till ytterligare stora
förändringar i klimatet, både globalt och regionalt. Konsekvenserna av ett ändrat
klimat i Sverige har tidigare diskuterats i bland annat Klimat- och sårbarhets-
utredningen.¹ Sedan dess har nya scenarier tillkommit och inom klimat-
modelleringen har fler och förbättrade klimatmodeller använts, vilket gör att
underlaget för att göra bedömningar om framtida klimat har utökats väsentligt.

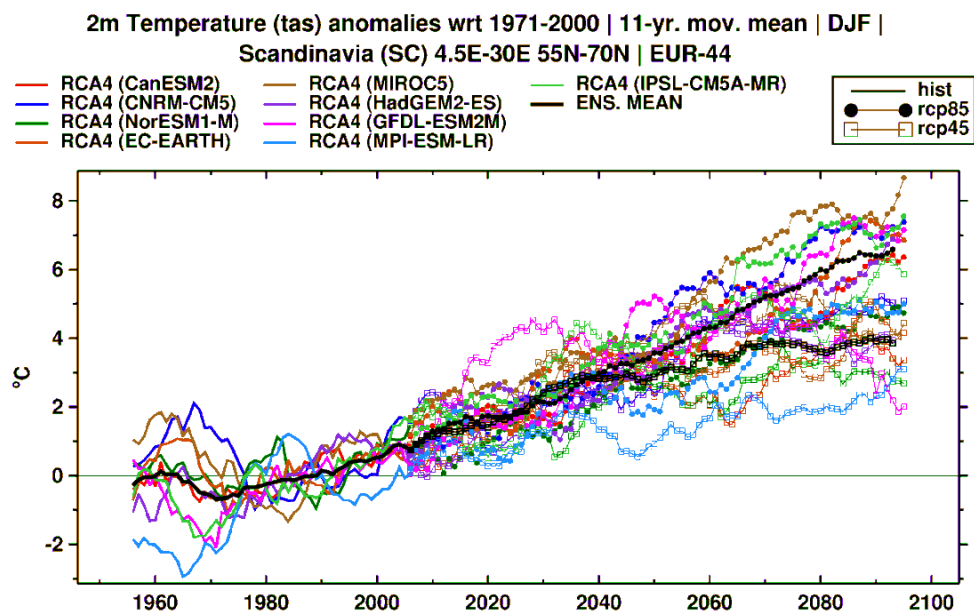
¹ SOU 2007:60

Robusta signaler och osäkerheter i klimatscenarierna

Hur stora förändringarna kommer att bli beror inte bara på hur stor påverkan blir, men också på hur kraftigt klimatsystemet svarar på ändringarna i påverkan, den så kallade klimatkänsligheten. I klimatmodellerna bestäms den av hur modellerna är formulerade, vilket innebär att olika klimatmodeller har olika känslighet och att responsen därför kan skilja sig åt mellan olika regioner i olika scenarier. Ytterligare en källa till osäkerhet är naturlig variabilitet i klimatsystemet, där exempelvis varma och kalla (eller nederbördsrika och nederbördsfattiga) perioder avlöser varandra utan att det krävs någon yttre påverkan på systemet. Den sistnämnda typen av osäkerhet är särskilt stor i ett regionalt eller lokalt perspektiv och framför allt i en relativt nära framtid, innan en mer långsiktig kraftig klimatförändring helt slagit igenom.² Figur 1 ger en bild av hur de här olika bidragen till osäkerhet kan se ut i ett regionalt perspektiv.

Figuren nedan visar på en rad osäkerheter men också på några robusta signaler, varav den mest uttalade är att det blir varmare i alla scenarierna. En annan robust signal är att utsläppsscenarierna i det här fallet ger ungefär samma respons fram till cirka 2040, varefter de börjar skilja sig åt (jämför de två svarta linjerna). Ytterligare en aspekt man kan läsa ut ur figuren är att det förekommer en stor naturlig variabilitet i scenarierna, med stora ändringar från ett årtionde till ett annat. I de följande exemplen visas scenariot med den största klimatförändringen (RCP8.5) vid slutet av seklet (2071–2100) jämfört med slutet av 1900-talet (1971–2000). De mönster som syns på kartorna är i stora drag desamma som framträder redan under de närmaste decennierna, men amplituden är större.

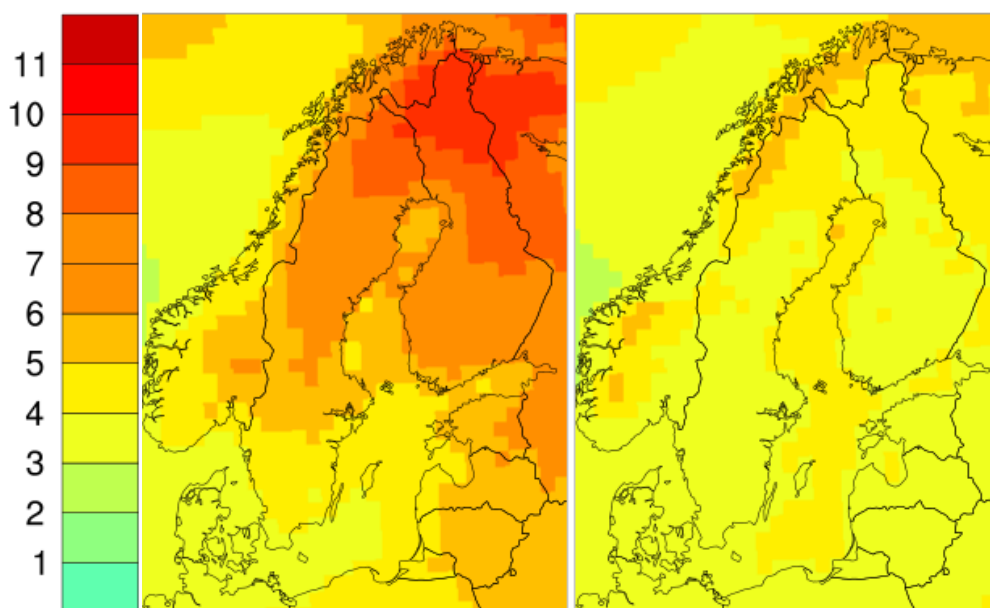
² Hawkins & Sutton, 2009.



Figur 1. Marknära temperatur i Skandinavien under vintern (december–februari) från den regionala klimatmodellen RCA4 från Rossby Centre vid SMHI. Modellen har drivits av data från nio olika globala klimatmodeller (olika färger) med yttre klimatpåverkan som motsvarar det observerade klimatet fram till 2005 och under två olika utsläppsscenarioer (RCP4.5 som motsvarar ”medelhög klimatpåverkan” och RCP8.5 som motsvarar ”stor klimatpåverkan”) mellan 2005 och 2100. De svarta linjerna motsvarar medelvärden över de nio färgade linjerna. Kurvorna är utjämnade i tiden genom applicering av ett löpande medelvärde med tidsfönstret 11 år. Data visas som avvikelser från medelvärdet för 1971–2100.

Beräknad framtida klimatförändring i Sverige

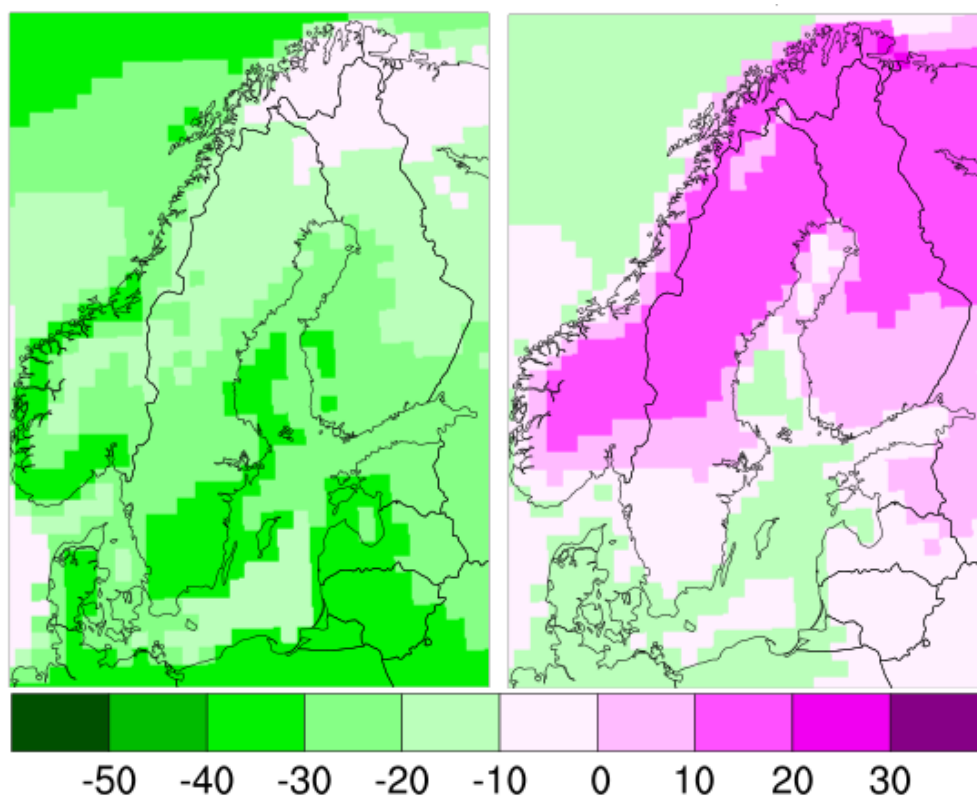
För norra Europa och Sverige pekar klimatscenerierna på ett varmare klimat i framtiden (Figur 1). Uppvärmningen väntas bli störst under vinterhalvåret, mycket som en konsekvens av minskad utbredning av snö och is. Därför blir förändringarna störst i norra Sverige där det finns mer snö i dagens klimat (Figur 2). Temperaturförändringarna under sommaren blir mer jämnt fördelade över Sverige utan tydliga maximum, med ett möjligt undantag för delar av fjällkedjan.



Figur 2. Förändring i temperatur (°C) under december–februari (vänster) och juni–augusti (höger) som ett medelvärde över nio simuleringar med Rossby Centres regionala klimatmodell driven av data från olika globala klimatmodeller. Förändringar avser 2071–2100 jämfört med 1971–2000 för utsläppsscenarioet RCP8.5.

Det ändrade temperaturklimatet betyder inte bara att säsongsmedeltemperaturen ökar. Exempel på förändringar i dess följd är vegetationsperiodens längd som ökar, uppvärmningsbehovet som minskar, och ändrade temperaturextremer, med mindre uttalade kalla episoder på vintern och mer varma extremer på sommaren. Ett annat exempel på förändringar i temperaturklimatet är att antalet dagar då temperaturen

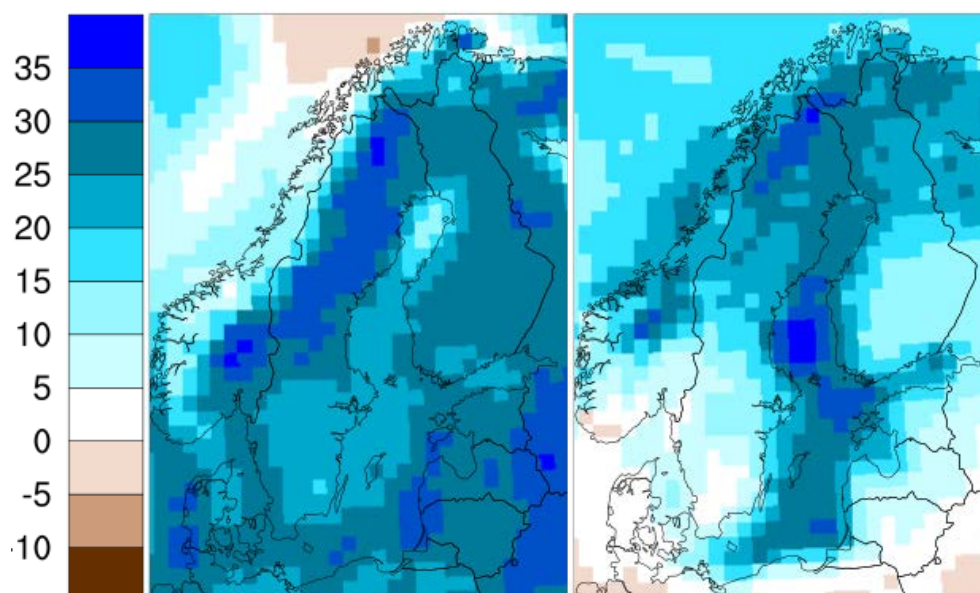
under ett dygn passerar nollgradersstrecket (så kallade nollgenomgångar) kan ändras. Generellt sker en minskning av antalet sådana dagar per år, men under vintern syns en ökning i de delar av landet där det idag är väsentligt kallare (norra delen av landet), se Figur 3.



Figur 3. Förändring i antal dagar med nollgenomgångar (ett mått på antalet dygn där dygnets högsta temperatur varit över 0 °C under samma dygn som lägsta temperatur varit under 0°C) under december–februari (vänster) och juni–augusti (höger) som ett medelvärde över nio simuleringar med Rossby Centres regionala klimatmodell driven av data från olika globala klimatmodeller. Förändringar avser 2071–2100 jämfört med 1971–2000 för utsläppsscenarioet RCP8.5.

I ett varmare klimat kan atmosfären hålla mer vattenånga vilket förväntas förstärka det hydrologiska kretsloppet, med mer nederbörd som följd i redan nederbördsrika områden. För Sveriges del innebär detta som regel mer nederbörd i scenarierna, särskilt under vintern (Figur 4). Under sommaren är ökningen störst i norr medan det i söder är mer osäkert om det kommer att bli mer eller mindre nederbörd i framtiden. De stora ökningarna av nederbörden under sommaren över Östersjön är

osäkra då den till stor del är beroende av hur globala klimatmodeller med grov upplösning representerar Östersjön och hur havsytans temperatur ökar. Utöver ändringar i säsongsnederbörd förväntas också ändringar i nederbördsextremer. Återigen pekar resultaten på att ändringarna kan vara stora och större än motsvarande för säsongsmedelvärden. Det här innebär att nederbörd på tim- eller dygnsbasis kan komma att öka signifikant.



Figur 4. Procentuell förändring i nederbörd under december–februari (vänster) och juni–augusti (höger) som ett medelvärde över nio simuleringar med Rossby Centres regionala klimatmodell driven av data från olika globala klimatmodeller. Förändringar avser 2071–2100 jämfört med 1971–2000 för utsläppsscenarioet RCP8.5.

Ytterligare variabler – vind, moln och strålning

Temperatur och nederbörd är de variabler som är mest studerade och kartlagda. Utöver ändringar i temperatur- och nederbördsklimat kan även andra aspekter av klimatet komma att ändra sig. Det kan röra sig om ändringar i vindklimatet, molnförhållanden, strålning etc. Tidigare studier av framtida vindförhållanden visar på mycket stora skillnader mellan olika modeller/scenarier, vilket innebär att osäkerheterna är betydande. För Sveriges del gäller detta såväl vindhastigheten i medeltal sett över säsong som extrema vindhastigheter i samband med stormar. Ett ofta förekommande drag i scenarierna är att vindhastigheterna över Östersjön ökar något. Detta är kopplat till varmare havsytta och därmed ändrade stabilitetsförhållanden i den lägre atmosfären, varvid vinden kan öka något. Det här innebär att det oftare är ”svag vind” istället för ”lugnt” eller att det är ”måttlig vind” istället för ”svag vind”. Scenarierna visar däremot inte någon ökning av höga eller mycket höga vindhastigheter. Enstaka scenarier har också analyserats vad gäller ändring i molnighet och, knutet till detta, ändringar i inkommande solstrålning. De resultaten visar att det under sommaren blir mer moln och därigenom mindre solinstrålning (den solenergi som når en given yta under en given tidsrymd), men här är underlaget litet och osäkerheten därigenom stor.

Framtida forskning

Det utökade materialet som tagits fram inom ramen för CORDEX är väl lämpat för att titta närmare på de här och andra aspekter av klimatförändring. Rossby Centre arbetar vidare med utveckling och användning av både globala och regionala klimatmodeller. Framtida regionala klimatmodeller kommer att kunna köras på ännu högre horisontell upplösning, vilket innebär att en del processer kan beskrivas på ett bättre sätt. Detta gäller till exempel konvektiv nederbörd (regnskurar/snöbyar).

Referenser

- Hawkins, E., Sutton, R. 2009. "The Potential to Narrow Uncertainty in Regional Climate Predictions". I *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90:1095–1107. Se <http://dx.doi.org/10.1175/2009BAMS2607.1> (2014-08-01) och <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2009BAMS2607.1> (2014-08-01).
- SOU 2007:60, *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter*. <http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334> (2014-08-01).

