

JULIA ZÁBORI

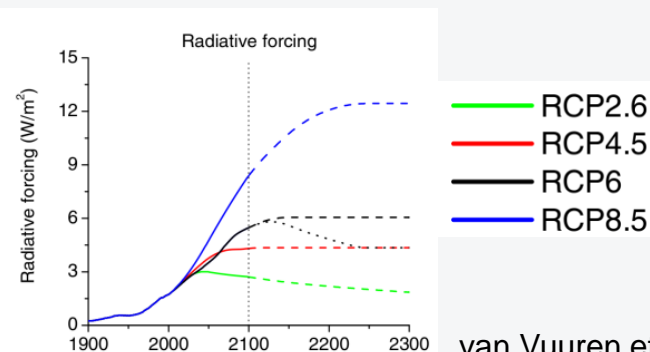
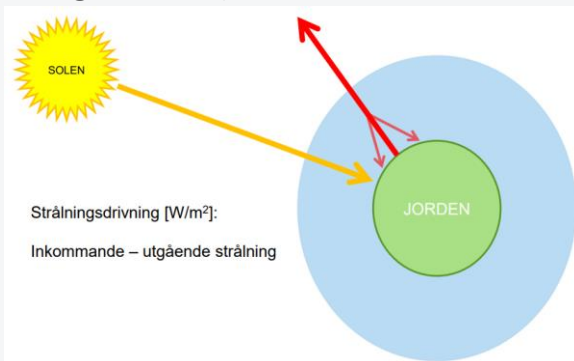
KLIMATSCENARIER FÖR STOCKHOLMS LÄN OCH PÅVERKAN PÅ HYDROLOGIN

Webinarium av Norra Stockholmsåsens grundvattenråd: "Framtidens grundvatten, förorenat, i överflöd eller vattenbrist", 2021-12-10

- Introduktion klimatscenarier och hydrologiska kretsloppet
- Klimatscenarier och osäkerheter för Stockholms Län
 - Lufttemperatur
 - Nederbörd
 - Effektiv nederbörd
 - Markfuktighet

RCP scenarier

- RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 ?
- **”Representative Concentration Pathways”**
- RCP-scenarierna betecknas med siffror som anger skillnaden mellan mängden energi från solinstrålning som träffar jorden och hur mycket energi som jorden strålar ut till rymden igen



Vad är ett klimatscenario?

- Utsläppsscenario + global klimatmodell + (regional klimatmodell) + tidsperiod = klimatscenario
- Ett klimatscenario är en kombination av flera antaganden
- Klimatscenarierna syftar till att ge information om klimatförändringarna vid olika halter av växthusgaser i atmosfären

Vad är en ensemble?

- Samling av olika klimatscenarier
- En ensemble presenteras i detta fall av olika klimatmodeller / regionala modeller för samma RCP och samma tidsperiod
- Ett klimatscenario som ingår i en ensemble kallas för en medlem
- En ensemble ger en bra överblick av spridningen mellan de olika klimatscenarierna och därmed belyser osäkerheter förknippade med att simulera det framtida klimatet

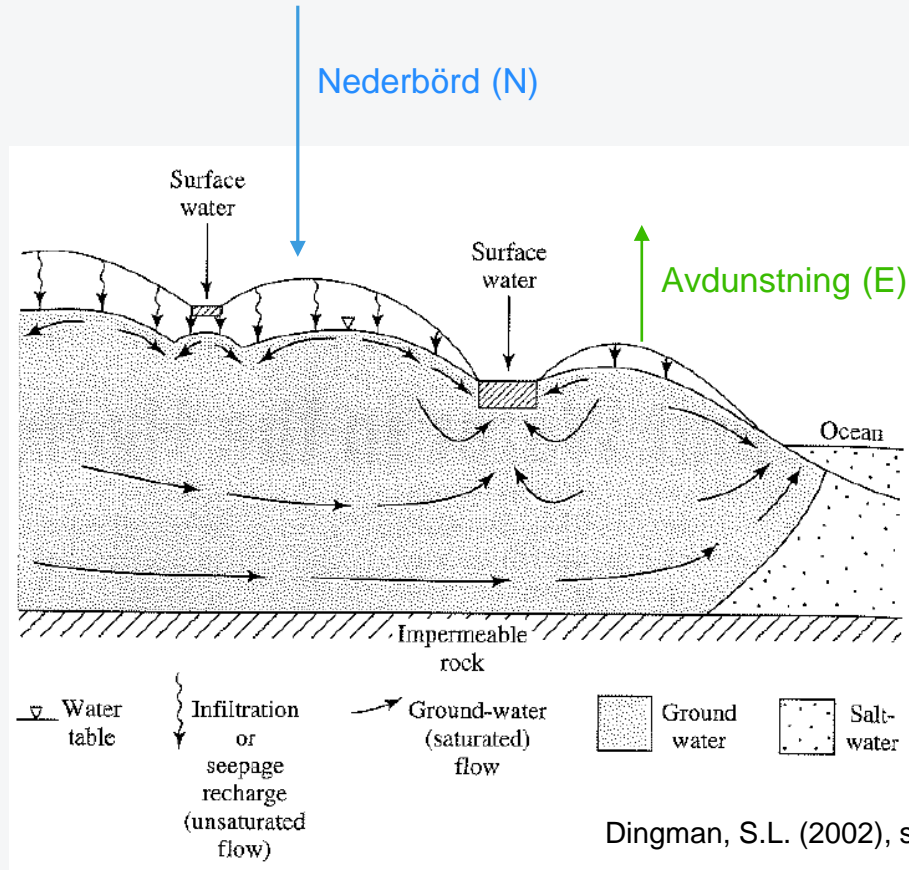
Vad ska man beakta vid användning av klimatscenarier?

- Klimatscenarier ger inte information om särskilda år eller lokala detaljer
- Vad är osäkerheten av ett resultat från ett klimatscenario? Pekar alla ensemble medlemmar i samma riktning (ökning eller minskning)? Hur stor är spridningen mellan ensemble medlemmar?
- Framtida utsläpp är osäker

Klimatscenariotjänst

- <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/fordjupade-klimatscenarioer>
- RCP2,6, RCP4,5 eller RCP8,5
- Perioder 2011-2040; 2041-2070, 2071-2100
- Meteorologiska och hydrologiska klimatindikatorer
- Referensperiod 1971-2000

Vattnets kretslopp och vattenbalansen SMHI



$$N = Q + E \pm M$$

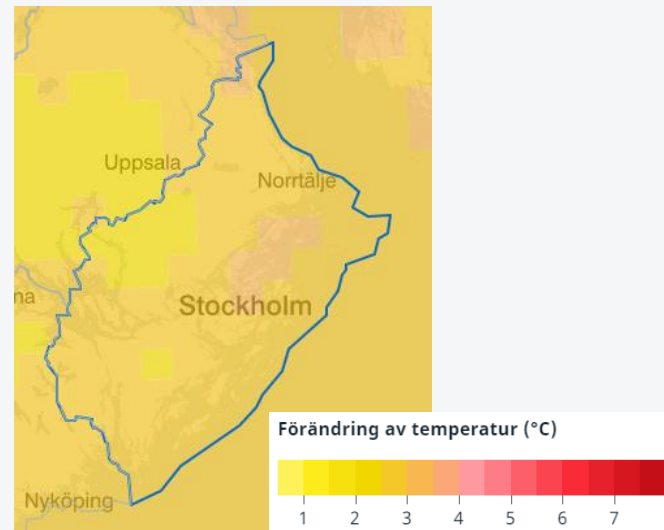
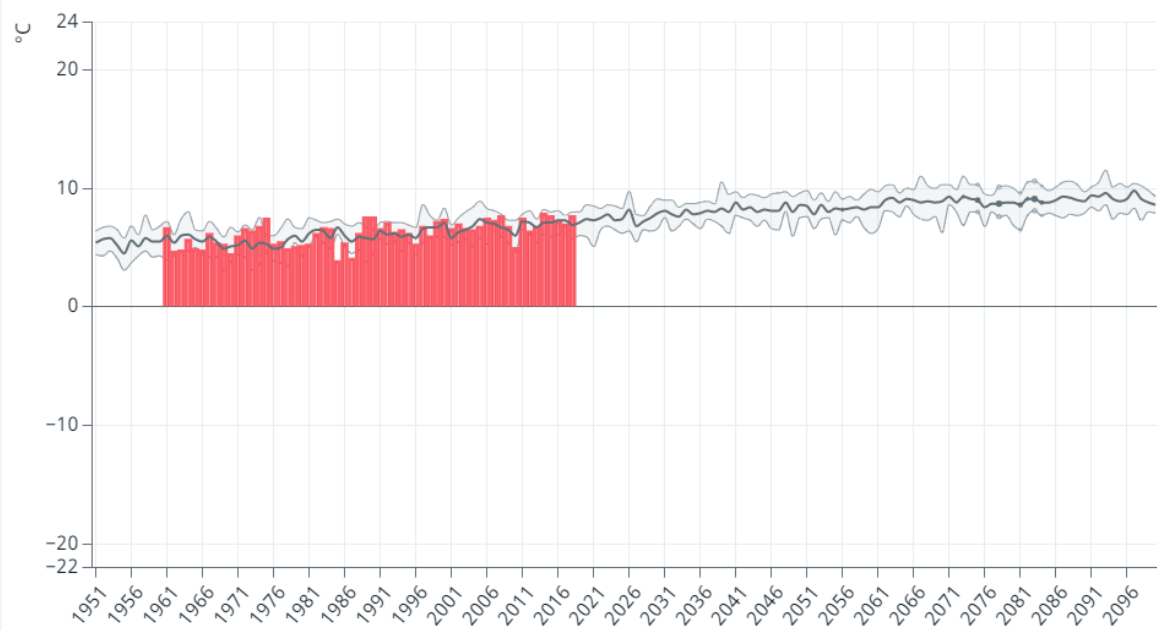
Q = avrinning

Temperatur

År

Dygnsmiddeltemperatur över tid (°C)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, År



Referensperiod 1971-2000: Medeltemperatur 5,9 °C

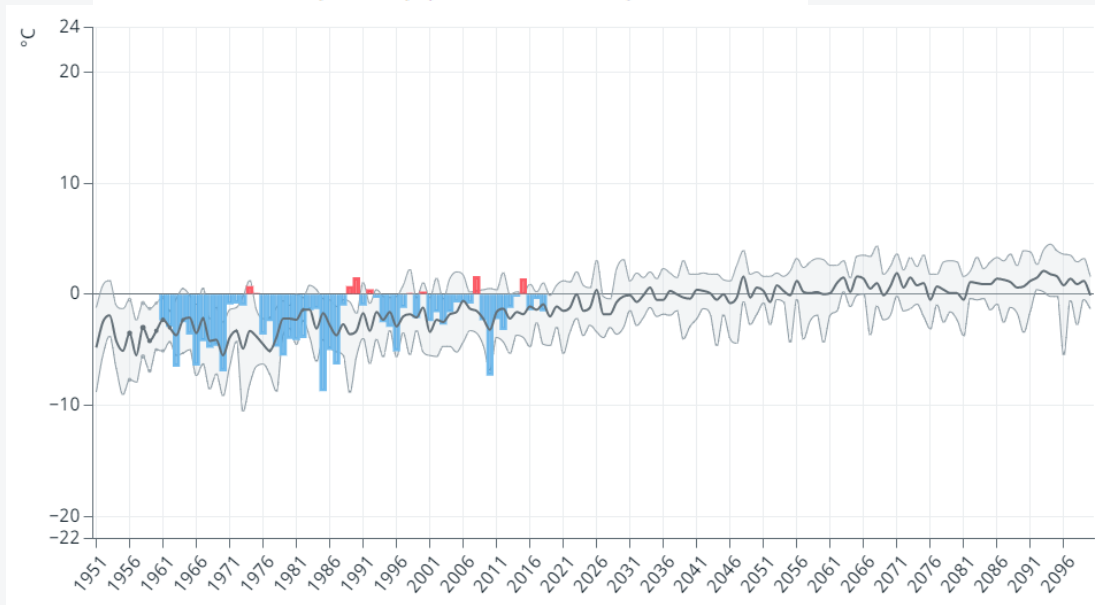
RCP4,5
2041-2070: + 2,6 °C

RCP8,5
2041-2070: + 3,1 °C

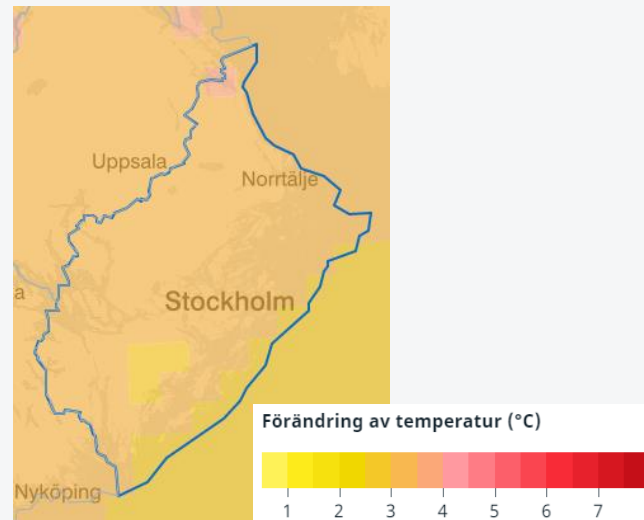
Temperatur december – februari

Dygnsmiddeltemperatur över tid (°C)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Dec - feb



SMHI



RCP4,5

Referensperiod 1971-2000: Medeltemperatur $-2,8^{\circ}\text{C}$
2041-2070: $+3,2^{\circ}\text{C}$

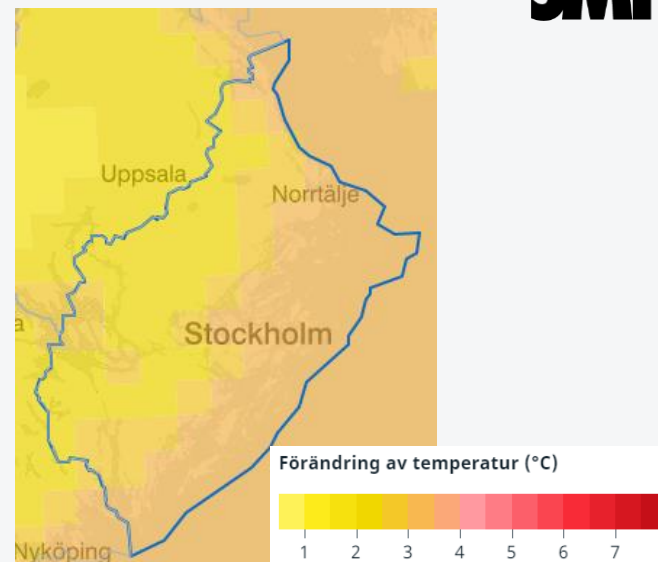
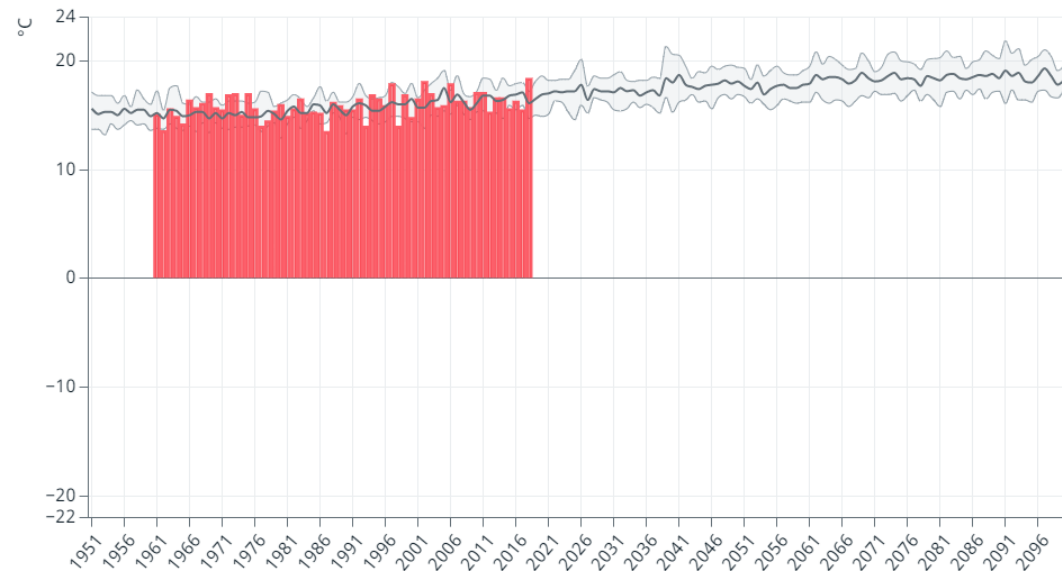
RCP8,5

Referensperiod 1971-2000: Medeltemperatur $-2,7^{\circ}\text{C}$
2041-2070: $+3,6^{\circ}\text{C}$

Temperatur juni - augusti

Dygnsmedeltemperatur över tid (°C)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Jun - aug



RCP4,5

Referensperiod 1971-2000: Medeltemperatur 15,5 °C

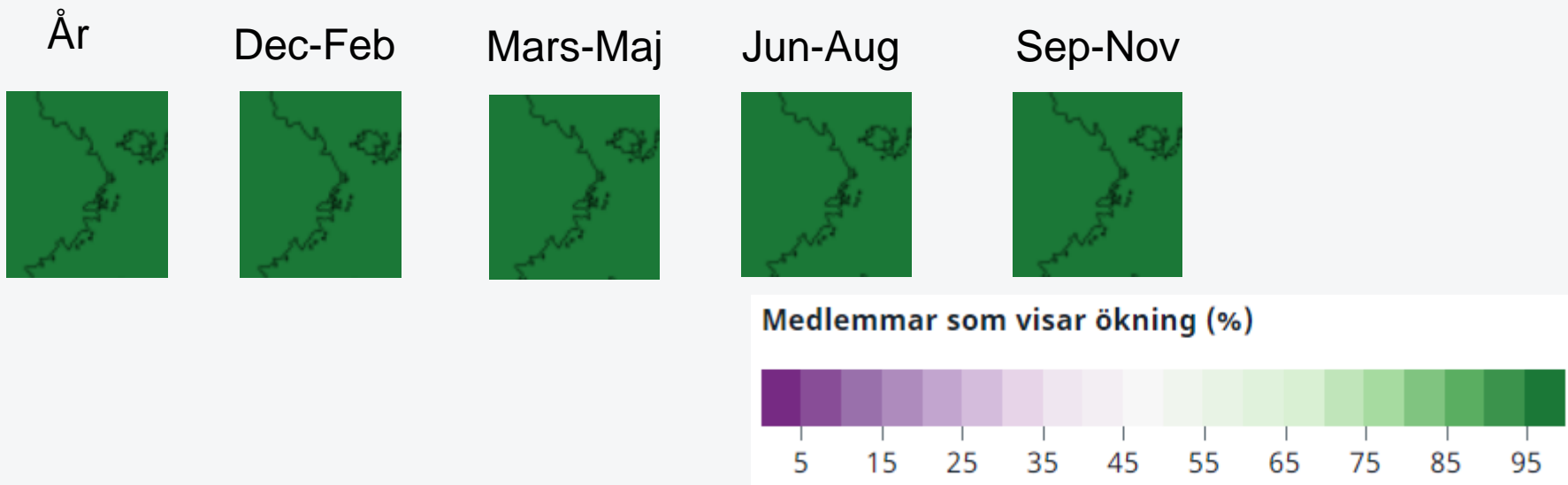
2041-2070: + 2,5 °C

RCP8,5

Referensperiod 1971-2000: Medeltemperatur 15.5 °C

2041-2070: + 3,0 °C

Hur tillförlitligt är resultat av temperaturökning?



- Mycket tillförlitligt för hela året och alla säsonger

Sammanfattning Temperaturförändring

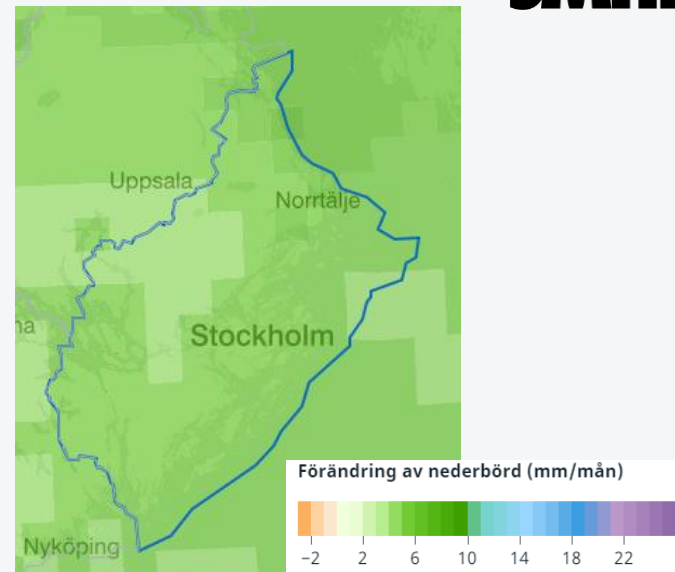
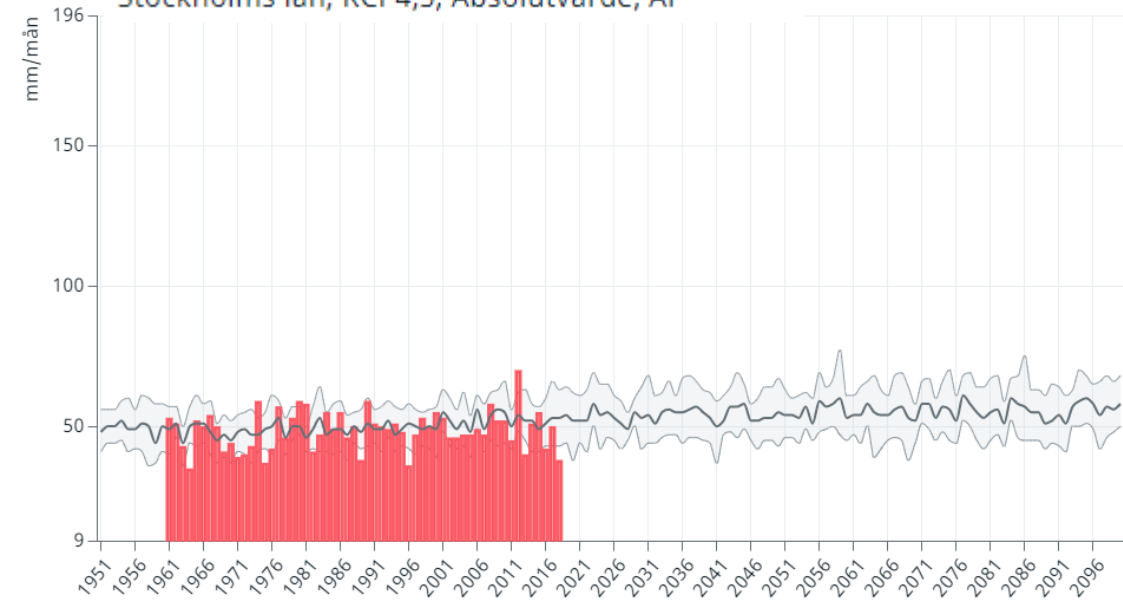
- Enligt klimatscenarier med RCP4,5 och RCP8,5 för perioden 2041-2070 ökar temperaturen jämfört med referensperioden 1971-2000 för hela året (+2,6 °C för RCP4,5 och +3,1 °C för RCP8,5) och alla årstider i Stockholms Län
- Den största temperaturökningen sker under månaderna december–februari och resulterar i en medeltemperatur över 0 °C
- Robust resultat av temperaturökningen

Nederbörd

År

Medelnederbörd över tid (mm/mån)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, År



Referensperiod 1971-2000: 49 mm / månad

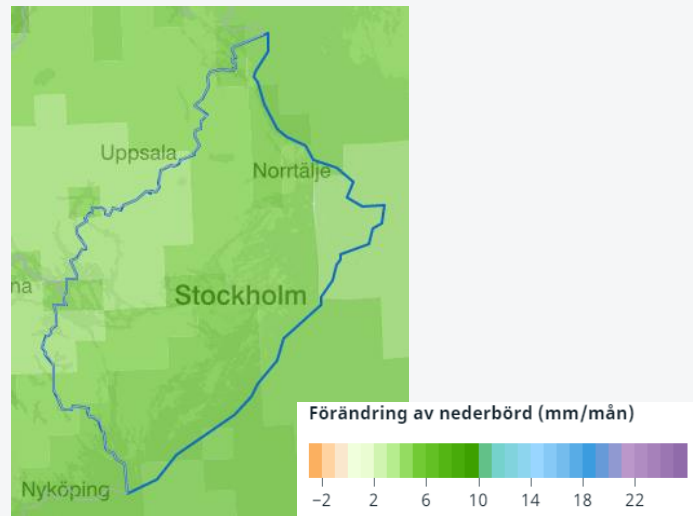
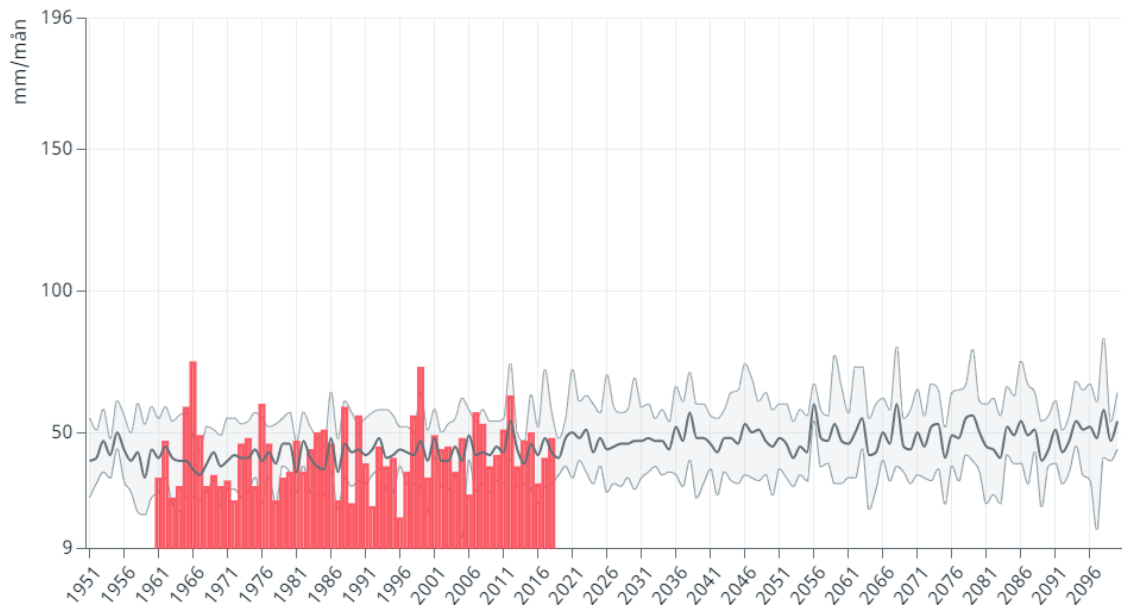
RCP4,5
2041-2070: + 6 mm/månad

RCP8,5
2041-2070: + 6 mm/månad

Nederbörd december - februari

Medelnederbörd över tid (mm/mån)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Dec - feb



Referensperiod 1971-2000: 42 mm / månad

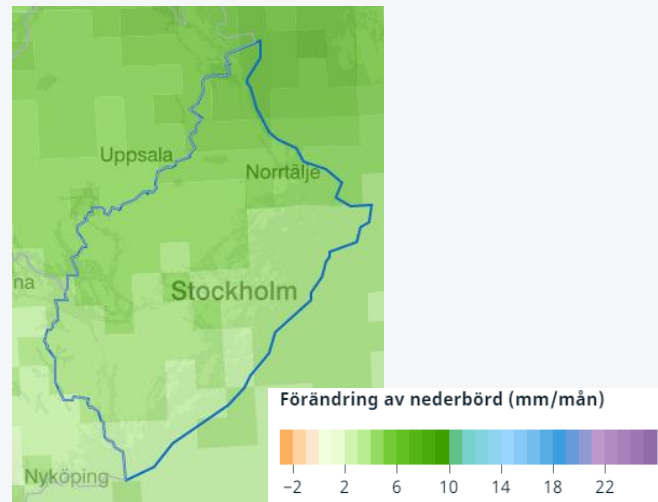
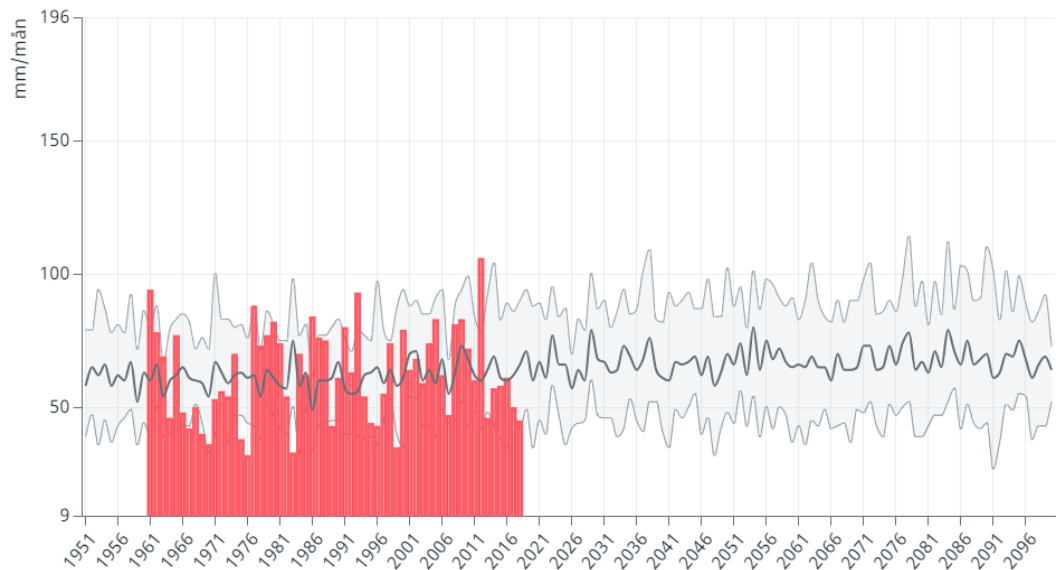
RCP4,5
2041-2070: + 6 mm/månad

RCP8,5
2041-2070: + 7 mm/månad

Nederbörd juni - augusti

Medelnederbörd över tid (mm/mån)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Jun - aug

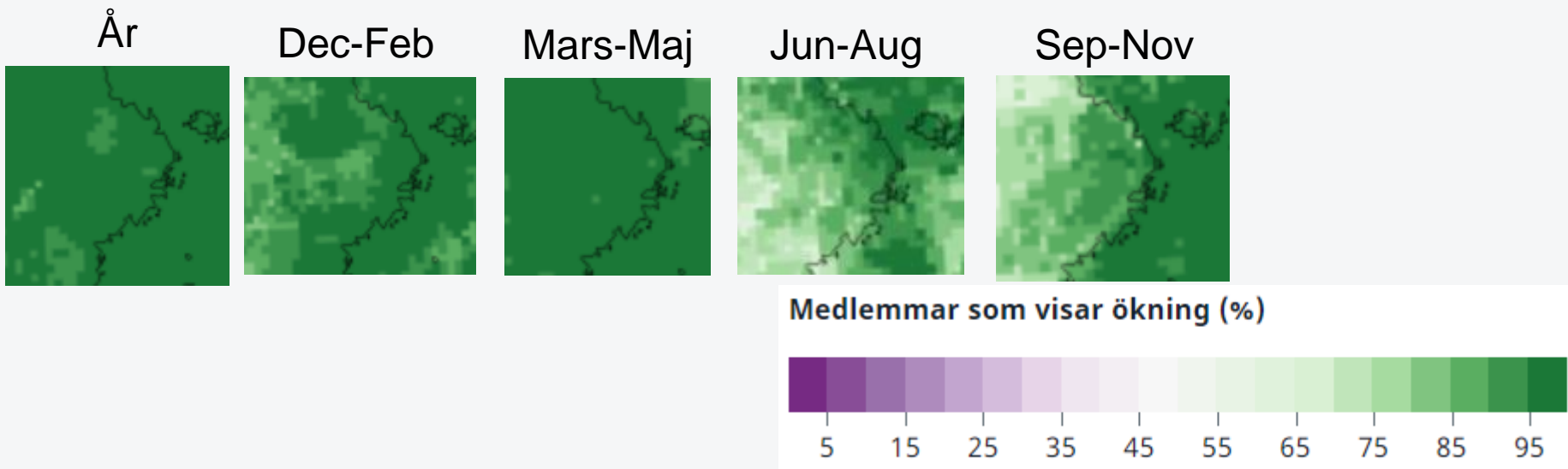


Referensperiod 1971-2000: 61 mm / månad

RCP4,5
2041-2070: + 6 mm/månad

RCP8,5
2041-2070: + 6 mm/månad

Hur tillförlitligt är resultat av nederbördsökningen?



- Mycket tillförlitligt för hela året och Mars-Maj
- Mindre tillförlitligt för jun- nov

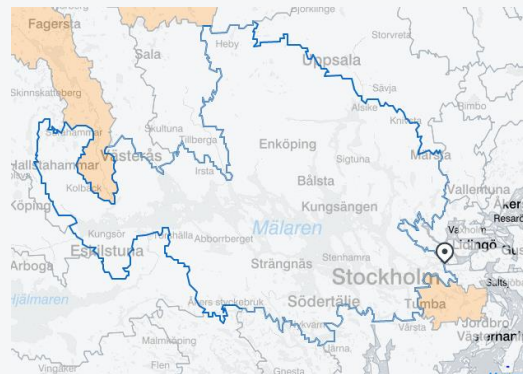
Sammanfattning Nederbördsförändring

- Enligt klimatscenarier med RCP4,5 och RCP8,5 för perioden 2041-2070 ökar månads nederbörden jämfört med referensperioden 1971-2000 för alla årstider i Stockholms Län ~ 6mm/månad
- Stor variation av ensemble medlemmar för juni-augusti
- Mindre robust resultat för juni-november

Mälaren-Norrström

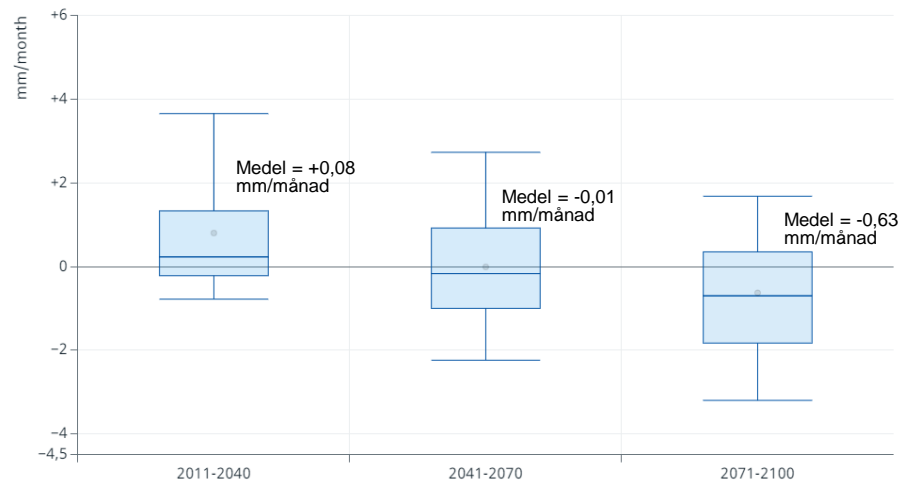
Effektiv nederbörd – Nederbörd som bidrar till avrinning

År



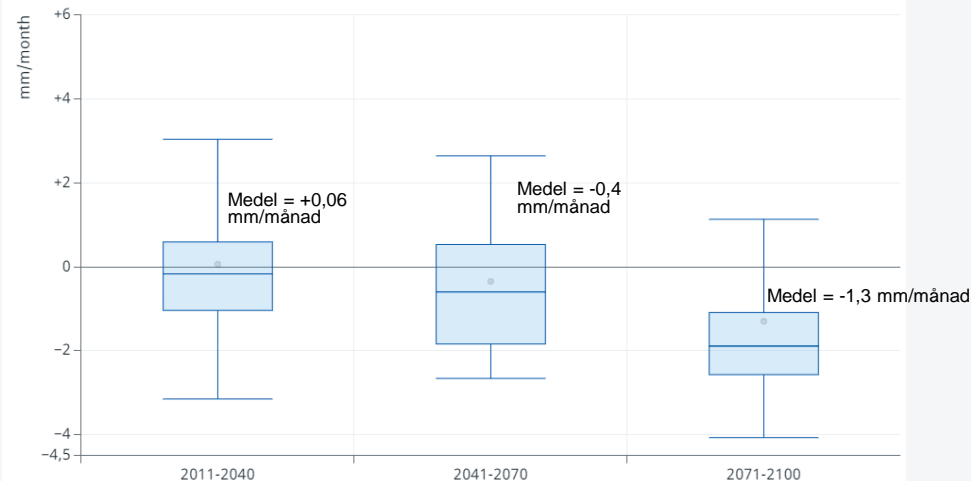
Effektiv nederbörd (medel) över tid (mm/month)

Mälaren - Norrström, RCP4,5, år



Effektiv nederbörd (medel) över tid (mm/month)

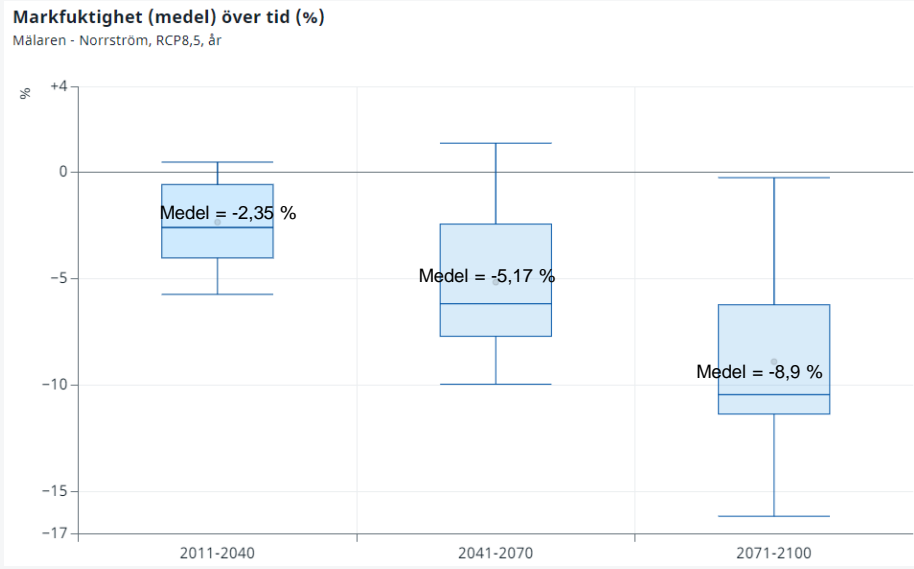
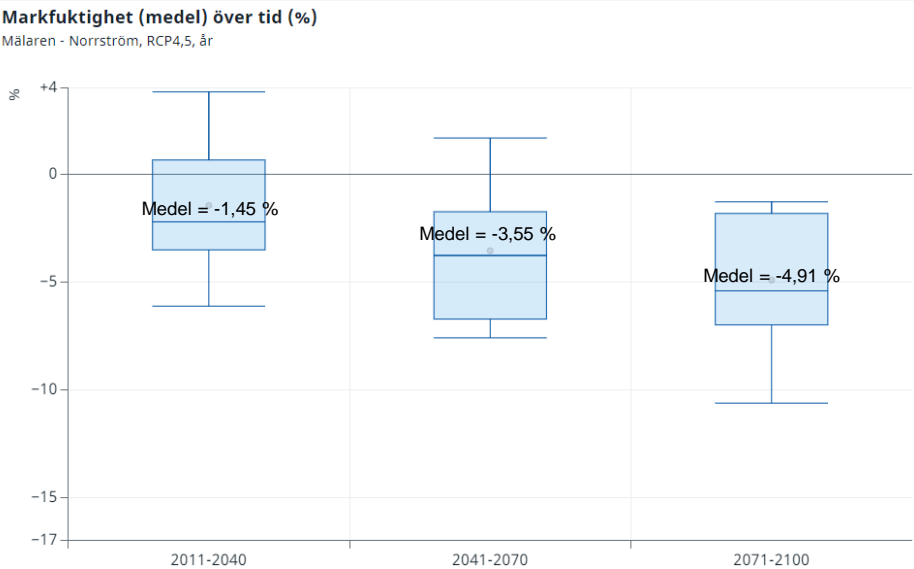
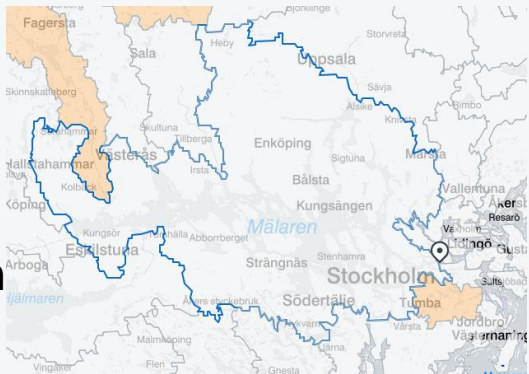
Mälaren - Norrström, RCP8,5, år



Mälaren-Norrström

Markfuktighet

Markfuktigheten anger mättnadsgraden i rotzonen
År



Sammanfattning hydrologiska klimatindikatorer förändring Mälaren- Norrströmmen

- **Effektivt nederbörd** minskar över de tre perioder. Störst minskning 1,3 mm / månad för RCP8,5 och perioden 2071-2100 (~ -8%).
- **Markfuktigheten** minskar för RCP4,5 och RCP8,5 och för alla framtidsperioder jämfört med referensperioden. Större minskning för senare perioder och RCP8,5 (~ -9%)

Referenser

Dingman, S.L. (2002), Physical Hydrology. 2nd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 646 p.

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>

Frågor? julia.zabori@smhi.se

Ytterligare material

Året 2018 i jämförelse med klimatscenarierna

”Sommaren 2018 – en glimt av framtiden?”,
SMHI rapport Klimatologi 52, 2019

Motsvarar sommaren 2018 vad som kan komma att bli en
medelsommar i slutet av seklet?

Sommaren 2018

- en glimt av framtiden?

Elin Sjökvist, Diala Abdouh och Jenny Axén



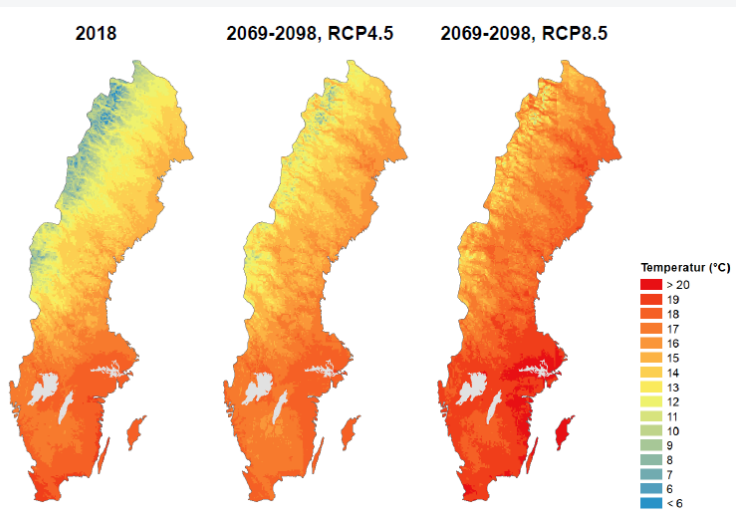
Sommarens medeltemperatur i Stockholms Län

Stockholms Län
Medelvärde temperatur juni tom
augusti

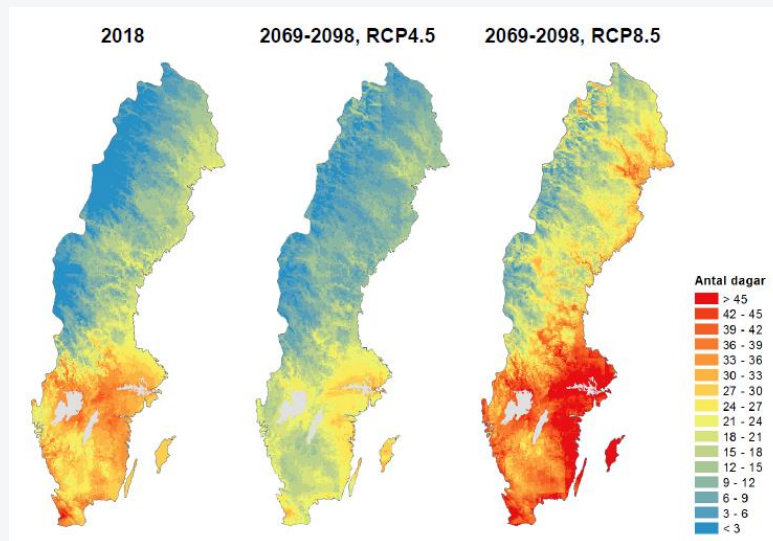
Observerat 2018	18,4 °C
RCP4,5 2069-2098	18,5 °C
RCP8,5 2069-2098	20,4 °C

(Sjökvist et al., 2019)

Sommarens medeltemperatur och antal varma dagar

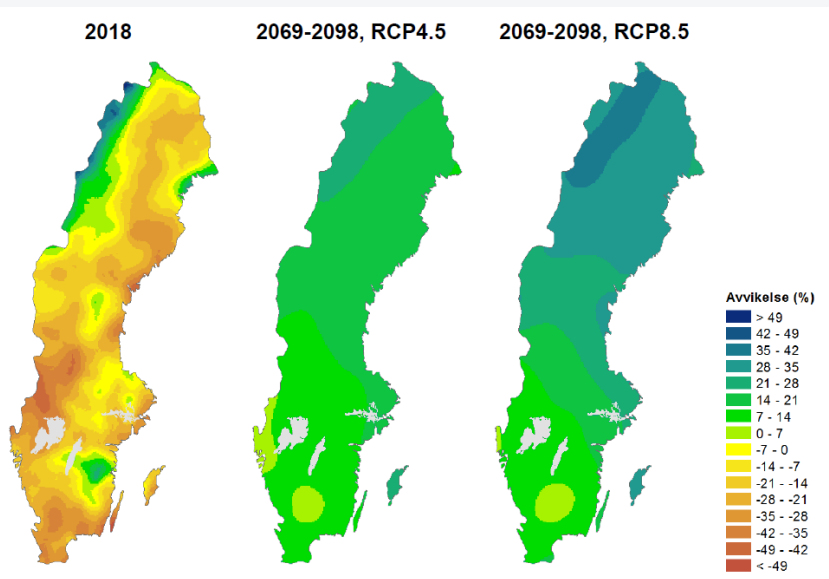


Observerad medeltemperatur för perioden juni, juli och augusti: sommaren 2018, samt beräknad medeltemperatur för samma månader under en 30-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5 (Sjökvist et al., 2019).

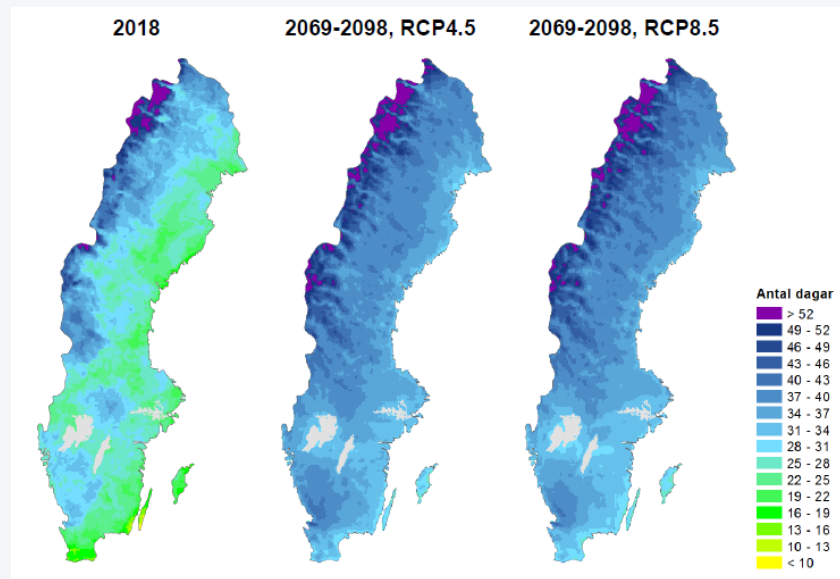


Observerat antal dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C sommaren 2018, samt beräknat medelvärde för en 30-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5 (Sjökvist et al., 2019).

Sommarens nederbördsdagar

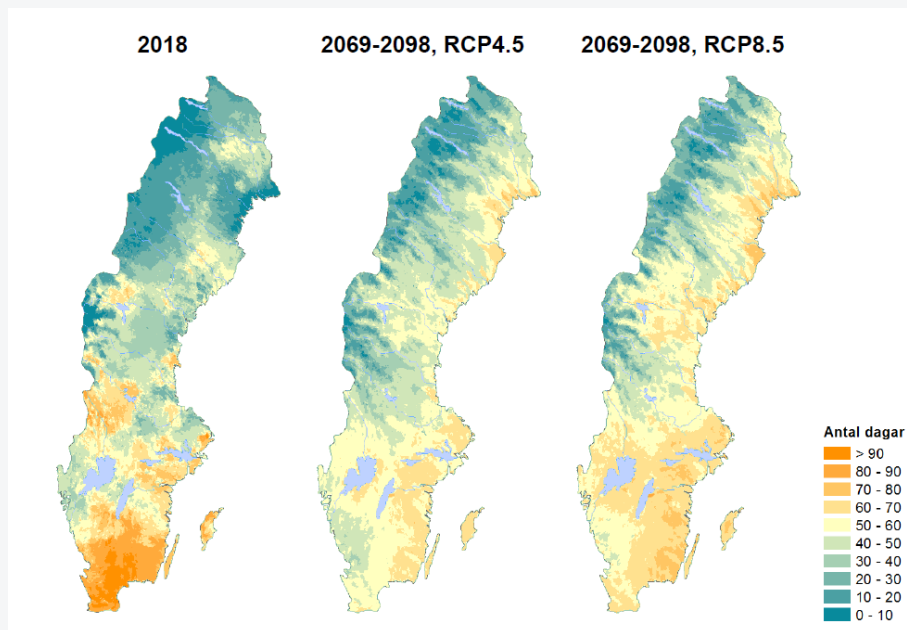


Avvikelse i nederbörd för juni, juli och augusti jämfört med 1961-1990. Observerat för 2018, samt beräknat medelvärde för en 30-årsperiod i slutet av seklet enligt RCP4.5 och RCP8.5 (Sjökvist et al., 2019).



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 (Sjökvist et al., 2019) .

Antal dagar med låg markfuktighet



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 (Sjökvist et al., 2019).

Sammanfattning året 2018 i jämförelse med klimatscenarier

- **Sommarens medeltemperatur** mycket likt med RCP4,5 i slutet av seklet
- **Antal dagar med lufttemperatur > 20 °C** högre för 2018 än medelsommar enligt RCP4,5 i slutet av seklet. RCP8,5 i slutet av seklet dock betydligt fler än 2018
- **Antal av sommarens nederbörds dagar** lägre än RCP scenarierna, RCP4,5 och 8,5 är dock osäkert.
- **Antal dagar med låg markfuktighet** i Stockholms Län större 2018 än i slutet av seklet för RCP4,5 och RCP8,5

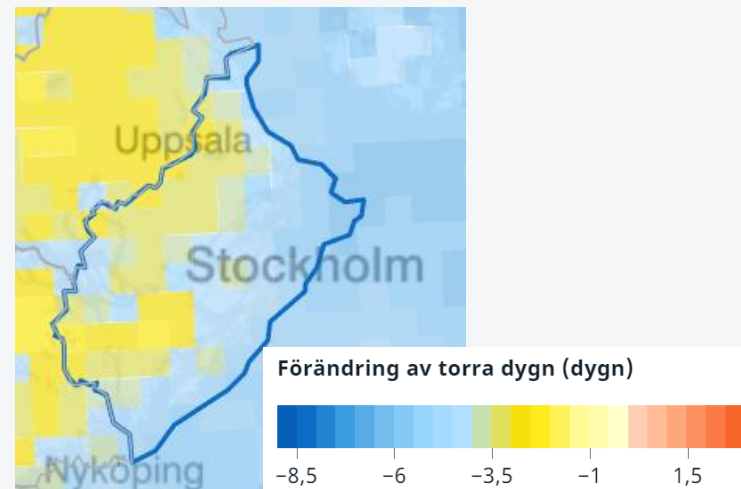
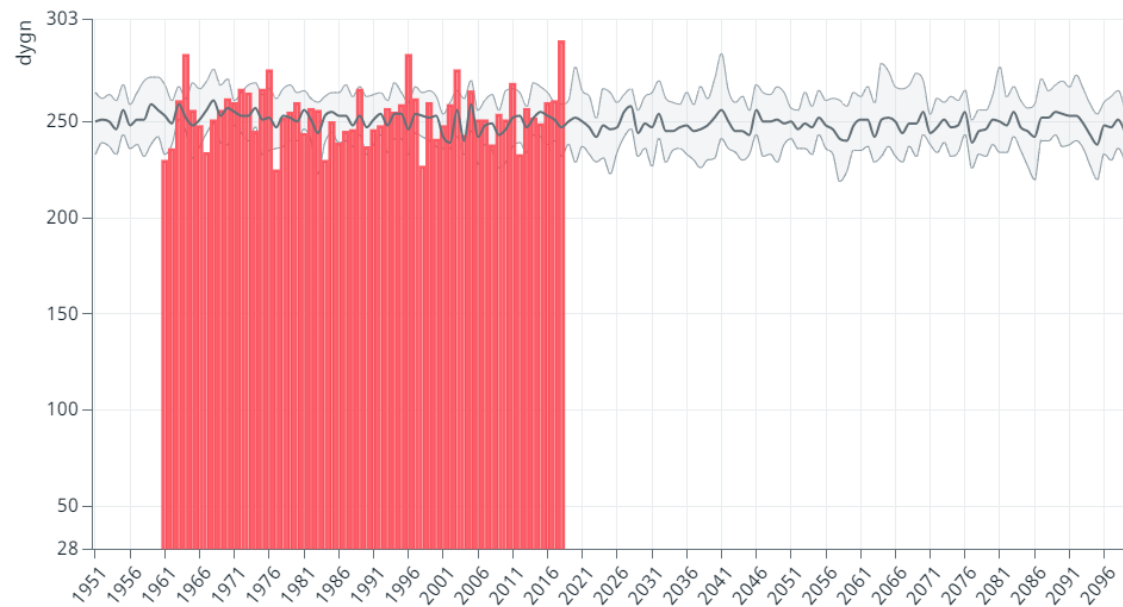
Torra dagar

Antal dygn med nederbörd < 1 mm

År

Torra dagar (med nederbörd < 1 mm) över tid (dygn)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, År



Referensperiod 1971-2000: 252 dagar / år

RCP4,5
2041-2070: -3,2 dagar / år

RCP8,5
2041-2070: -3,2 dagar / år

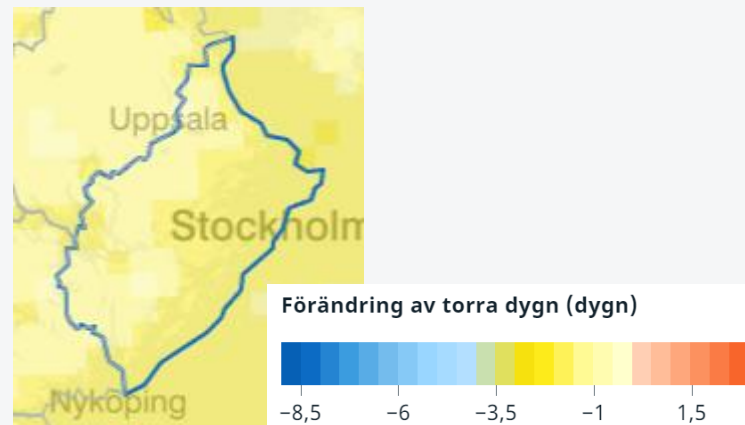
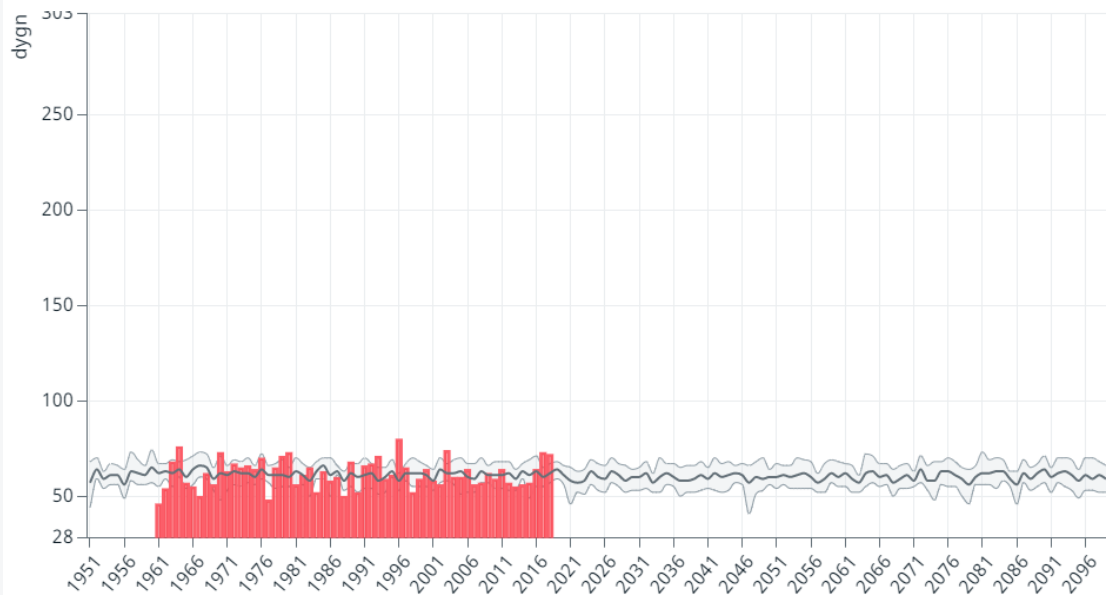
Torra dagar

Antal dygn med nederbörd < 1 mm

Dec-Feb

Torra dagar (med nederbörd < 1 mm) över tid (dygn)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Dec - feb



Referensperiod 1971-2000: 61 dagar / år

RCP4,5
2041-2070: -1,2 dagar / år

RCP8,5
2041-2070: -1,4 dagar / år

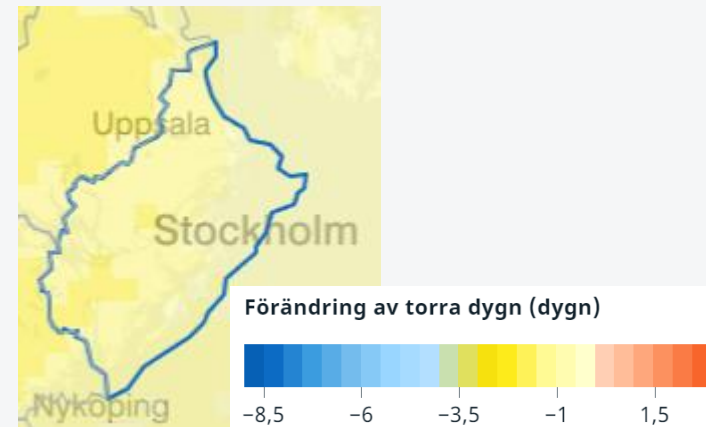
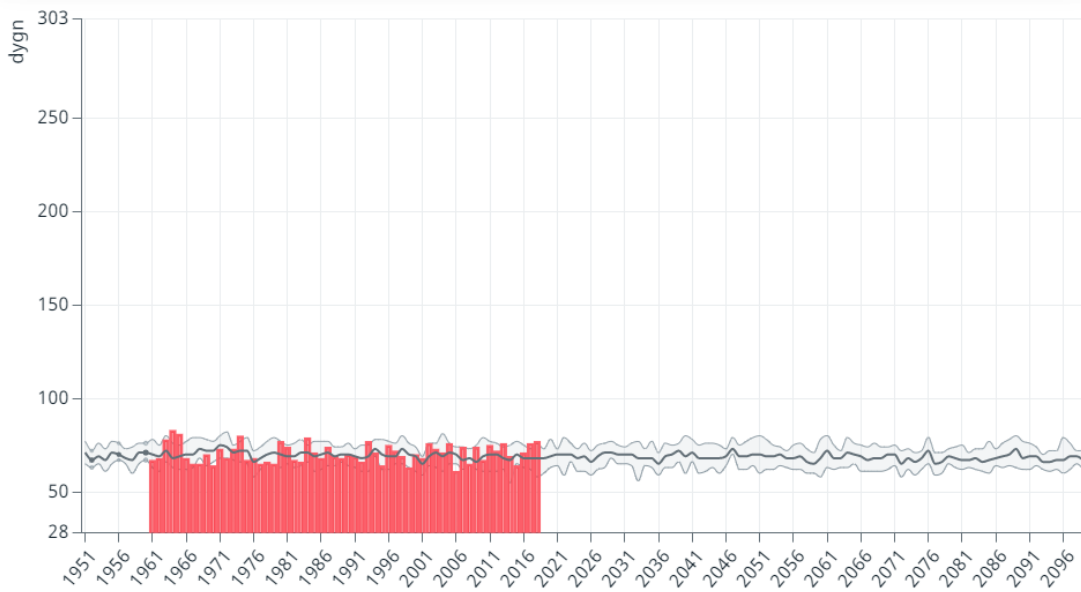
Torra dagar

Antal dygn med nederbörd < 1 mm

Mars-Maj

Torra dagar (med nederbörd < 1 mm) över tid (dygn)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Mar - maj



Referensperiod 1971-2000: 70 dagar / år

RCP4,5
2041-2070: -1,3 dagar / år

RCP8,5
2041-2070: -2,0 dagar / år

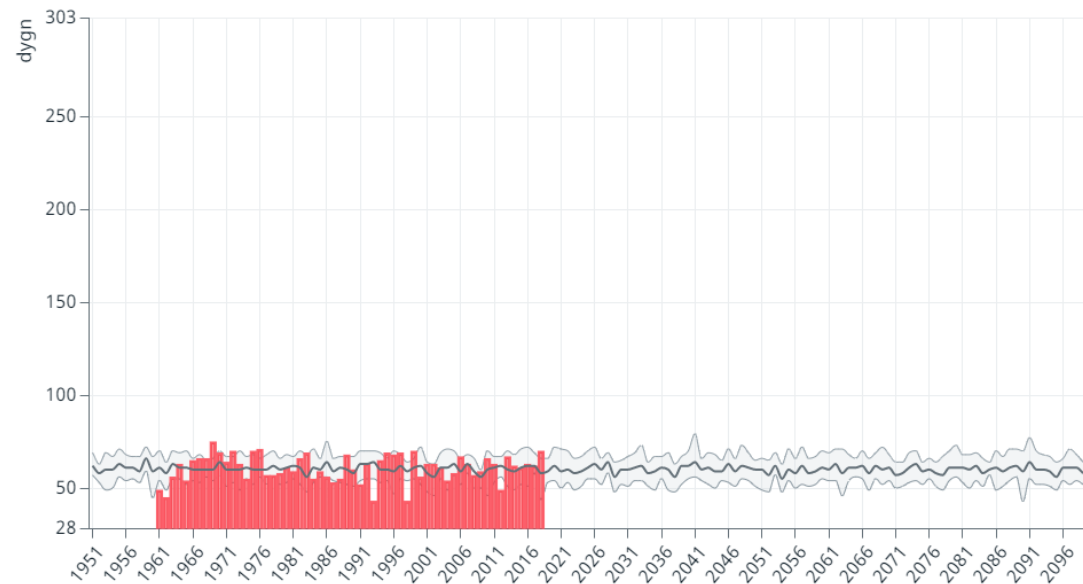
Torra dagar

Antal dygn med nederbörd < 1 mm

Jun-Augusti

Torra dagar (med nederbörd < 1 mm) över tid (dygn)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Jun - aug



Referensperiod 1971-2000: 61 dagar / år

RCP4,5
2041-2070: -0,5 dagar / år

RCP8,5
2041-2070: -0,5 dagar / år

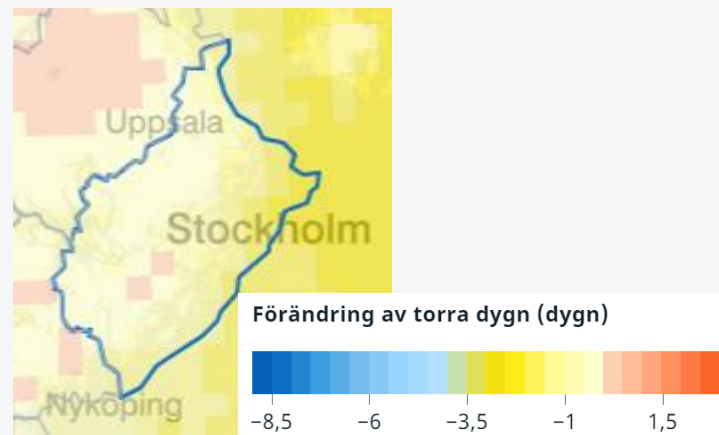
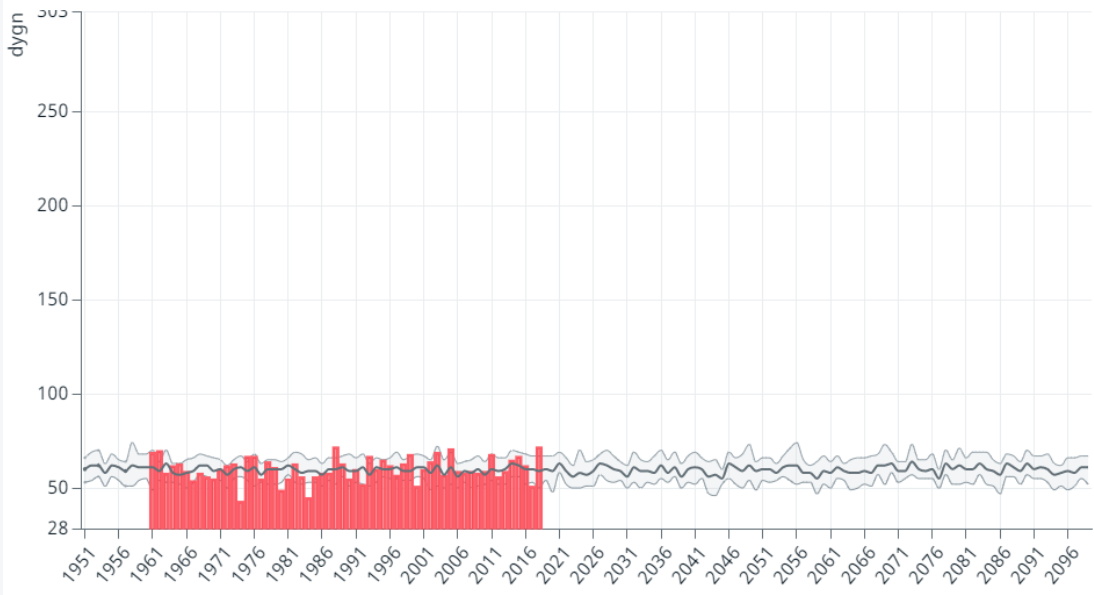
Torra dagar

Antal dygn med nederbörd < 1 mm

Sep-Nov

Torra dagar (med nederbörd < 1 mm) över tid (dygn)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Sep - nov

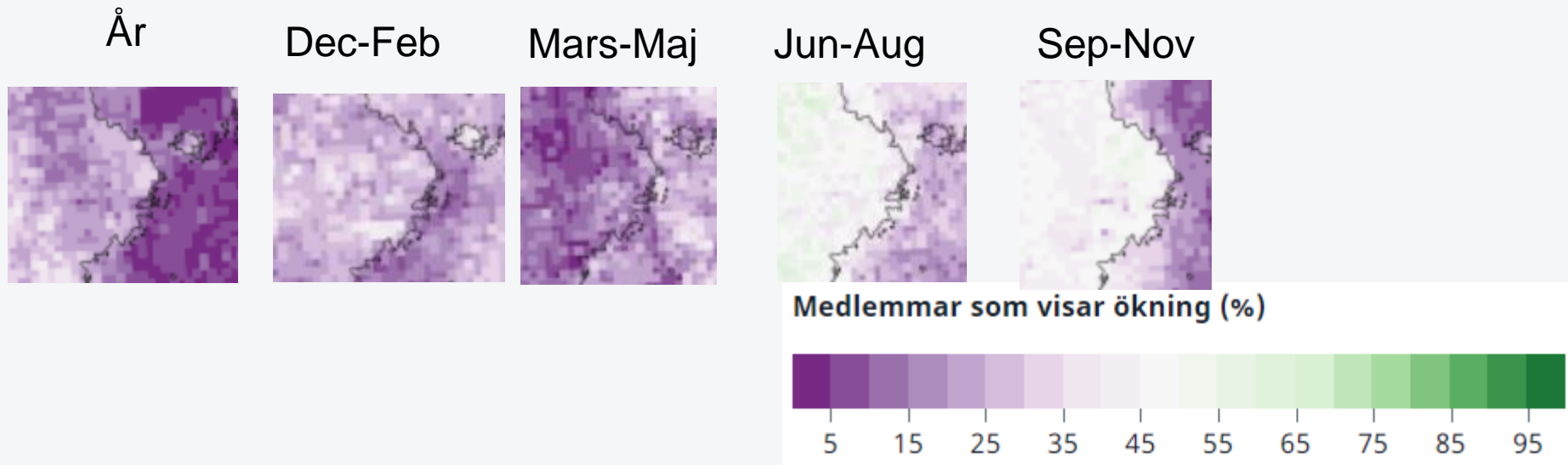


Referensperiod 1971-2000: 60 dagar / år

RCP4,5
2041-2070: -0,2 dagar / år

RCP8,5
2041-2070: -0,5 dagar / år

Hur tillförlitligt är resultat av minskning torra dagar?



- Inte tillförlitligt för Jun-Aug och Sep-Nov
- Inget tydligt signal för alla säsonger / hela året

Sammanfattning förändring antalet torra dagar

- Enligt klimatscenarier med RCP4,5 och RCP8,5 för perioden 2041-2070 minskar antalet dagar med < 1mm nederbörd / dygn jämfört med referensperioden 1971-2000 för alla årstider i Stockholms Län
- Inget tillförlitligt resultat under Jun-Aug och Sep-Nov, men även under andra säsonger inget tydligt signal

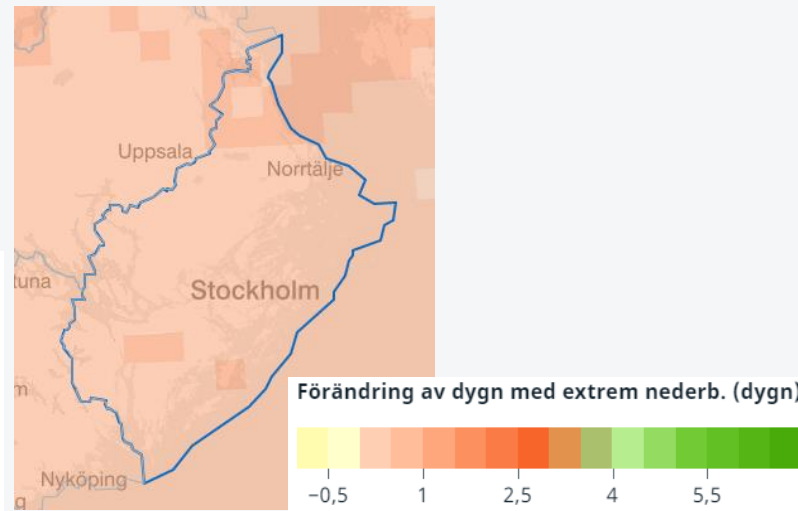
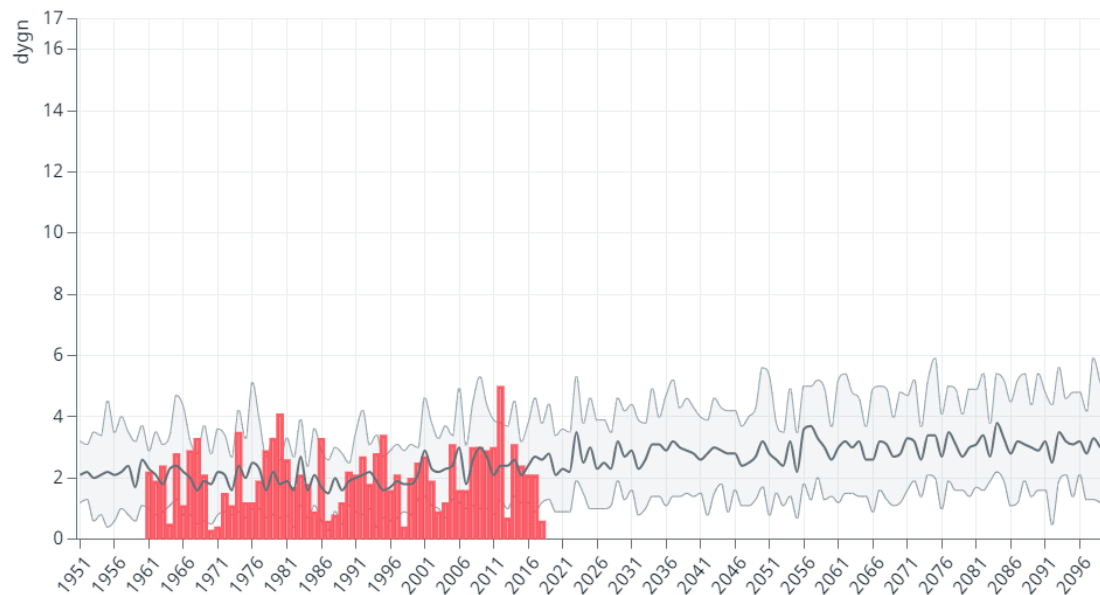
Dagar med extrem nederbörd

Antalet dygn nederbörden > 20 mm

År

Extrem nederbörd > 20 mm/dygn över tid (dygn)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, År



Referensperiod 1971-2000: 1,9 dagar / år

RCP4,5
2041-2070: +0,9 dagar / år

Referensperiod 1971-2000: 2,0 dagar / år

RCP8,5
2041-2070: +1,1 dagar / år

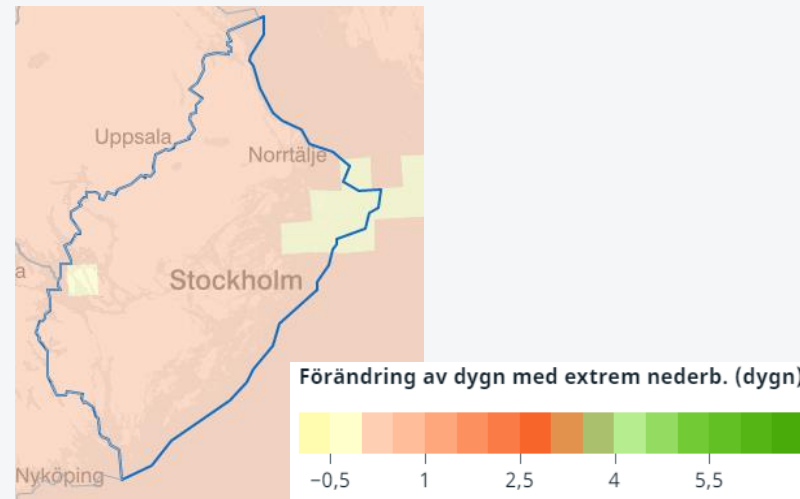
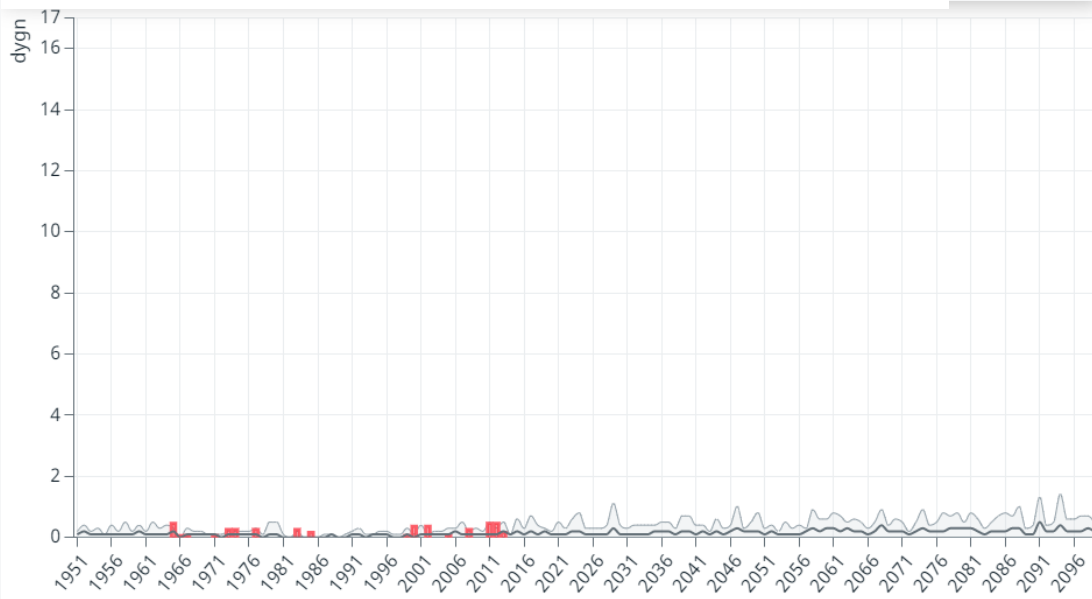
Dagar med extrem nederbörd

Antalet dygn nederbörden > 20 mm

Dec-Feb

Extrem nederbörd > 20 mm/dygn över tid (dygn)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Dec - feb



Referensperiod 1971-2000: 0,1 dagar / år

RCP4,5

2041-2070: +0,1 dagar / år

RCP8,5

2041-2070: +0,1 dagar / år

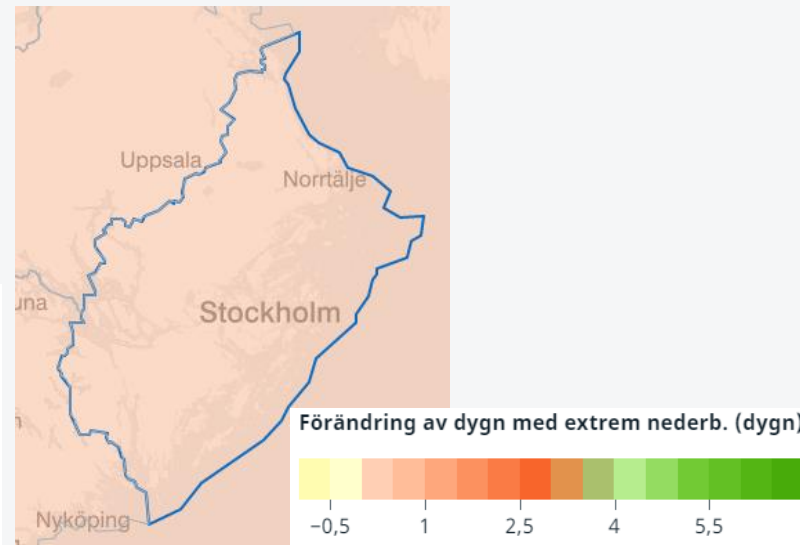
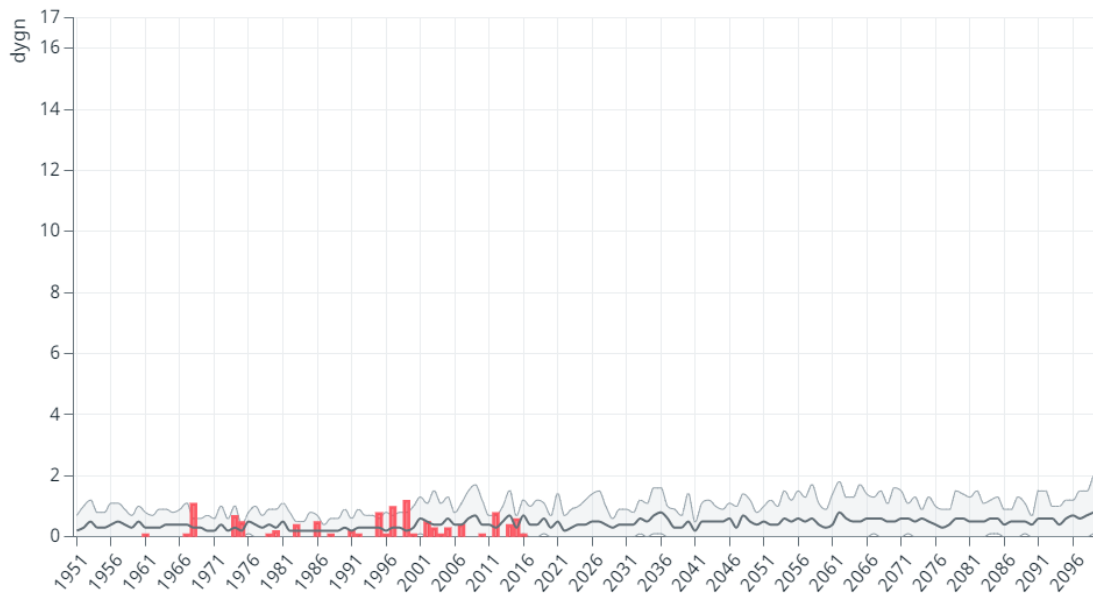
Dagar med extrem nederbörd

Antalet dygn nederbörden > 20 mm

Mar-Maj

Extrem nederbörd > 20 mm/dygn över tid (dygn)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Mar - maj



Referensperiod 1971-2000: 0,3 dagar / år

RCP4,5

2041-2070: +0,2 dagar / år

RCP8,5

2041-2070: +0,3 dagar / år

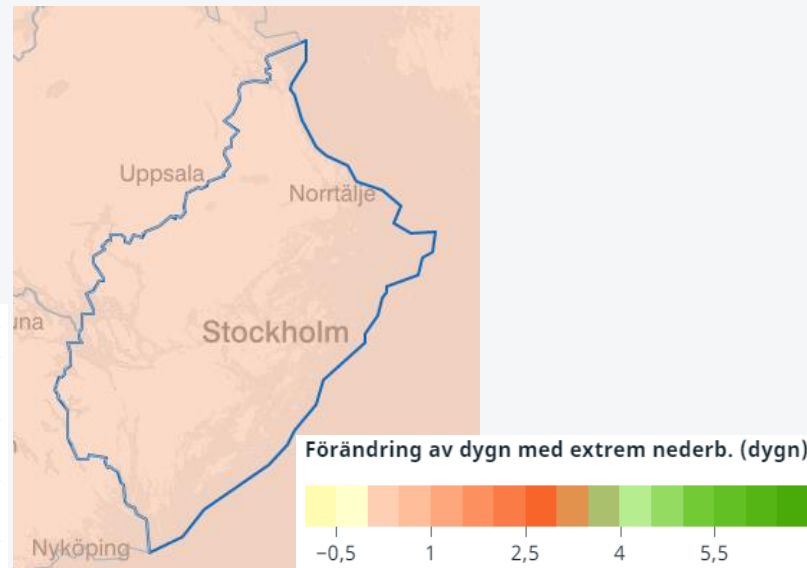
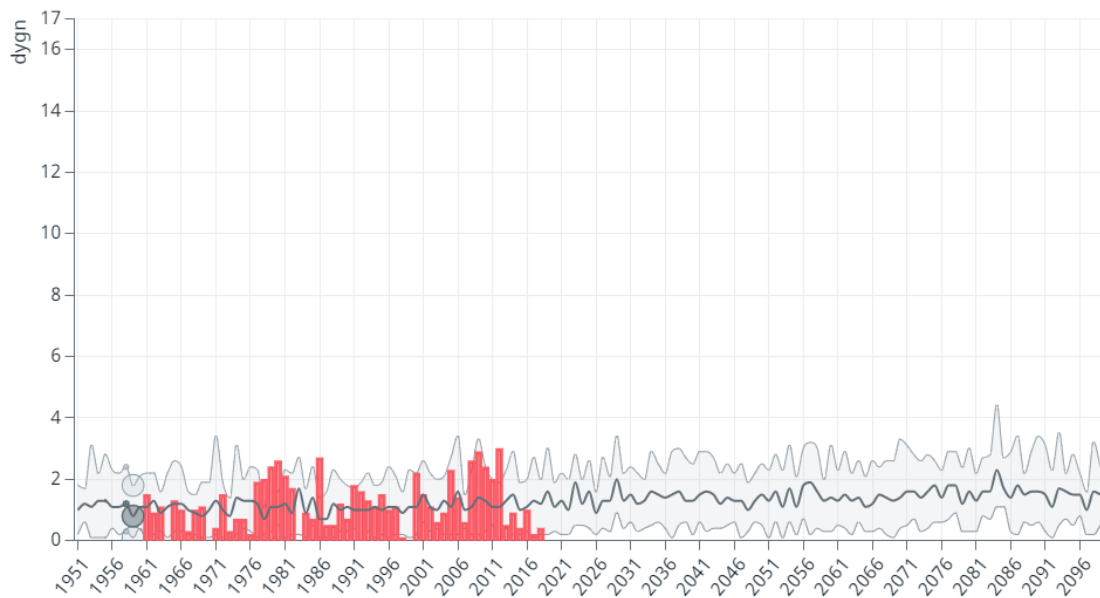
Dagar med extrem nederbörd

Antalet dygn nederbörden > 20 mm

Jun-Aug

Extrem nederbörd > 20 mm/dygn över tid (dygn)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Jun - aug



Referensperiod 1971-2000: 1,1 dagar / år

RCP4,5

2041-2070: +0,3 dagar / år

RCP8,5

2041-2070: +0,4 dagar / år

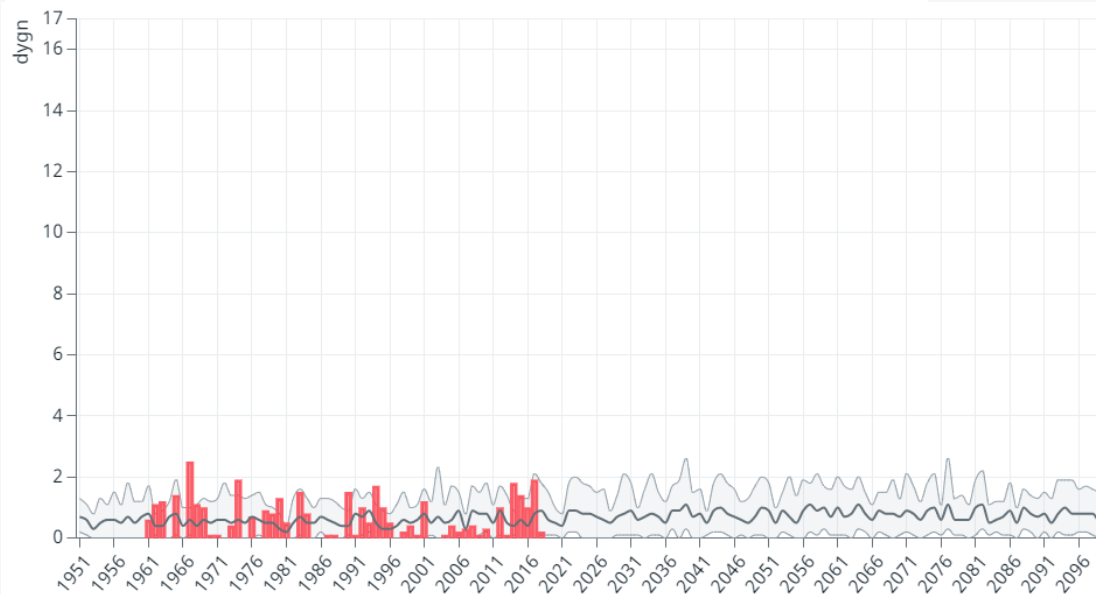
Dagar med extrem nederbörd

Antalet dygn nederbörden > 20 mm

Sep-Nov

Extrem nederbörd > 20 mm/dygn över tid (dygn)

Stockholms län, RCP4,5, Absolutvärde, Sep - nov



Referensperiod 1971-2000: 0,5 dagar / år

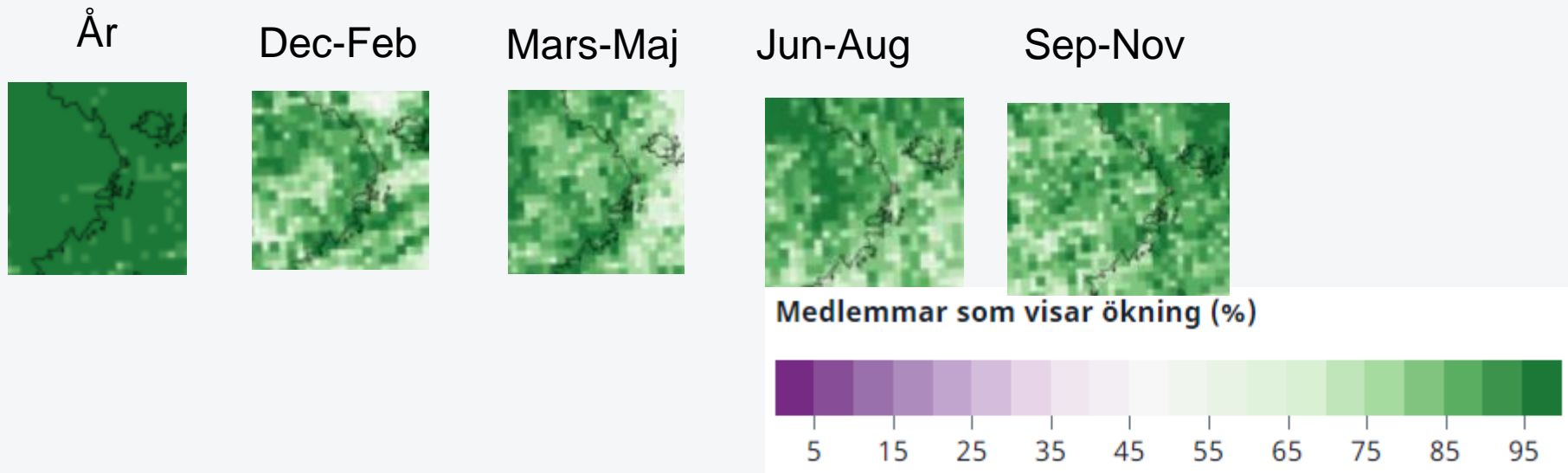
RCP4,5

2041-2070: +0,3 dagar / år

RCP8,5

2041-2070: +0,3 dagar / år

Hur tillförlitligt är resultat av ökning extrema nederbörds dagar?



- Mest tillförlitligt för års resultat
- Ingen stor skillnad i tillförlitlighet mellan de olika säsonger

Sammanfattning förändring antal dagar med extrem nederbörd

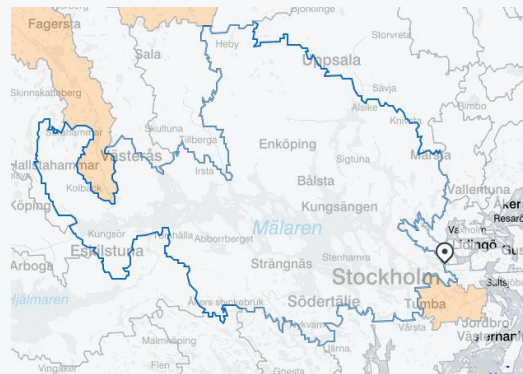
- Enligt klimatscenarier med RCP4,5 och RCP8,5 för perioden 2041-2070 ökar antalet dagar med > 20 mm nederbörd / dygn jämfört med referensperioden 1971-2000 för alla årstider i Stockholms Län
- Tillförlitligt resultat för hela året, mindre tillförlitligt för de olika säsonger.

Mälaren-Norrström

Vattenföring med återkomsttid 50 år

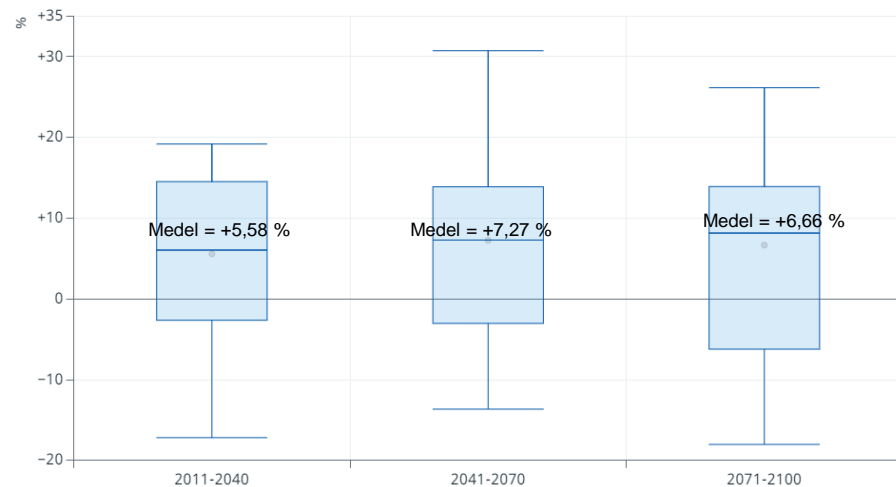
Maximal vattenföring man kan förvänta sig under en period på 50 år

År



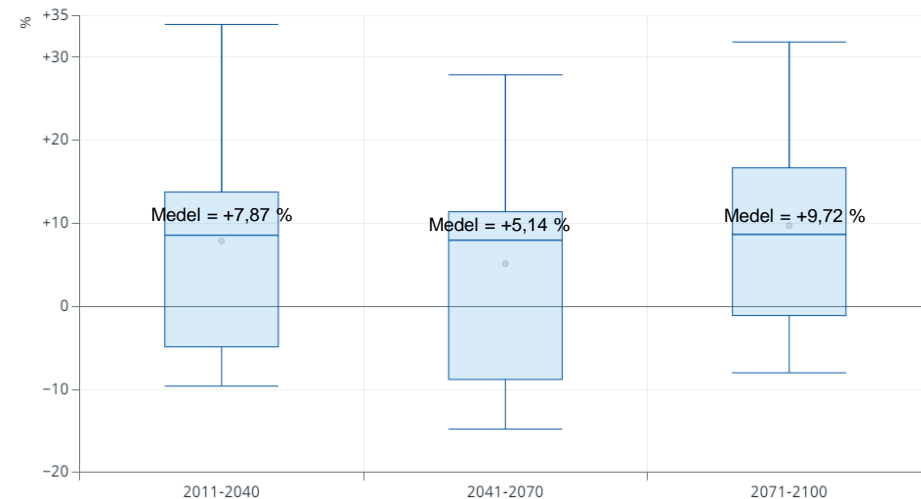
Vattenföring (50-års ÅT) över tid (%)

Mälaren - Norrström, RCP4,5, år



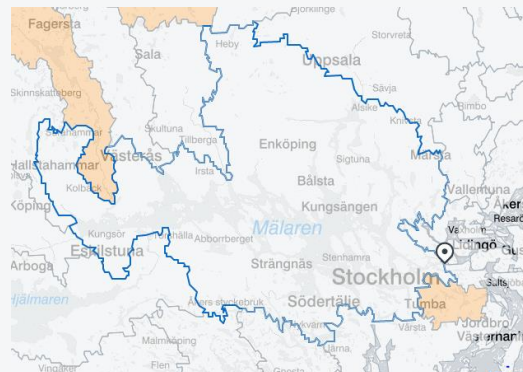
Vattenföring (50-års ÅT) över tid (%)

Mälaren - Norrström, RCP8,5, år



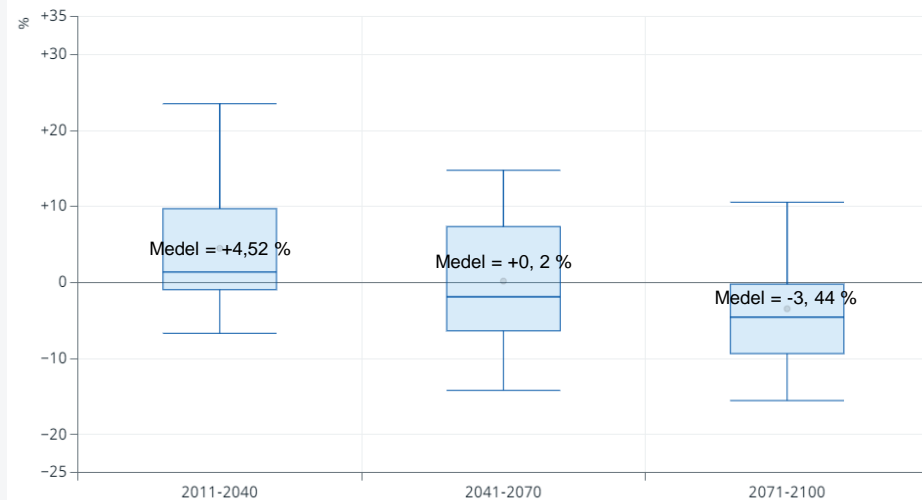
Mälaren-Norrström

Vattenföring År



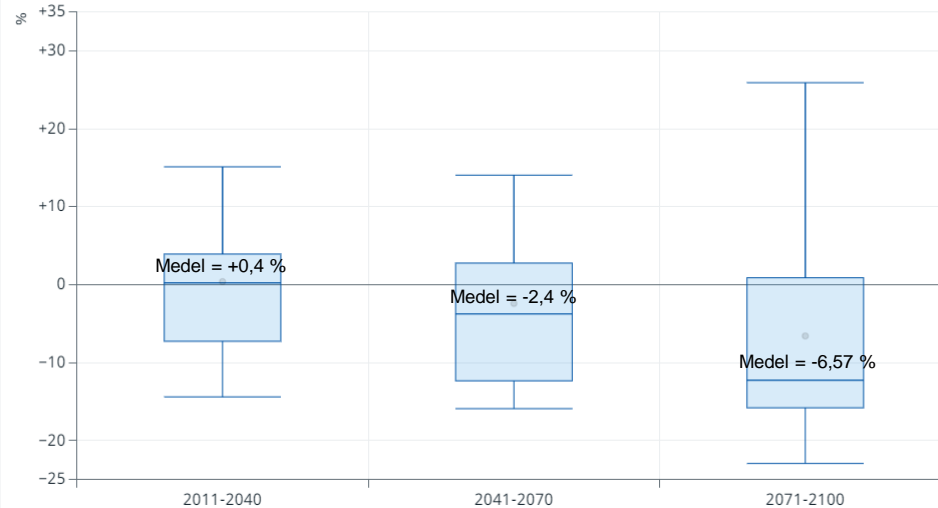
Vattenföring (medel) över tid (%)

Mälaren - Norrström, RCP4,5, år



Vattenföring (medel) över tid (%)

Mälaren - Norrström, RCP8,5, år

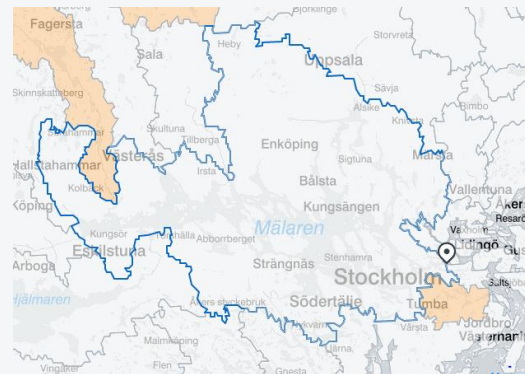


Mälaren-Norrström

Dagar med lågflöde

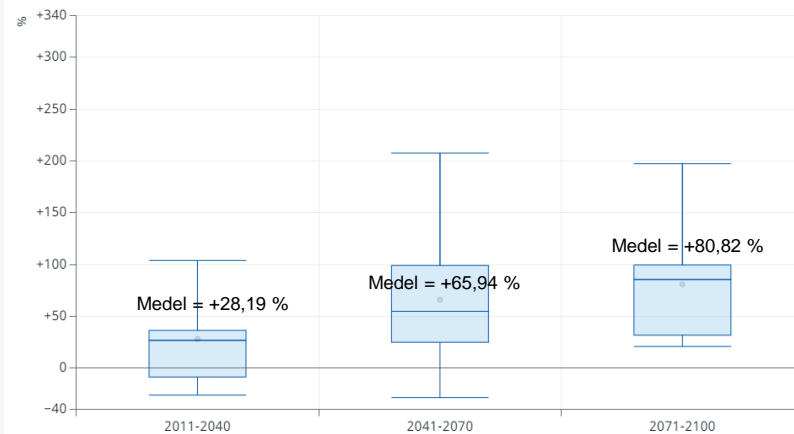
Vattenföring under medelvärdet av varje års lägsta dygnsvattenföring i referensperioden 1971-2000 kallas för lågflöde. Antal dagar med lågflöde summeras och förändringar anges i procent.

År



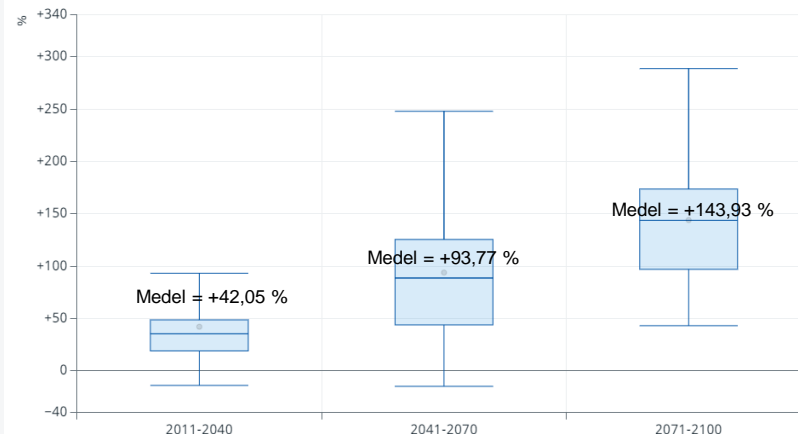
Dagar med lågflöde över tid (%)

Mälaren - Norrström, RCP4,5, år



Dagar med lågflöde över tid (%)

Mälaren - Norrström, RCP8,5, år



Extremregn i nuvarande och framtida klimat

- Fortfarande gällande underlag för extremnederbörd i Sverige



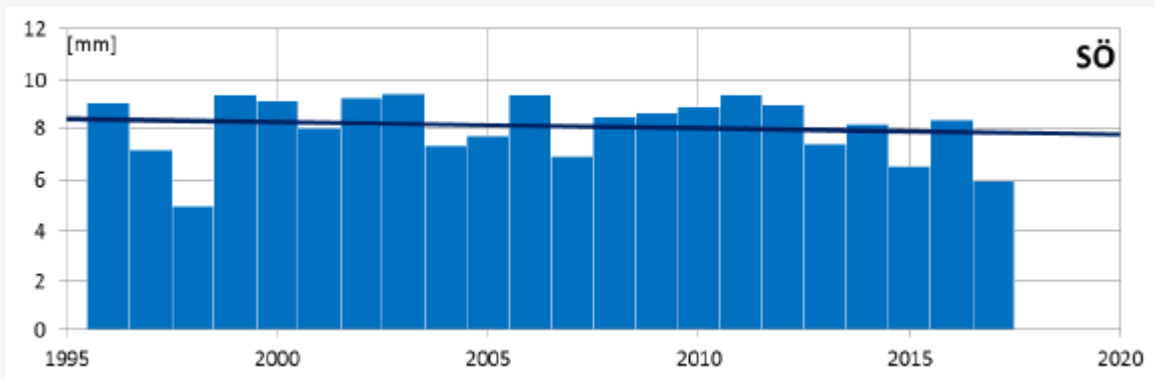
Extremregn i nuvarande och framtida klimat!

Analys av observationer och framtidsscenarier

Jonas Olsson, Peter Berg, Anna Eronn, Lennart Simonsson,
Johan Södling, Lennart Wern, Wei Yang



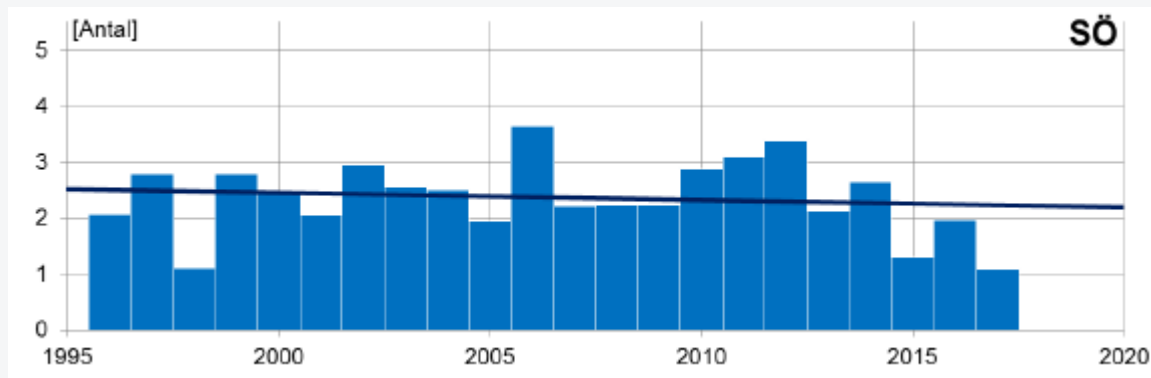
Har skyfallet blivit kraftigare de senaste 25 år?



Medelvärde av årets högsta 15-min regnvolym av varje regions samtliga stationer. Regioner (uppifrån och ner): N, M, SÖ, SV (Olsson et al., 2017).

Skyfallet har inte blivit kraftigare från 1996-2017

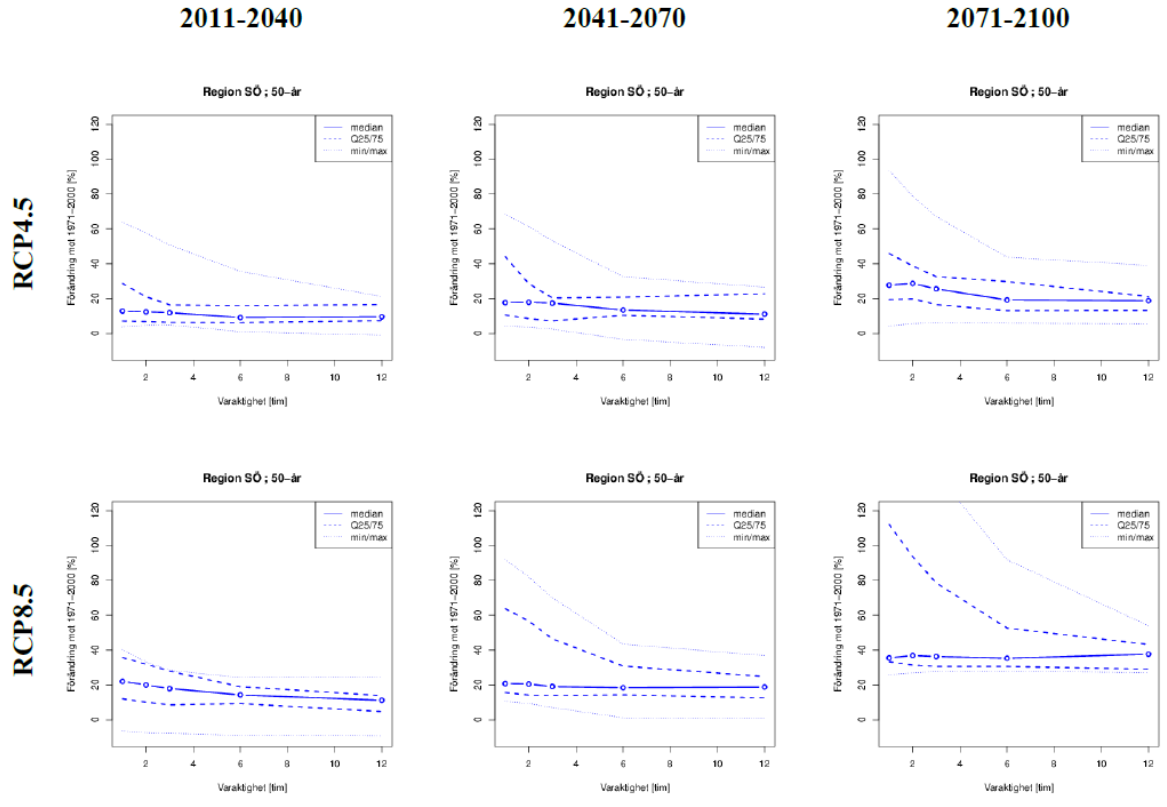
Har skyfallet kommit mer ofta senaste 25 år?



Medelvärde av frekvensen regnvolymer > 5 mm/15 min i varje regions samtliga stationer. Regioner (uppifrån och ner): N, M, SÖ, SV (Olsson et al., 2017).

Skyfallet har inte kommit oftare från 1996-2017

Förändring av nederbördsvolymer för en nederbörd med 50 års återkomsttid och varaktigheter av 1,2,3, 6,12 timmar



(Olsson et al., 2017)

- Ingen stor variation i förändring per klimatscenario för olika varaktigheter
- Osäkerheten ökar med ökande varaktighet, tydligare för senare perioder
- Förändringen mellan +10% och +40% för återkomsttid 50 år beroende av tidsperiod och RCP

Referenser

Dingman, S.L. (2002), Physical Hydrology. 2nd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 646 p.

Olsson J., Berg P., Eronn A., Simonsson L., Södling J., Wern L., Yang W. (2017): Extremregn i nuvarande och framtida klimat. Analyser av observationer och framtidsscenarier. SMHI Klimatologi nr 47.

Sjökvist, E., Abdoush, D. & Axén, J. (2019): Sommaren 2018 – en glimt av framtiden? SMHI Klimatologi, Volym Nr 52

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>