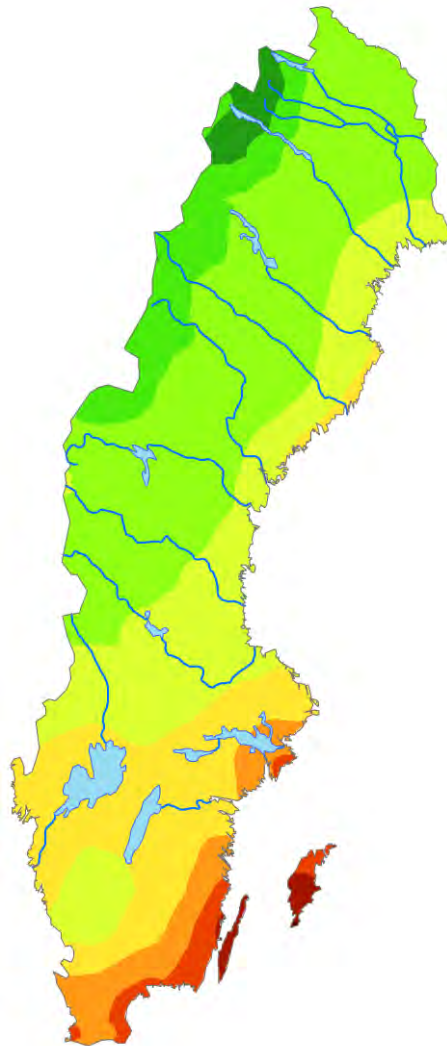




Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap

# Framtida perioder med hög risk för skogsbrand

- Analyser av klimatscenarioer



Redaktörer SMHI:

Elin Sjökvist, Jenny Axén Mårtensson, Jörgen Sahlberg, Johan Andréasson, Kristoffer Hallberg

MSB:s kontaktpersoner:

Leif Sandahl, 010-240 53 12

Ulrika Postgård, 010-240 50 33

Publikationsnummer MSB535 – Februari 2013

ISBN 978-91-7383-323-3

Framsida: Längsta sammanhängande högriskperiod per år med HBVS-index 4, 5 eller 6, se *Figur 18*

# Sammanfattning

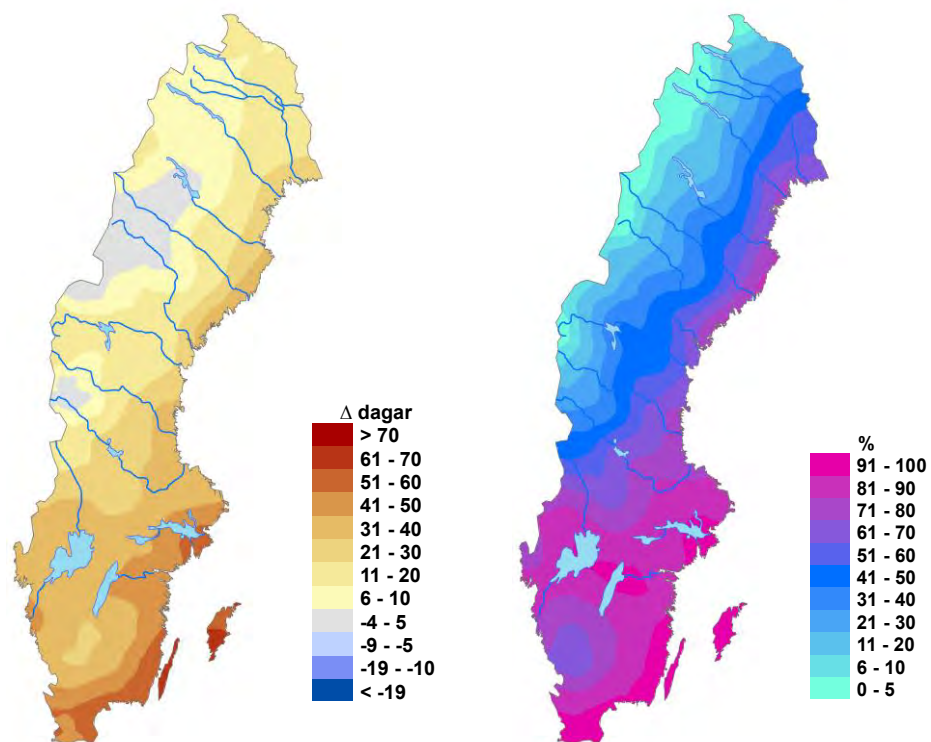
Denna studie är den tredje och avslutande etappen av de MSB-finansierade projekten om skogsbrandrisk i ett framtida klimat. De två tidigare etapperna **sammanfattas i ”Scenarier för framtida skogsbrandrisk” (Gardelin m.fl., 2011)**. Inom projekten har klimatscenarier använts som drivdata till de två skogsbrandsmodellerna HBV-Skogsbrand och FWI. En databas har byggts upp som i denna tredje etapp används för analyser av perioder med hög brandrisk (högriskperioder). Förändring av brandrisksäsongens start, slut och längd undersöks, samt frekvensen och längden av högriskperioder.

Flera olika klimatscenarier används i studien, vilka baseras på utsläppsscenarioer från FN:s klimatpanel IPCC. I tidigare etapper har resultat från respektive scenario redovisats som enskilda kartor. I denna rapport sammanfattas resultaten som medelvärden av alla scenarier och percentiler används för att ge ett mått på spridningen mellan de olika scenarierna.

FWI kräver fler parametrar som indata än HBV-Skogsbrand och högriskperioder har definierats för HBV-Skogsbrand och sedan applicerats på FWI. Dessa faktorer orsakar en större osäkerhet i resultaten från FWI, som uppvisar en mindre framträdande förändringssignal än HBV-Skogsbrand. Rapporten fokuserar i första hand på resultat från HBV-Skogsbrand.

Den framtida säsongen med brandrisk kommer att förändras mest i de områden som i dagens klimat är mest utsatta för brandrisk; framförallt i Östersjölandskapen. Starten på brandrisksäsongen i detta område tidigareläggs med ca 40 dagar mot slutet av seklet. Slutet av säsongen påverkas inte lika mycket, i södra Sverige senareläggs slutdatumet med ca 10 dagar. Sammantaget innebär detta en ökning av brandrisksäsongens längd med ca 50 dagar, vilket visas i figuren till vänster.

Den högra figuren visar den beräknade förekomsten av högriskperioder i slutet av seklet. I Östersjölandskapen ökar frekvensen av högriskperioder från dagens 2 av 3 år till att inträffa varje år. Även längden på högriskperioderna ökar och i slutet av seklet är perioder på 30 dagar vanligt förekommande i hela Götaland. Öland och Gotland uppvisar de mest extrema brandriskförhållandena i ett framtida klimat.



*Förändring i brandrisksäsongens längd för HBVS-index 4 5 eller 6, 2068-2097 jämfört med 1961-1990. Medelvärde av 6 klimatscenarier.*

*Frekvens av år då det förekommer minst en högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6, beräknat för 2068-2097. Medelvärde av 6 klimatscenarier.*

# Innehållsförteckning

<b>1. Bakgrund .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Syfte .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Metoder och databas .....</b>	<b>9</b>
3.1 HBV skogsbrandmodell.....	9
3.2 FWI skogsbrandmodell .....	10
3.3 Klimatscenarier .....	12
3.4 Bearbetning av klimatmodelldata med DBS-skalering.....	15
3.5 Definition av högriskperioder .....	15
3.6 Databas HBV .....	16
3.7 Databas FWI .....	17
3.8 Analysmetod.....	19
<b>4. Resultat .....</b>	<b>20</b>
4.1 Säsongsförskjutning av högriskperioder .....	20
4.1.1 Brandrisksäsongens start.....	20
4.1.2 Brandrisksäsongens slut .....	22
4.2 Brandrisksäsongens längd .....	25
4.3 Förekomst av högriskperioder .....	29
4.4 Längsta period med högrisk.....	31
4.4.1 Index 4, 5 eller 6 .....	31
4.4.2 Index 6 .....	33
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>37</b>
<b>6. Slutsatser .....</b>	<b>38</b>
<b>7. Slutord.....</b>	<b>39</b>
<b>8. Referenser .....</b>	<b>40</b>
<b>9. Bilaga .....</b>	<b>41</b>
9.1 Säsongsförskjutning av högriskperioder .....	41
9.2 Brandrisksäsongens längd .....	48
9.3 Förekomst av högriskperioder .....	54
9.4 Längsta period med högrisk.....	56



# 1. Bakgrund

Under 2011 avslutades de två studierna ”Brandrisk FWI klimatscenarier” och ”Brandrisk HBV klimatscenarier” på SMHI. Studierna motsvarar de två första etapperna i ett MSB-finansierat projekt med syfte att studera skogsbrandrisken i ett framtida klimat. De två etapperna redovisades gemensamt i rapporten ”Scenarier för framtida skogsbrandrisk” (Gardelin m.fl., 2011). Inom projektet har klimatscenarier använts för att studera möjliga framtida förändringar av skogsbrandsrisken så som de beskrivs av de två skogsbrandsmodellerna HBV-Skogsbrand och FWI. I projektets två första etapper har metoder tagits fram för att anpassa klimatmodelldata så att de kan användas för brandriskstudier. En databas har byggts upp med beräknade dagliga brandriskvärden för olika tidsperioder baserat på klimatscenarierna.

Studierna inom etapp två fokuserade på förväntade medelförändringar av brandrisken i framtida klimat. Studier av sammanhängande perioder med hög brandrisk påbörjades men var inte tillräckliga för att kunna dra generella slutsatser och mer detaljerade studier utlystes. Under 2012 påbörjades därför en tredje etapp på uppdrag av MSB. I den avslutande etappen används databasen med beräknade brandriskvärden för att studera hur brandrisksäsongen och sammanhängande perioder med hög brandrisk kan komma att förändras i ett framtida klimat.

## 2. Syfte

Studiens syfte har varit att följa upp tidigare MSB-finansierade studier av skogsbrandrisk i ett framtida klimat med fokus på analyser av perioder med hög brandrisk. De databaser som skapats inom tidigare brandriskprojekt används för att studera hur säsongsförskjutning av brandrisksäsongen, brandrisksäsongens längd och förekomsten av sammanhängande högriskperioder kan komma att förändras i framtiden.



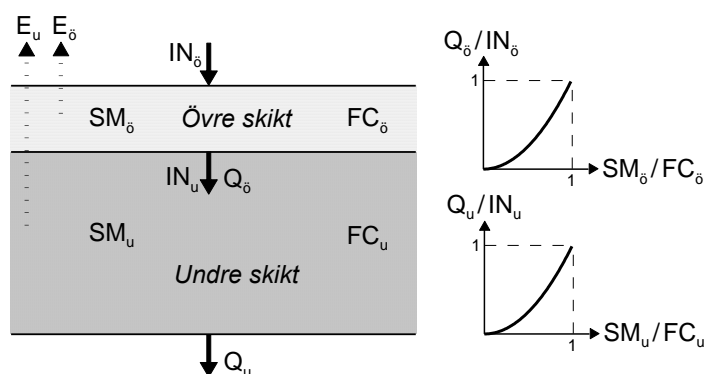
## 3. Metoder och databas

### 3.1 HBV skogsbrandmodell

Beräkningsmodellen HBV-Skogsbrand (Gardelin, 2001) används rutinmässigt under sommarhalvåret på SMHI för prognoser av antändningsrisk och markfuktighet i skogsmark. Modellen är en specialtillämpning av den hydrologiska avrinningsmodellen HBV (Bergström, 1995, Lindström m.fl., 1997), som utvecklats vid SMHI sedan början av 1970-talet. För skogsbrandtillämpning används de delar av HBV-modellen där beräkning sker av snöackumulation och avsmältning samt avdunstning och markfuktighet.

HBV-Skogsbrand beskriver fuktigheten i de markskikt som har störst betydelse för framförallt antändningsrisken i skogsmark. Modellen är verifierad mot statistik över inträffade skogsbränder och nedbrunnen skogsareal i Sverige. För rikstäckande tillämpningar används generella regionala parametervärden i modellen. Modellens indata är dygnsnederbörd och dygnsmedeltemperatur. Potentiell avdunstning, som används av modellen, beräknas utgående från lufttemperaturen.

I modellen beräknas fuktigheten i två markskikt enligt principerna i Figur 1. Fuktigheten i markskikten bestäms av nederbörd, snösmältning, avdunstning och avrinning till djupare markskikt. Hur stor andel av en viss regnmängd som kan hållas kvar i markskikten är beroende av den aktuella markfuktigheten. Om marken är torr, kan stor del av regnmängden magasineras i marken, men om marken redan är blöt, förs stor del av regnet vidare till avrinning. Avdunstningen drivs av den potentiella avdunstningen och begränsas av markfuktigheten. Den maximala vattenmagasineringsen är 20-25 mm i det övre skiktet och 180-225 mm i det undre skiktet, beroende på vilken region i landet som beräknas.



Figur 1. Princip för beräkning av fuktigheten i de två markskikten i HBV-Skogsbrandmodell. FC anger den maximala vattenmagasineringsen i respektive markskikt och SM anger aktuell markfuktighet. IN avser vattentillförsel till skiktet,  $Q$  avrinning och  $E$  avdunstning från skiktet.  $IN_ö$  är regn och snösmältning och  $Q_u$  är det vatten som förs bort från markvattenzonen och går vidare till avrinning.

Fuktigheten i de två markskikten anges i procent av den maximala vattenmagasineringsen i respektive markskikt, d.v.s. låga värden anger torra förhållanden och hög brandrisk. Fuktighetsvärdena vägs i modellen samman till ett viktat markfuktighetsvärde. Extremt höga brandriskvärden kan endast erhållas när fuktigheten är låg i båda markskikten. För att ta hänsyn till fukt på vegetation, sker en korrektion av fuktighetsvärdet under de dagar då det faller nederbörd. Det slutliga markfuktighetsvärdet (HBVS) översätts till de 6 nivåerna av markfuktighetsindexet (HBVSI) enligt Tabell 1. I operationell drift används beteckningen 5E för den högsta brandriskklassen.

*Tabell 1. Gränsvärden för brandriskindex med HBV-Skogsbrandmodell.*

<i>Viktat markfuktighetsvärde HBVS</i>	<i>Index för markfuktighet HBVSI</i>
<i><math>0 \leq HBVS &lt; 28</math></i>	<i>6 (5E) - Extremt torrt</i>
<i><math>28 \leq HBVS &lt; 33</math></i>	<i>5 - Mycket torrt</i>
<i><math>33 \leq HBVS &lt; 43</math></i>	<i>4 - Torrt</i>
<i><math>43 \leq HBVS &lt; 59</math></i>	<i>3 - Måttligt blött</i>
<i><math>59 \leq HBVS &lt; 74</math></i>	<i>2 - Blött</i>
<i><math>74 \leq HBVS \leq 100</math></i>	<i>1 - Mycket blött</i>

I studien har brandriskvärden beräknats för punkter i ett rutnät som täcker hela landet. Liksom i den operationella modellen bygger beräkningarna enbart på meteorologiska indata och generella brandriskvärden erhålls i alla beräkningspunkter, oavsett skogens verkliga utbredning. Modellen drivs enbart med utdata från klimatmodeller för att studera effekterna av olika klimatscenarier, därför tas ingen hänsyn till eventuella förändringar av skogen eller dess utbredning i ett framtida klimat. Förändringen av den potentiella avdunstningen i ett framtida klimat antas också vara proportionell mot temperaturändringen och ingen hänsyn kan tas till eventuell förändring av hur avdunstningen sker i det framtida klimatet beroende på exempelvis förändrad vegetation.

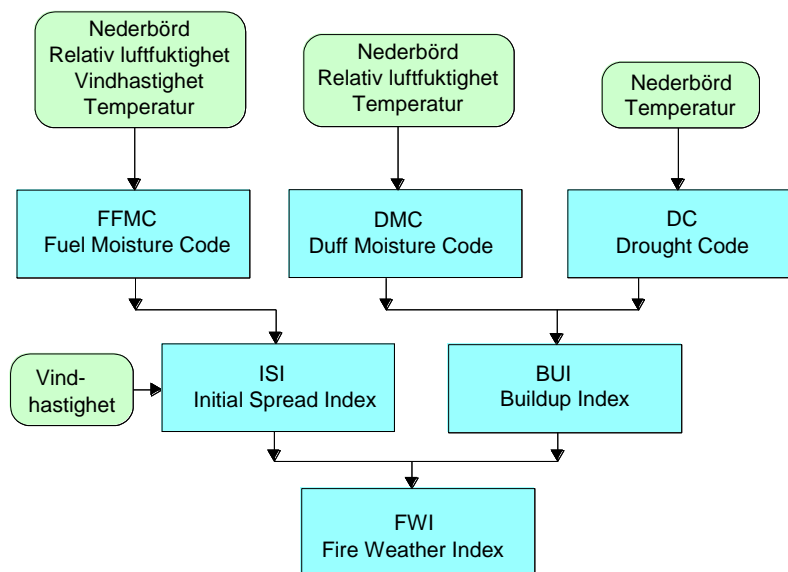
### **3.2 FWI skogsbrandmodell**

Den kanadensiska brandriskmodell som använts i denna studie ingår i ett större modellsystem för bedömning av brandrisk och brandbeteende som benämns The Canadian Forest Fire Danger Rating System (Stocks m.fl., 1989). Delmodellen för bedömning av skogsbrandrisk är The Canadian Forest Fire Weather Index System (van Wagner, 1987), där huvudindexet kallas FWI (Fire Weather Index). FWI-modellen utvecklades ursprungligen för en standardiserad skogstyp i Kanada, men används nu i flera länder i Nord- och Sydamerika, i södra Europa samt exempelvis i Nya Zeeland och Indonesien.

Brandriskbedömningen i FWI-modellen bygger på beräkning av tre grundvärden för fukthalter i olika skikt (se Figur 2). FFM (Fine Fuel Moisture

Code) är det ytligaste skiktet och representerar fuktigheten i förna eller mossa, i ett cirka 1 cm tjockt skikt vid markytan. Den maximala vattenmagasineringsen i detta skikt är mindre än 1 mm och fukthalten i skiktet kan variera snabbt beroende på luftfuktigheten. DMC (Duff Moisture Code) representerar fuktigheten i en något djupare del av det ytliga markskiktet, bestående av mossa, förna eller humus. I skiktet kan maximalt 15 mm vatten magasineras, vilket normalt motsvarar ett cirka 7 cm djupt skikt. DC (Drought Code) kan magasinera 100 mm vatten och representerar fukthalten i tjocka kompakta humuslager där fukthalten förändras långsamt. Påfyllnad och uttorkning av de olika skikten sker enligt olika empiriska samband som tagits fram under många års studier av fuktighet i olika markskikt i Kanada.

Uttorkningen av de olika skikten sker i modellen exponentiellt avtagande med tiden. Den tid som under en uttorkningsfas åtgår för att cirka 2/3 av vattenmagasinet ska ha torkat ut, är för det ytligaste skiktet (FFMC) cirka 0,7 dygn (van Wagner, 1987). För DMC-skiktet sker motsvarande uttorkning på 12 dygn och för DC-skiktet åtgår 52 dygn för denna uttorkning.



Figur 2. FWI-modellens struktur.

Brandriskvärdet (FWI) beräknas ur de tre grundvärdena med hjälp av två mellanindex kallade BUI (Buildup Index) och ISI (Initial Spread Index). BUI beräknas som ett viktat medelvärde av DMC och DC och kan ses som ett allmänt fuktighetsmått för de något djupare markskikten, vilka representerar det tillgängliga brännbara materialet. ISI indikerar en brands möjliga spridningshastighet och bestäms av FFMC och vindhastigheten. Det slutliga brandriskvärdet (FWI) beräknas ur en kombination av ISI och BUI, och används ofta som ett generellt mått för att beskriva brandbeteende och brandspridning. FWI-värdet återges ofta som ett regionalt utvecklat FWI-index med stigande index för ökande skogsbrandrisk. Tabell 2 visar de gränsvärden för FWI-index som tillämpas i Sverige och i denna studie.

Tabell 2. Gränsvärden för brandriskindex baserade på FWI-modellen.

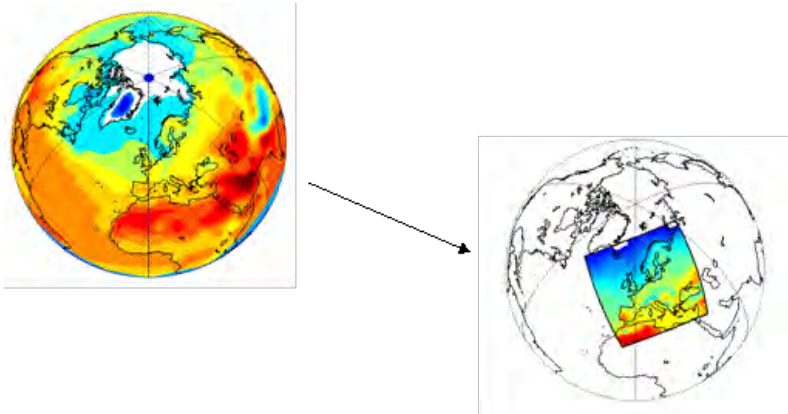
<b>FWI grundvärde</b>	<b>Brandriskindex</b>
$28 \leq FWI$	6 (5E) - Extremt stor brandrisk
$22 \leq FWI < 28$	5 - Mycket stor brandrisk
$17 \leq FWI < 22$	4 - Stor brandrisk
$7 \leq FWI < 17$	3 - Normal brandrisk
$1 \leq FWI < 7$	2 - Liten brandrisk
$FWI < 1$	1 - Mycket liten brandrisk

Indata till dagliga beräkningar med FWI-modellen är dygnsnederbörd samt temperatur, relativ fuktighet och vindhastighet mitt på dagen (kl. 12). För produktion av rikstäckande brandriskprognoser i operationell drift, startas modellen upp från blöta markförhållanden i början av varje år efter det att snötäcket smält bort. I denna studie har inte hänsyn tagits till snöns utbredning, utan beräkningarna har startats från blöta markförhållanden den första januari varje år.

### 3.3 Klimatscenarier

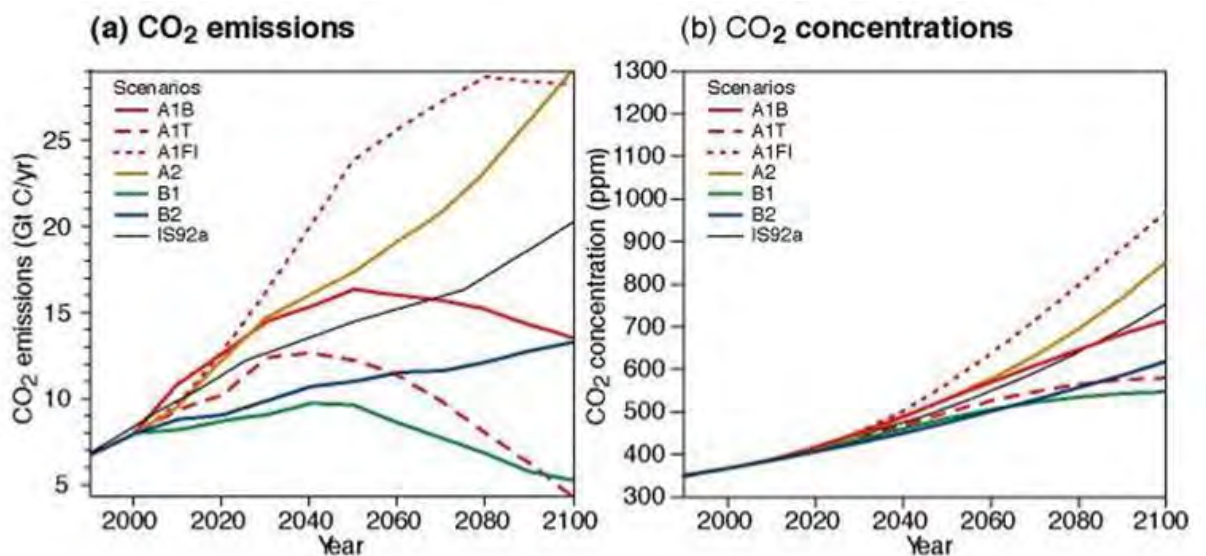
Globala klimatmodeller (GCM) används för att få en översiktlig bild av framtidens klimat. Modellerna drivs bland annat med antaganden om framtidens utsläpp av växthusgaser, så kallade utsläppsscenarier. För mer detaljerade regionala analyser krävs en bättre beskrivning av geografiska förhållanden, såsom skillnader i altitud och uppdelning mellan land och hav. Därför kopplas de globala klimatberäkningarna till regionala klimatmodeller (RCM) som har högre upplösning och bättre beskrivning av detaljer som påverkar det regionala klimatet. De regionala klimatmodellerna drivs av resultat från globala modeller vid de yttre gränserna av sitt modellområde (Figur 3). Detta gör att valet av global modell får stor betydelse för slutresultatet även regionalt.

Vid modelleringen av klimatet sker en indelning av jorden i beräkningsrutor. För närvarande har en global klimatmodell normalt en upplösning i storleksordningen 150-300 km, medan regionala klimatmodeller normalt har upplösningen 25-50 km.



Figur 3. Modellområde för global respektive regional modell.

FN:s klimatpanel, IPCC, har utarbetat olika antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser som används för att driva de globala klimatmodellerna (Nakićenović, 2000). I denna studie har de utsläppsscenarioer använts som benämns A1B, B1 och A2. Till vänster i Figur 4 visas koldioxidutsläppens storleksförändring enligt ett antal utsläppsscenarioer. Enligt scenario A2 fortsätter utsläppens storlek att öka under hela seklet medan B1 uppvisar en långsammare ökning och kulminerar i mitten av seklet för att sedan börja avta. Scenario A1B representerar utsläppsökningar som fram till mitten av seklet ökar i samma takt som A2, därefter kulminerar utsläppen och minskar under resten av seklet. Trots att utsläppens storlek kulminerar fortsätter dock atmosfärens koldioxidhalt att stiga även efter 2050, se högra diagrammet i Figur 4. Enligt scenario B1 är utsläppsminskningen så pass stor att koldioxidhalten stabiliseras mot slutet av seklet. I figuren syns även att de effekter scenarierna har på koldioxidhalten är liknande fram till mitten av seklet, men därefter börjar resultaten divergera.



Figur 4. Antagande om framtida utsläpp av CO<sub>2</sub> (a) och resulterande CO<sub>2</sub>-koncentrationer (b) enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

För att illustrera osäkerheterna i klimatscenerierna har totalt 11 olika klimatsimuleringar använts i brandriskdatabasen.

Tabell 3 sammanfattar klimatsimuleringarnas utsläppsscenerier, global och regional modellversion samt den regionala modellens areella upplösning. På grund av brandriskmodellernas olika indatakrav har inte alla scenarier kunnat användas till båda brandriskmodellerna. FWI-analysen utnyttjar 9 scenarier och HBV-analysen 6 scenarier. Data har utnyttjats från 4 olika globala klimatmodeller som utvecklats vid olika institut. De tre olika scenarierna från den globala klimatmodellen ECHAM5 skiljer sig genom att de har startats från olika initialtillstånd, vilket kan få klimatet att variera på olika sätt. Den regionala modellen RCA3 har utvecklats vid SMHI:s forskningsavdelning Rossby Centre.

Samtliga scenarier för det framtida klimatet pekar mot en generell ökning av årsnederbörden i Sverige. Samtidigt sker en omfördelning av nederbörden mot vinterhalvåret. För sommarnederbörden är resultaten mer varierande mellan olika klimatscenerier. Temperaturen förväntas generellt öka.

Temperaturökningen är större i norra Sverige än i södra delarna av landet.

*Tabell 3. Sammanställning av de klimatscenerier som har använts i denna studie.*

*De fyra första scenarierna är gemensamma för HBV- och FWI-delen av studien. ECHAM5(1), ECHAM5(2) resp. ECHAM5(3) anger att scenarieräkningarna med den globala klimatmodellen har utgått från tre olika initialtillstånd.*

Scenariobeteckning	Utsläpps-scenario	Global klimatmodell (GCM)	Regional klimatmodell (RCM)	Regional modell-upplösning	Brandrisk-tillämpning
SMHI-E51-50-A1B	A1B	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	HBV + FWI
SMHI-E52-50-A1B	A1B	ECHAM5(2)	RCA3	50 km	HBV + FWI
SMHI-E53-50-A1B	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	50 km	HBV + FWI
SMHI-CCSM3-50-A1B	A1B	CCSM3	RCA3	50 km	HBV + FWI
HC-HCQ0-25-A1B	A1B	HadCM3 (Q0)	HadRM3	25 km	HBV
KNMI-E53-25-A1B	A1B	ECHAM5(3)	RACMO	25 km	HBV
SMHI-E53-25-A1B	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	FWI
SMHI-HCQ0-50-A1B	A1B	HadCM3 (Q0)	RCA3	50 km	FWI
SMHI-BCM-50-A1B	A1B	BCM	RCA3	50 km	FWI
SMHI-E51-50-B1	B1	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	FWI
SMHI-E51-50-A2	A2	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	FWI

### 3.4 Bearbetning av klimatmodelldata med DBS-skalering

För att kunna använda data från klimatmodellerna till att studera skogsbrandrisk krävs ett gränssnitt mellan klimatmodellen och brandriskmodellen. Anledningen är att klimatmodellerna inte kan beskriva det nutida klimatet tillräckligt väl för att ge en trovärdig beskrivning av dagens brandrisk.

Under senare år har en ny metod utvecklats som gör det möjligt att anpassa utdata från klimatmodellerna. Metoden benämns DBS-metoden (Distribution Based Scaling; Yang m.fl., 2010) och innebär att data från meteorologiska observationer används till att justera klimatmodellens resultat för att reducera systematiska fel. Vid klimateffektstudier med hydrologiska modeller är det särskilt viktigt att den överskattning av antalet nederbördsdagar som ges av klimatmodellerna korrigeras. Korrigeringsfaktorer fastställs för en referensperiod i dagens klimat och bibehålls sedan vid beräkningen av framtidens klimat, varefter klimatberäkningens utdata direkt kan användas som indata till hydrologiska modeller.

En förutsättning när DBS-metoden används, är att resultaten för framtida tidsperioder måste jämföras med historiskt klimat beskrivet med klimatmodellen och inte med meteorologiska observationer. Det är inte heller möjligt att jämföra individuella dagar eller år med observationsdata.

En utförligare beskrivning och resultat av skaleringen finns i slutrapporten från fas 2 ”Scenarier för framtida skogsbrandrisk” (Gardelin m.fl., 2011).

### 3.5 Definition av högriskperioder

Perioder med hög brandrisk har i den här studien undersökts som sammanhängande dagar med höga index, d.v.s. högriskperioder. I databasen med beräknade brandriskvärden har den längsta sammanhängande högriskperioden varje år identifierats. För att beräkna brandrisksåsöngens start och slut har den första och den sista högriskperioden varje år använts.

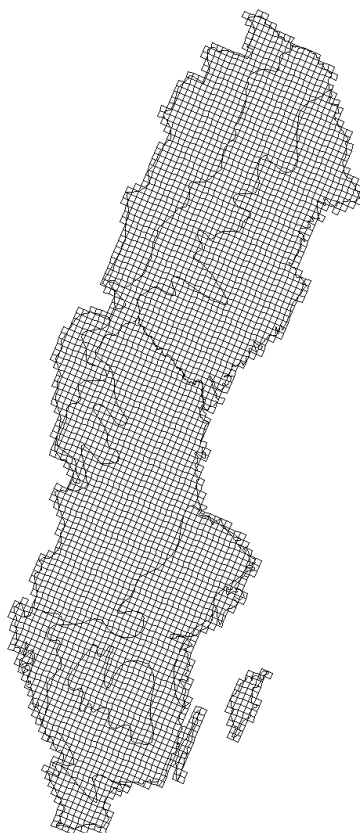
Högriskperioderna har undersökts med en uppdelning i två olika svårighetsgrader. Dels har sammanhängande perioder med index 4, 5 eller 6 studerats och dels har sammanhängande perioder med enbart index 6 studerats. Högriskperioderna har definierats på samma sätt för både HBVS-index och FWI-index. Först har en minimigräns tillämpats för hur korta de sammanhängande perioderna kan vara för att anses utgöra en högriskperiod. För att ingå i beräkningen av sammanhängande perioder måste index 6 ha uppnåtts under minst 4 dagar *eller* lägst index 5 ha uppnåtts under minst 6 dagar *eller* lägst index 4 ha uppnåtts under minst 10 dagar. Under högriskperioden tilläts dessutom indexet att tillfälligt, under maximalt 2 dagar, gå ner till index 1, 2 eller 3 utan att högriskperioden avbryts.

### 3.6 Databas HBV

HBV-delen av databasen innehåller brandriskvärden beräknade för punkter i ett rutnät som täcker hela landet och har upplösningen 11x11 km, se Figur 5. Rutnätet omfattar cirka 4000 punkter och är detsamma som används i rutindrift för beräkningar av dagliga brandriskprognoser. Av klimatologiska och beräkningstekniska orsaker är rutnätet uppdelat i 15 beräkningsregioner. Förutom HBVS och HBVSI innehåller databasen även fuktighet i övre och undre markskikt, nederbörd, temperatur samt snödata.

Baserat på utdata från 6 klimatmodeller (se Tabell 3) har dagliga brandriskvärden beräknats för perioden 1961-2097. 30-årsperioden 1961-1990 har valts som referensperiod att representera dagens klimat. Det framtida klimatet har studerats under två 30-årsperioder, 2021-2050 respektive 2068-2097.

Brandriskvärden har även beräknats baserat på meteorologiska observationer under perioden 1961-2005. Observationsdata har hämtats från den areellt interpolerade databasen PTHBV (Johansson, 2000; Johansson och Chen, 2003, samt Johansson och Chen, 2005).



Figur 5. Beräkningsrutnät och regionindelning för HBV-Skogsbrand.



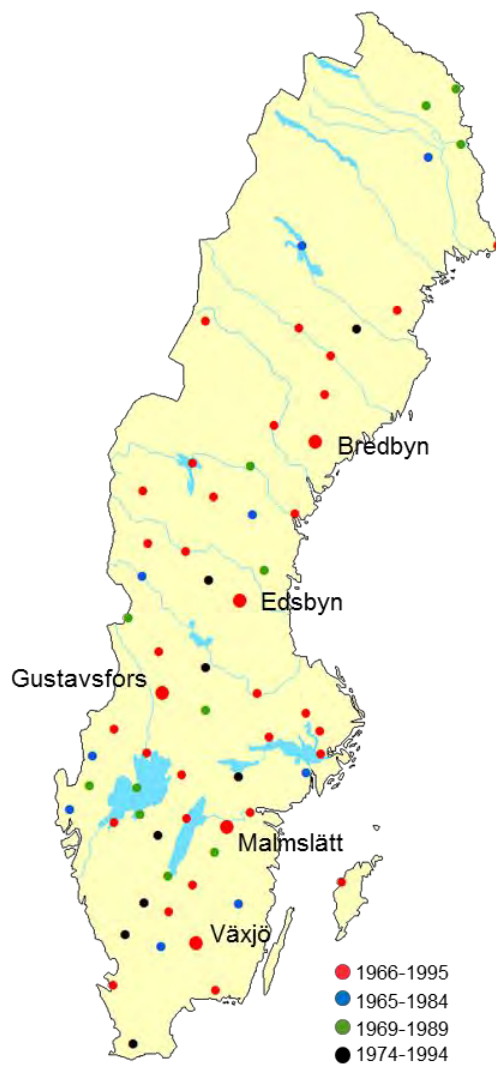
### 3.7 Databas FWI

Observationer motsvarande FWI-modellens indatakrav, d.v.s. ackumulerad dygnsnederbörd samt temperatur, vindhastighet och relativ fuktighet kl. 12 UTC (kl. 13 svensk normaltid), har extraherats från SMHI:s observationsdatabas. Av tillgängliga stationer undantogs stationer som saknade någon av indatavariablerna under någon tidsperiod, samt vindutsatta kuststationer och stationer ovanför trädgränsen i fjällen.

Då flera stationer saknade data i början av 1960-talet används perioden 1966-1995 som referensperiod. För 35 av de stationer som ingår i databasen, och som användes i projektets första etapp, finns data tillgängliga under hela referensperioden. Samtliga dessa stationer har under perioden mindre än 1 % saknade värden, i genomsnitt endast 0.2 %.

Databasen utökades under projektets andra etapp med ytterligare 29 stationer. Från dessa stationer utnyttjas observationsdata från 3 olika 20-årsperioder under vilka datatillgången är lika god som från de ursprungliga 35 stationerna. Från 9 stationer utnyttjas data för perioden 1965-1984, från 12 stationer perioden 1969-1989 och från 8 stationer perioden 1974-1994, (se Figur 6). Totalt ingår alltså 64 meteorologiska stationer i databasen.

Baserat på utdata från 9 klimatmodeller (se Tabell 3) har dagliga brandriskvärden beräknats för perioden 1961-2097. Det framtida klimatet har studerats under två 30-årsperioder, 2021-2050 respektive 2068-2097.



Figur 6. Geografiskt läge för de totalt 64 meteorologiska stationerna i FWI-databasen samt de 4 tidsperioder som utnyttjats vid olika stationer. De 5 teststationerna är markerade med namn och större punkt.

### 3.8 Analysmetod

Analyserna av brandrisksimuleringarna enligt klimatscenarier har gjorts för tre olika tidsperioder: referensperioden (för HBV 1961-1990 och för FWI 1966-1995), mitten av seklet (2021-2050) och slutet av seklet (2068-2097). Istället för att redovisa förändringar för varje scenario separat har de utvärderats som en ensemble med sex medlemmar för HBV och nio medlemmar för FWI. Detta angreppssätt används för att kondensera resultaten och underlätta tolkningen. Det möjliggör tolkning av fler klimatscenarier och ger en tydligare bild över de mest framträdande klimatförändringssignalerna. I rapporten presenteras medelvärden av de sex respektive nio scenarierna. Den spridning som finns mellan scenarierna (framgick tydligt i SMHI 2011-77) redovisas i denna rapport istället som 25 % respektive 75 % percentiler i bilagan. Analysmetoden har tidigare använts bland annat för regionala klimatanalyser för län i Sverige (se t.ex. Klimatanalys för Västra Götalands län (Persson, 2011) och Klimatanalys för Jönköpings län (Andréasson, 2011)).

För att minska risken att medelvärdesbildningen filtrerar bort information från underlaget, har endast de år då analyserna resulterat i ett resultat skilt från noll använts för medelvärdesbildningen. På så sätt visar analyserna vad som händer med brandrisken de år då det förekommer brandrisk. Angreppssättet innebär dock att för platser med väldigt få tillfällen med brandrisk, blir resultaten inte helt representativa för underlaget. De fall då detta bedömts påverka tolkningen kommenteras i texten.

## 4. Resultat

I följande avsnitt redovisas kartor som representerar medelvärden över en tidsperiod på 30 år för de klimatscenarier som ingår i analysen. Spridningen mellan olika klimatscenarier redovisas som percentiler i bilagan. Alla kartor i bilagan är inte omnämnda i rapporten utan ses som ett fördjupningsmaterial för den intresserade.

För resultat från modellen HBV-Skogsbrand används i fortsättningen beteckningen HBV.

I vissa av kartorna som beskriver resultat från FWI-modellen ses att kustnära stationer har en avvikande signal från stationer i inlandet. Detta beror på att signalen de får är influerade av gridrutor som i den regionala klimatmodellen definieras som Bottenhavet respektive Östersjön. Medeltemperaturen är högre över hav än över land och klimatsignalen i modellerna är generellt också större. Detta orsakar en starkare uppvärmning i de kustnära stationerna och därmed också längre högriskperioder. Resultat för dessa stationer är därför att betrakta som mycket osäkra.

### 4.1 Säsongsförskjutning av högriskperioder

För att studera säsongsförskjutningen av brandrisken i ett framtida klimat har högriskperioder använts (se definition i avsnitt 3.5). Brandrisksäsongens start definieras som första dagen i den första högriskperioden varje år och slutet på säsongen definieras som den sista dagen i den sista högriskperioden. Dessa datum har beräknats för respektive scenario och redovisas som ett medelvärde av samtliga scenarier under en 30-årsperiod.

#### 4.1.1 Brandrisksäsongens start

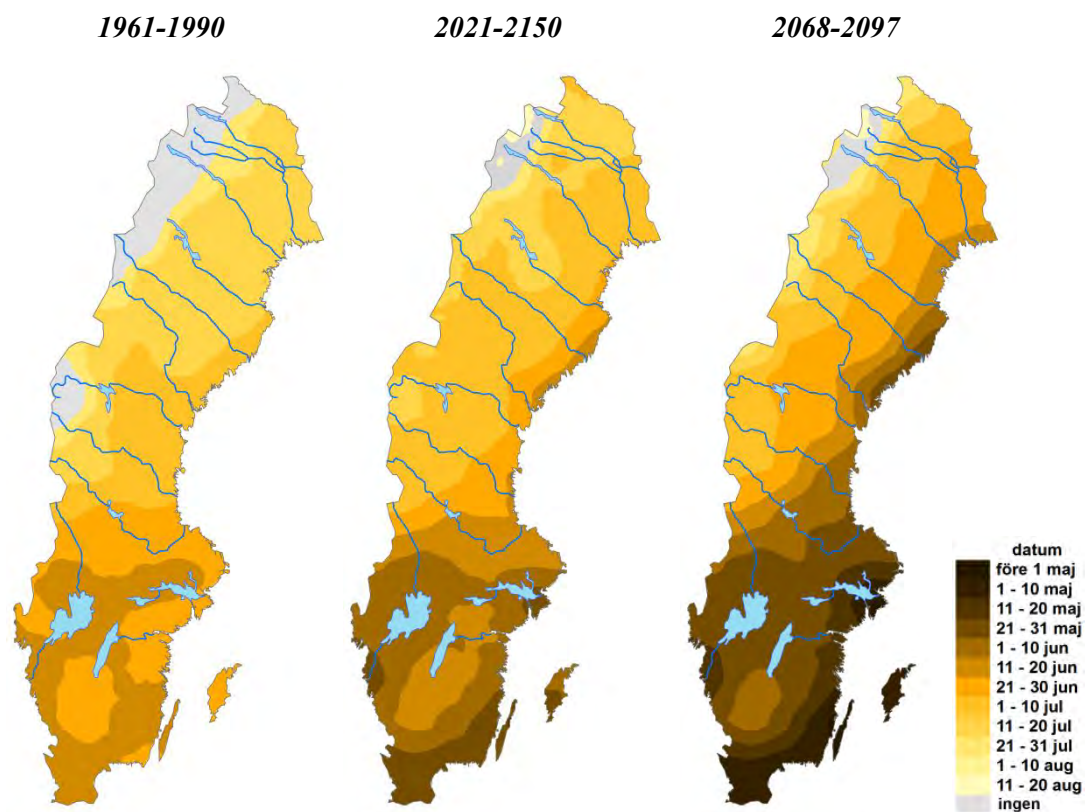
Figur 7 visar tidsutvecklingen av brandrisksäsongens start för HBVS-index 4, 5 eller 6. Varje karta är ett medelvärde av de 6 scenarier som använts av HBV-modellen (se Tabell 3) och över en tidsperiod på 30 år.

Under referensperioden 1961-1990 i Götaland och Svealand startar brandrisksäsongen i mitten eller slutet av juni. Norr därom sker starten i juli och i fjällen förekommer ingen brandrisksäsong enligt de definitioner som använts i studien. Till mitten av seklet (2021-2050) har starten tidigarelagts med mellan en och två veckor i stora delar av landet. I sydligaste Sverige sker starten redan i slutet av maj och längs Norrlandskusten i mitten av juni.

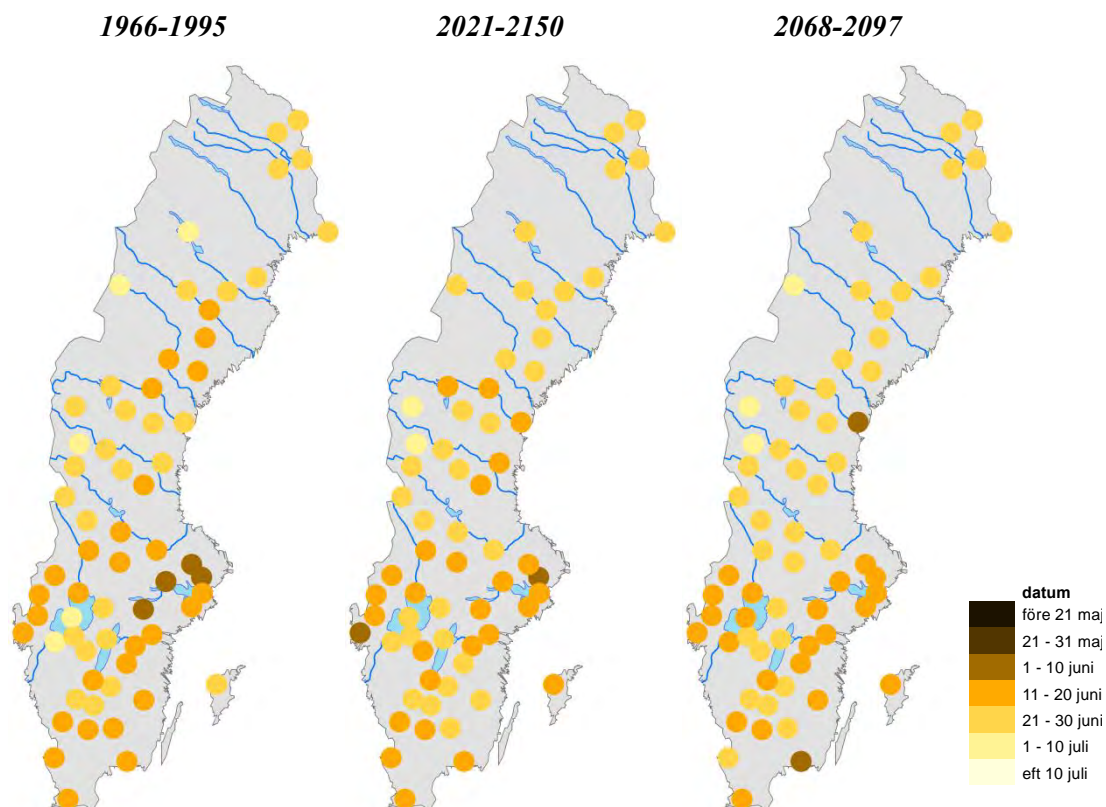
I slutet av seklet (2068-2097) startar brandrisksäsongen längs Östersjökusten i början av maj och längs Norrlandskusten i slutet av maj. Brandriskens geografiska mönster kvarstår över landet: sydsvenska höglandet som normalt

får mycket nederbörd och fjälltrakterna har låg brandrisk jämfört med närliggande områden. I Bilaga 9.1 finns kartor för percentilerna 25 och 75 för respektive tidsperiod. Spridningen mellan de olika scenarierna ökar något mot slutet av seklet.

För FWI-modellen syns inte samma tydliga trend som HBV-modellen uppvisar, se Figur 8. Faktum är att för flera av stationerna senareläggs brandrisksäsongens start. Det är endast Sundsvall och Ronneby som har en tydlig trend mot en tidigare start.



Figur 7. Tidsutvecklingen av brandrisksäsongens start för HBVS-index 4, 5 eller 6. Kartorna visar ett medelvärde av 6 klimatscenarier.

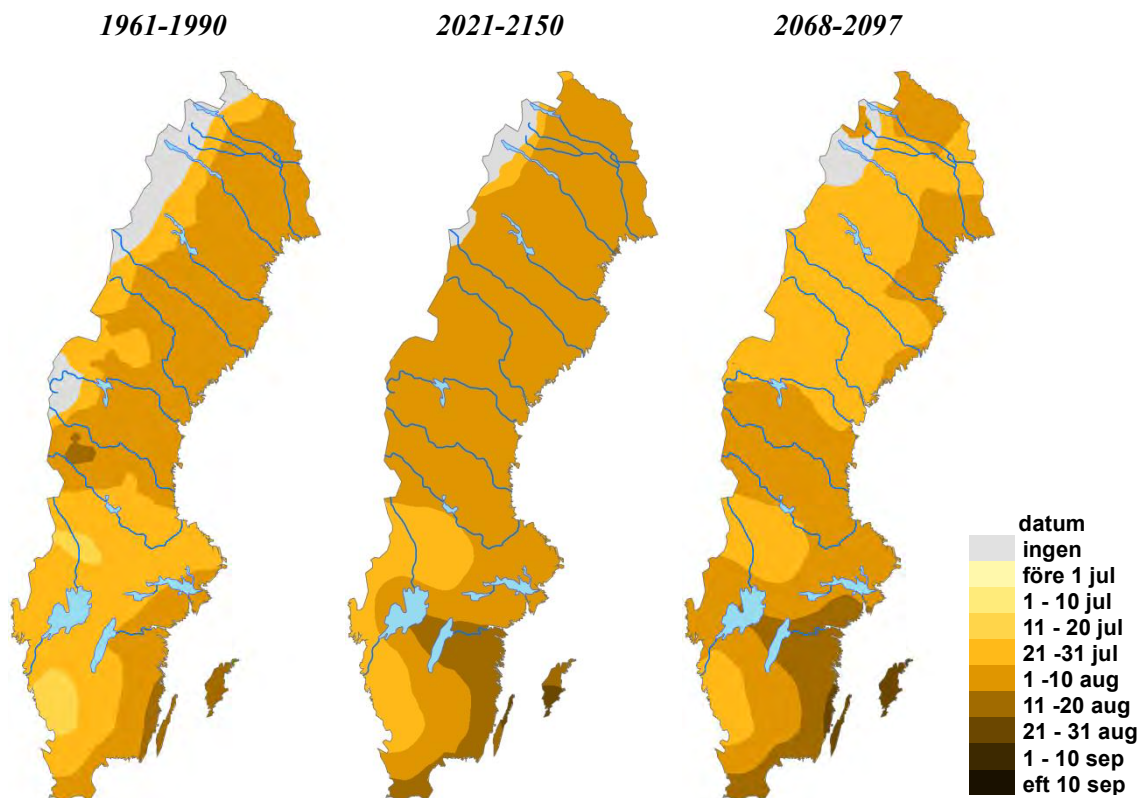


Figur 8. Tidsutveckling av brandrisksäsongens start beräknat med FWI-modellen för index 4, 5 eller 6. Kartorna visar ett medelvärde av 9 klimatscenarier.

#### 4.1.2 Brandrisksäsongens slut

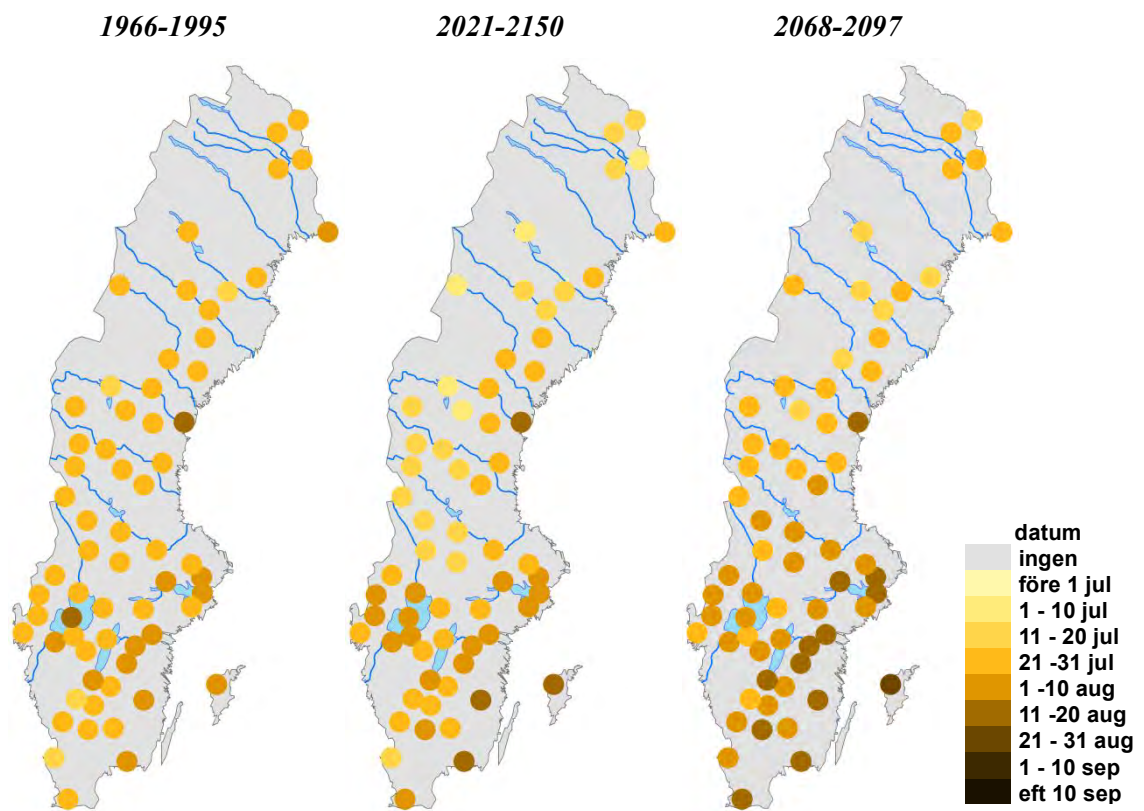
Figur 9 visar brandrisksäsongens slut för de tre tidsperioderna. I dagens klimat är sista dagen för brandrisk i Östersjölandskapen och Norrland i genomsnitt i början av augusti. På Öland och Gotland pågår brandrisken ungefär en vecka längre och i resten av Sverige slutar brandrisksäsongen tidigare.

Klimatscenerierna tyder på att brandrisksäsongens slut inte påverkas lika mycket som starttillfället. Till slutet av seklet har slutdatumet förskjutits ungefär 10 dagar framåt för Götaland och sydligaste Svealand. I övriga landet är trenden inte lika tydlig, för perioden 2068-2097 framgår att för delar av Norrland kan brandrisksäsongen komma att avslutas något tidigare än under dagens klimat.



Figur 9. Tidsutveckling av brandrisksäsongens slut med HBVS-index 4, 5, eller 6. Varje 30-årsperiod beskriver ett medelvärde av 6 klimatscenarier.

Figur 10 visar tidsutvecklingen av brandrisksäsongens slut beräknat med FWI-modellen. Vid de allra flesta stationer slutar brandrisksäsongen i slutet av juli. I Östersjölandskapen finns några stationer där brandrisksäsongen slutar drygt en vecka senare och i västra Götaland samt inre Norrland slutar säsongen något tidigare. Till mitten av seklet går majoriteten av stationerna i Götaland mot ett senare slut på brandrisksäsongen, men för Svealand och Norrland förekommer en hel del stationer med tidigare sluttidpunkt än idag. I slutet av seklet är resultatet likt det från HBV-modellen; i norra Sverige syns ingen tydlig klimatsignal och Svealand och Götaland har i genomsnitt 10 dagars senare slut på brandrisksäsongen.



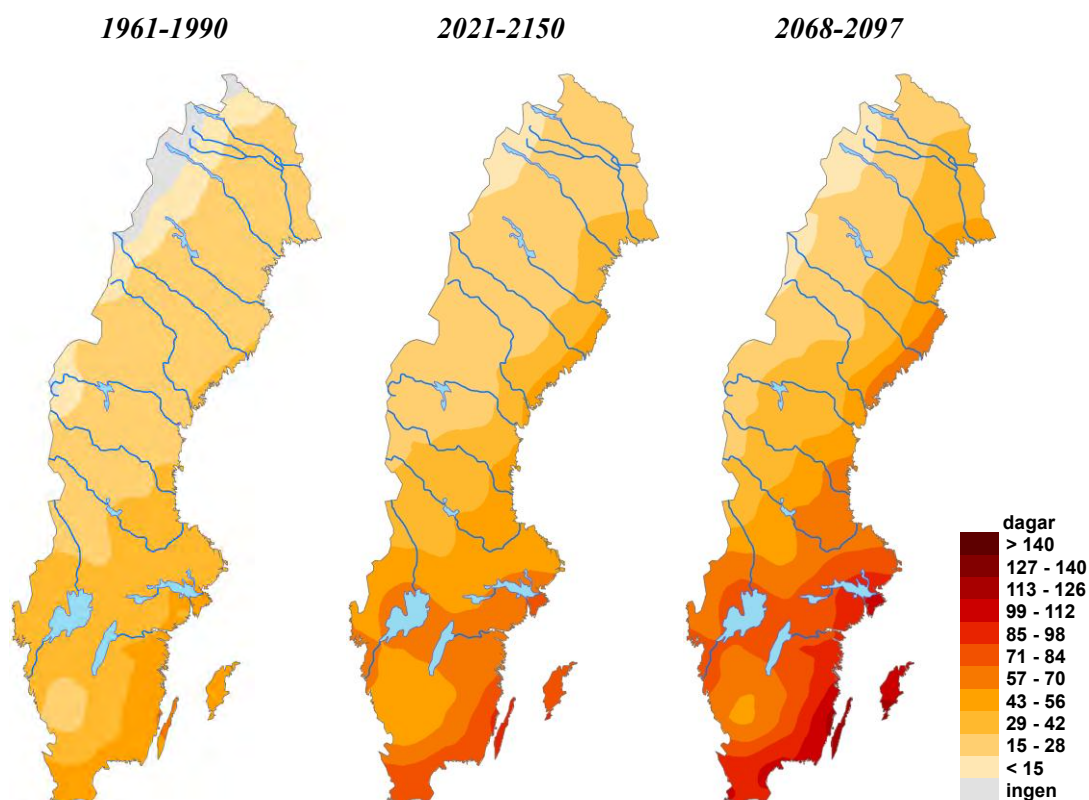
Figur 10. Tidsutveckling av brandrisksäsongens slut med FWI-index 4, 5, eller 6. Varje 30-årsperiod beskriver ett medelvärde av 9 klimatscenarier.



## 4.2 Brandrisksäsongens längd

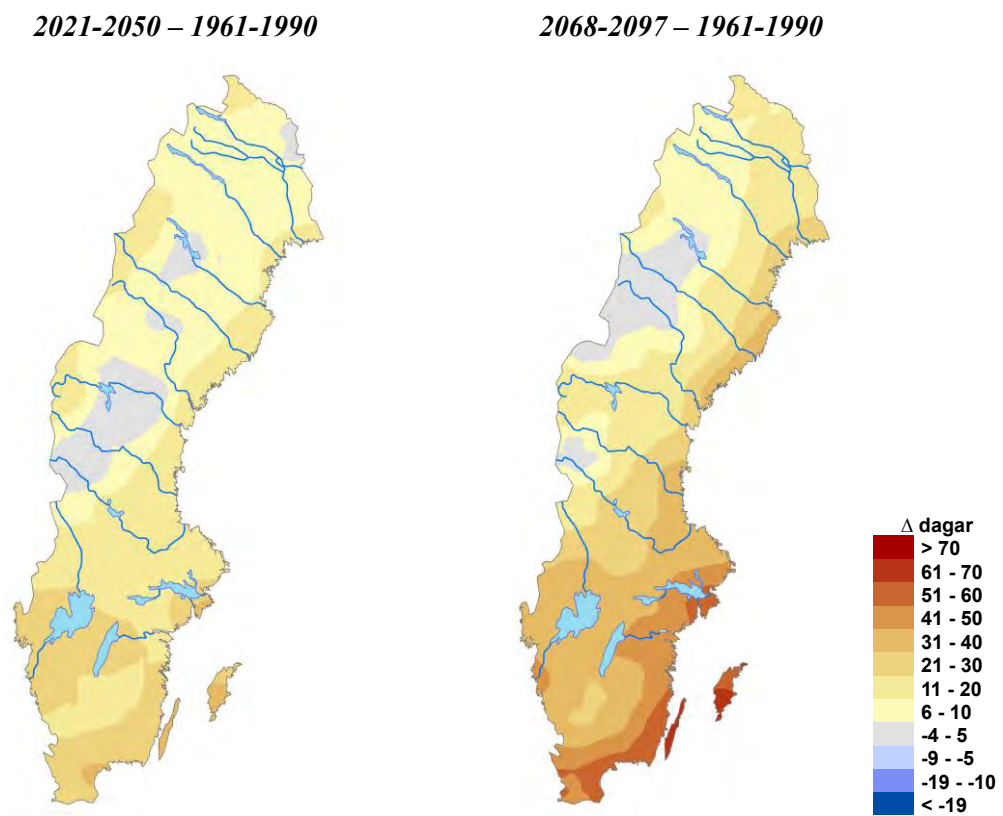
Brandrisksäsongens längd definieras som skillnaden mellan startdatum på den första sammanhängande högriskperioden och slutdatum på den sista sammanhängande högriskperioden varje år.

I Figur 11 visas framtida utveckling av brandrisksäsongens längd med HBVS-index 4, 5 eller 6. I dagens klimat varierar brandrisksäsongens längd geografiskt över landet med längst period längs Östersjökusten, upp till ca 50 dagar, och kortast i fjällerna, endast ett fåtal dagar. Enligt scenarierna kommer detta mönster bestå även i framtiden men perioden förlängs succesivt. I mitten av seklet beräknas hela Götaland, östra Svealand och södra Norrlandskusten ha en brandrisksäsong på ca 60 dagar. På Öland och Gotland kan periodens längd vara upp till 100 dagar. Till slutet av seklet beräknas södra och östra Götaland samt östligaste Svealand nå en brandrisksäsong på ca 100 dagar. På Öland och Gotland möjligen upp till 120 dagar.

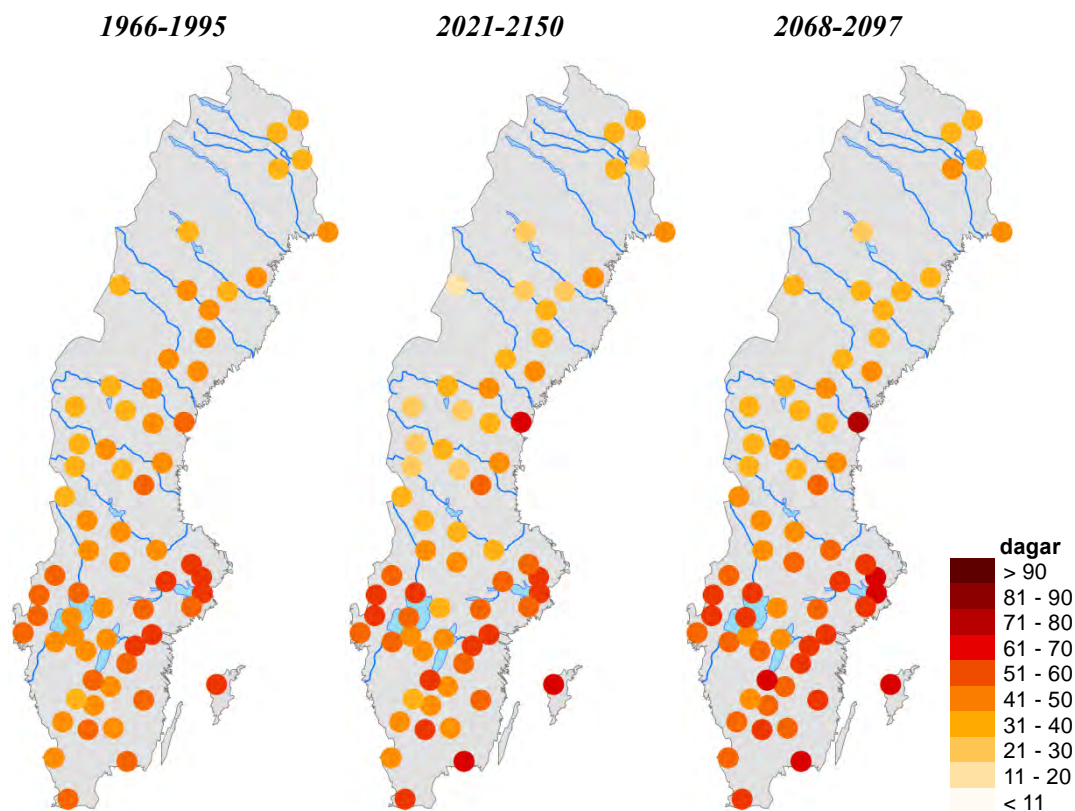


Figur 11. Framtida utveckling av brandrisksäsongens längd med HBVS-index 4, 5 eller 6. Varje 30-årsperiod beskriver ett medelvärde av 6 klimatscenarier.

Figur 12 visar förändringen av brandrisksäsongens längd jämfört med referensperioden 1961-1990. Fram till mitten av seklet sker den största ökningen i Götaland med upp till 30 dagar. Till slutet av seklet är ökningen som störst i Östersjöländskapen med ca 50 dagar, på Öland och Gotland upp till 70 dagar.



Figur 12. Framtida förändring av brandrisksäsongens längd för HBVS-index 4, 5 och 6 jämfört med referensperioden 1961-1990. Den vänstra kartan visar förändringen till mitten av seklet (2021-2050) och den högra till slutet av seklet (2068-2097).

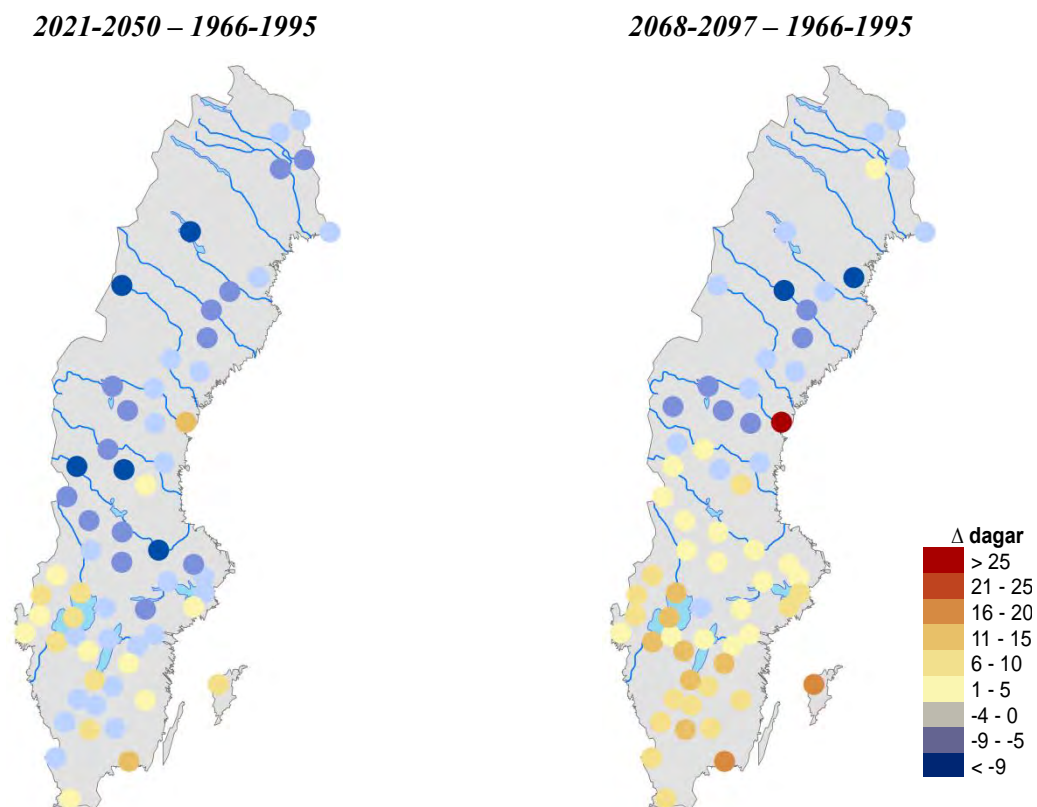


Figur 13. Framtida utveckling av brandrisksäsongens längd med FWI-index 4, 5 eller 6. Varje 30-årsperiod beskriver ett medelvärde av 9 klimatscenarier.

Figur 13 visar tidsutvecklingen av brandrisksäsongens längd enligt FWI-modellen med index 4, 5 eller 6. Under referensperioden är brandrisksäsongen längst i Östergötland, östra Svealand och på Gotland med upp till 60 dagar. Till mitten av seklet har säsongens längd ökat för de flesta stationer i Götaland och sydvästra Svealand medan den har minskat något hos några stationer i Norrland. I slutet av seklet syns ingen tydlig klimatsignal för Norrland förutom Sundsvall som sticker ut lite bland de andra stationerna med upp mot 80 dagar. I södra Sverige får de flesta stationer en längd på ca 60 dagar, de höglänta stationerna har dock något kortare perioder.

Skillnaden mellan framtida perioder och referensperioden för brandrisksäsongens längd beräknad med FWI-modellen visas i Figur 14. Figurerna bekräftar att säsongen förlängs mest i södra Sverige. Fram till mitten av seklet förlängs säsongen i Götaland med ca 1 vecka. Flera stationer i norr visar en förkortning av säsongen. I slutet av seklet har säsongen förlängts med upp mot 2 veckor i Götaland och knappt 1 vecka i Svealand. I Norrland syns ingen tydlig trend. Även i denna figur sticker Sundsvall ut med en ökning på över 25 dagar (jämför med Figur 13).

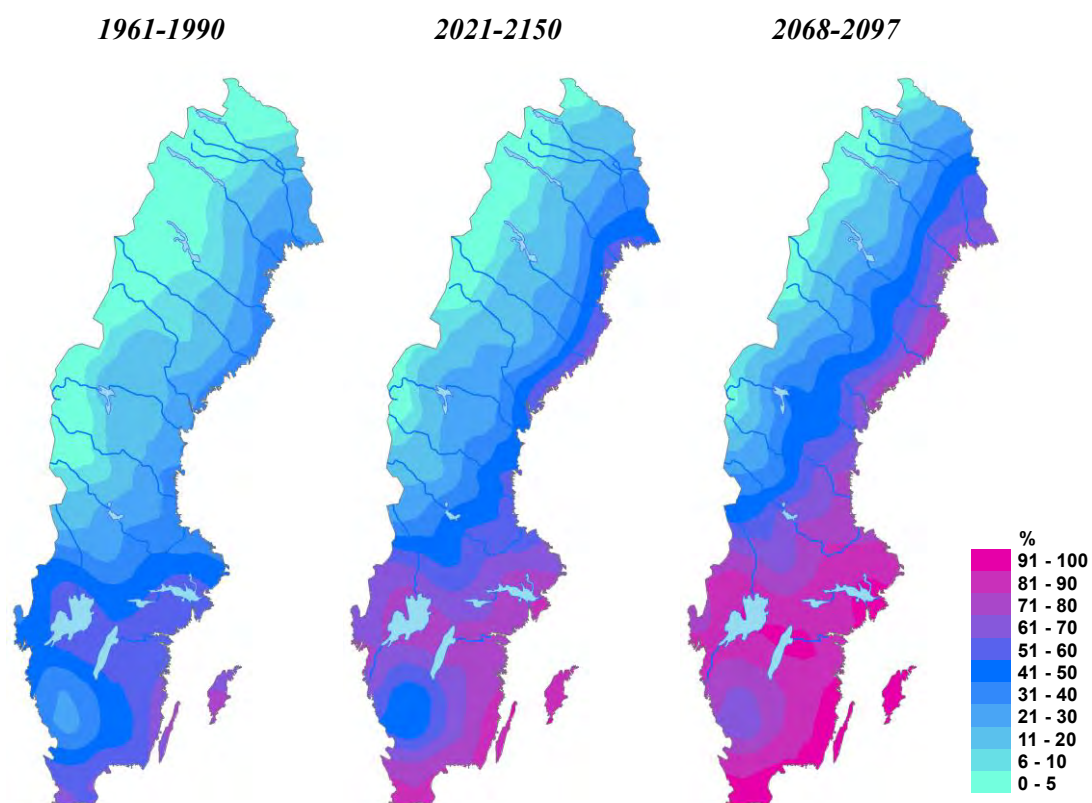
HBV- och FWI resultaten skiljer sig åt när det gäller framtida utveckling av brandrisksäsongens längd. I Östersjölandskapen ökar brandrisksäsongen med ca 50 dagar enligt HBV-modellen och FWI-modellens stationer i samma område ökar med som mest 20 dagar.



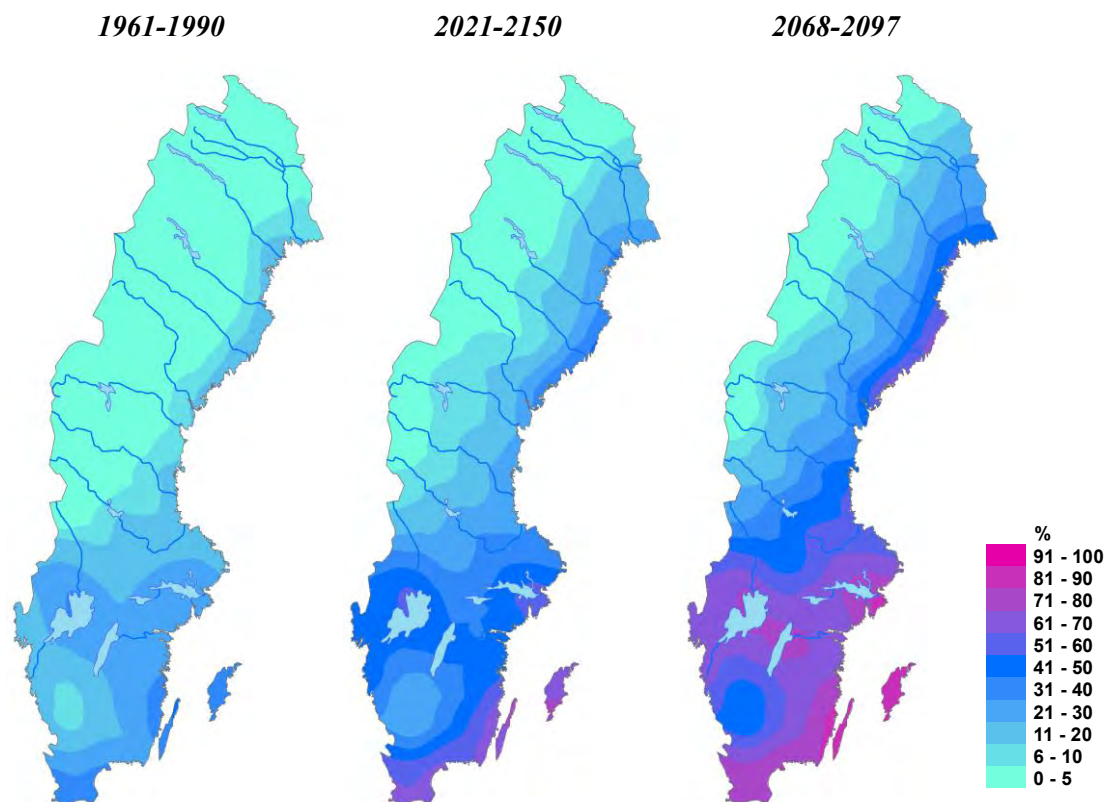
Figur 14. Framtida förändring av brandrisksäsongens längd för FWI-index 4, 5 och 6 jämfört med referensperioden 1961-1990. Den vänstra kartan visar förändringen till mitten av seklet (2021-2050) och den högra till slutet av seklet (2068-2097).

### 4.3 Förekomst av högriskperioder

Figur 15 visar frekvensen av år inom en 30-årsperiod då minst en högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6 har förekommit. Under referensperioden förekommer högriskperioder i genomsnitt vartannat år, eller mer i Götaland och sydligaste Svealand. Längs Östersjökusten förekommer högriskperioder i genomsnitt 2 av 3 år. Förekomsten ökar succesivt mot slutet av seklet och för perioden 2068-2097 pekar klimatscenerierna på att Östersjölandskapen kommer utsättas för högriskperioder varje år.



Figur 15. Frekvens av år då det förekommer minst en högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6. Varje karta beskriver ett medelvärde av 6 klimatscenerier.



*Figur 16. Frekvens av år då det förekommer minst en högriskperiod med HBVS-index 6. Varje karta beskriver ett medelvärde av 6 klimatscenarier.*

Figur 16 visar förekomsten av högriskperioder med HBVS-index 6. Under referensperioden förekommer högriskperioder mindre än vart tionde år i större delen av Norrland. Längs Norrlandskusten och längre söderut förekommer högriskperioder upp till vart tredje år och på Öland och Gotland ungefär vartannat år. I slutet av seklet inträffar högriskperioder ungefär vartannat år längs Norrlandskusten. I Östersjölandskapen samt runt Vänern och Vättern inträffar troligen högriskperioder under 3 av 4 år.

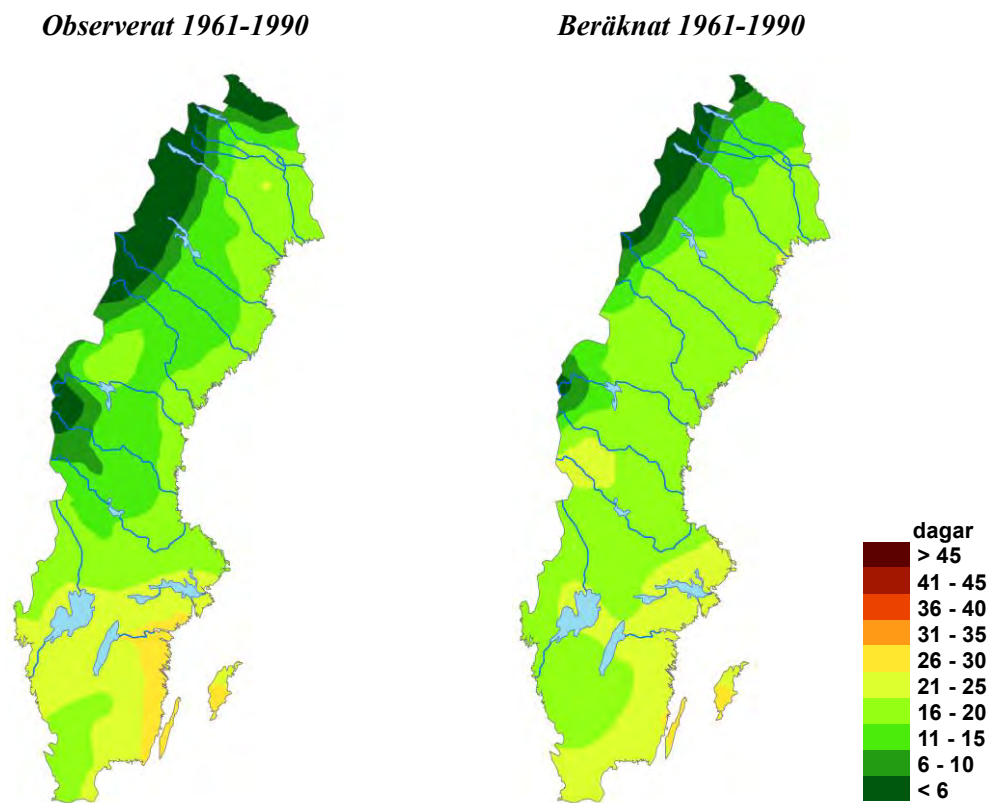
Kartor med förekomsten av högriskperioder beräknat med FWI-modellen finns i Bilaga 9.3. Kartorna visar en ökning av förekomsten av högriskperioder, för index 4, 5 eller 6 med ca 10 % och för index 6 med 10-20 % till slutet av seklet. Ökningen är störst i södra Sverige.

## 4.4 Längsta period med högrisk

Längsta period med högrisk definieras som maximalt antal sammanhängande dagar med högrisk för varje år (se definition i avsnitt 3.5). Två olika svårighetsgrader av högriskperioder har studerats, då brandriskindex motsvarar 4, 5 eller 6 och enbart index 6 (se definition i avsnitt 3.5). Det bör observeras att underlaget för kartorna är medelvärdet av de år då det förekommit högriskperioder, vilket gör att en enstaka lång period kan få stort genomslag.

### 4.4.1 Index 4, 5 eller 6

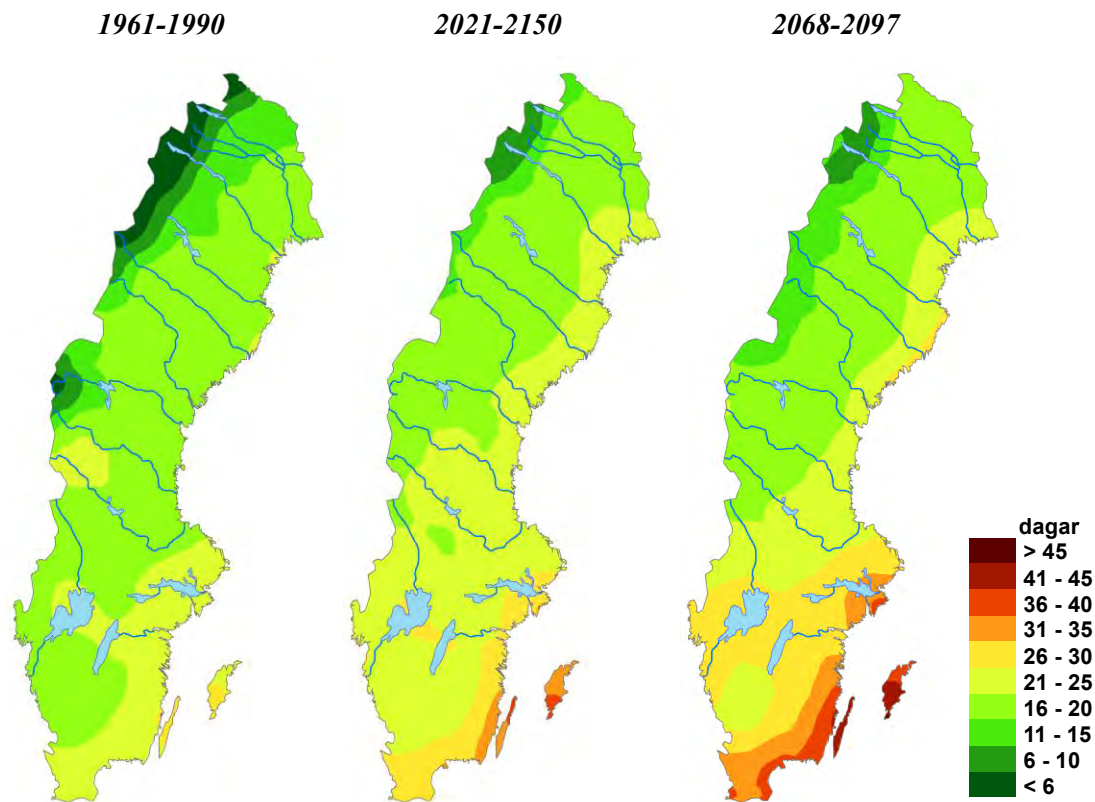
I Figur 17 visas längsta högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6 för observationer och beräknade värden under referensperioden 1961-1990. Kartorna är mycket lika men klimatscenarierna underskattar de längsta högriskperioderna något i Götaland, främst längs Östersjökusten. I Norrland överdriver klimatscenarierna högriskperioderna något, främst i norra Dalarna.



Figur 17. Året längsta högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6 under perioden 1961-1990. Den vänstra kartan visar observerade medelvärden och den högra kartan medelvärden av de 6 klimatscenarierna.

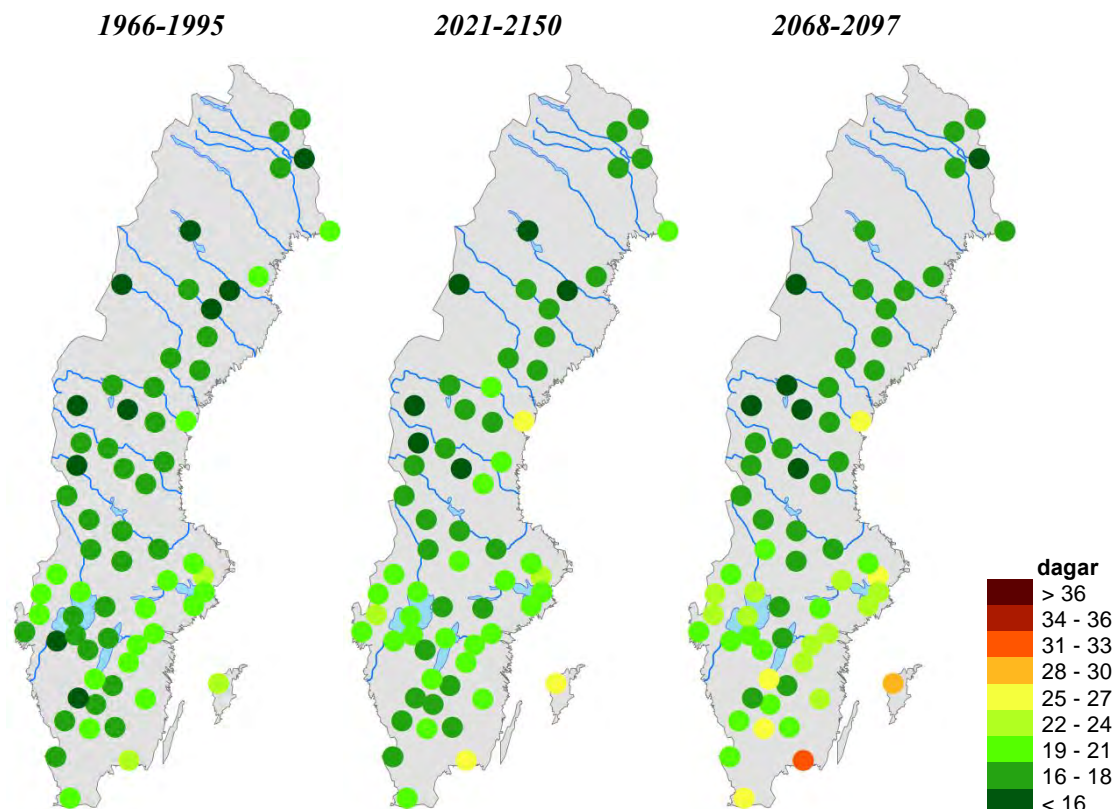
Figur 18 visar framtida utveckling av längsta sammanhängande högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6. I dagens klimat är högriskperioden längst på Öland och Gotland med upp till 30 dagar på ett år. I Östersjölandskapen förekommer högriskperioder på drygt 20 dagar och i övriga landet är perioderna i genomsnitt kortare än 20 dagar.

Vid mitten av seklet är den genomsnittliga högriskperioden över 20 dagar lång i hela Götaland och Svealand och även längs Norrlandskusten. I Östersjölandskapen är högriskperioderna upp till 30 dagar långa. I slutet av seklet är 30-dagars högriskperioder vanligt förekommande i hela Götaland. Längs Östersjökusten förekommer högriskperioder på ca 40 dagar.



*Figur 18. Tidsutveckling av längsta sammanhängande högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6. Varje karta beskriver ett medelvärde av 6 klimatscenarier över 30 år.*





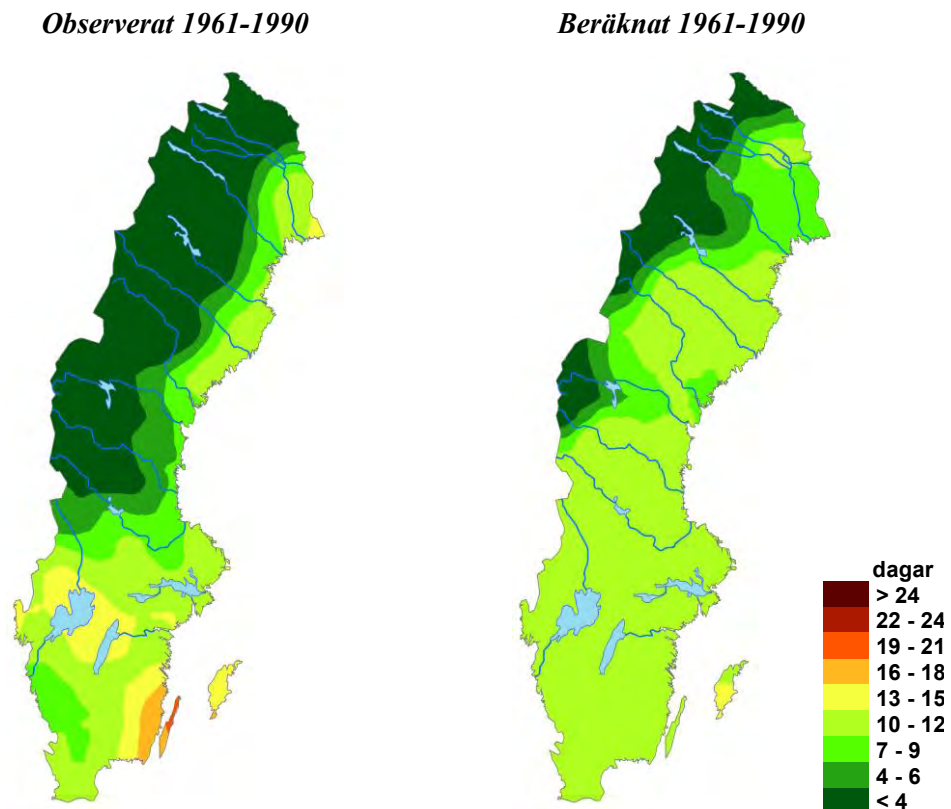
Figur 19. Tidsutveckling av längsta sammanhängande högriskperiod varje år med FWI-index 4, 5 eller 6. Varje karta beskriver ett medelvärde av 9 klimatscenarier över 30 år.

Figur 19 visar längsta högriskperiod med FWI-index 4, 5 eller 6. Genomsnittet för landet är en period på 16-18 dagar, med ett par dagar längre hos några stationer i Götaland och lite kortare i inre Norrland. I slutet av seklet förlängs längsta högriskperiod i Götaland och sydligaste Svealand till drygt 20 dagar. Stationen Ronneby sticker ut med över 30 dagar. I Norrland är klimatsignalen inte lika tydlig men för några stationer förlängs perioden ett par dagar.

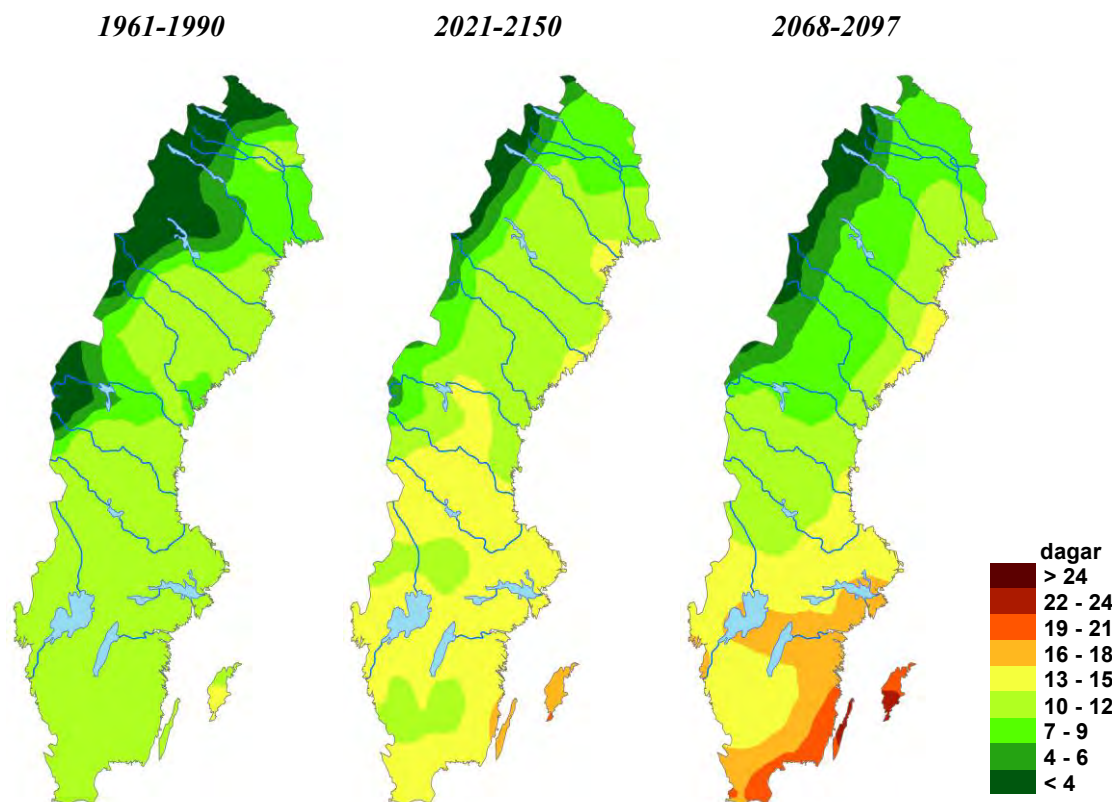
#### 4.4.2 Index 6

I Figur 20 jämförs observerade värden med beräknade värden för längsta högriskperiod med HBVS-index 6. Kartan med de beräknade värdena är korrigerad för att underlätta tolkningen. I Bilaga 9.4 finns den ursprungliga versionen, där ett område med en extrem högriskperiod syns i norra Dalarna, samt ett litet område i mellersta Norrland. Kartorna baseras på data enbart från de tillfällen i klimatscenerierna då det har förekommit högriskperioder. I norra Dalarna och Norrland förekommer mycket sällan högriskperioder (se Figur 15) och områdena är troligtvis baserade på endast ett tillfälle var. Dessa tillfällen bedömdes inte vara representativa för perioden 1961-1990 och retuscherades därför bort i Figur 20 (kartan visas även i Figur 21).

Till stöd för korrigeringen visar kartan med observerade värden i Figur 20 att de genomsnittliga högriskperioderna i norra Dalarna och inre Norrland har varit kortare än 4 dagar. Klimatscenerierna har svårt för att beskriva dessa extrema högriskperioder, de överdriver generellt längden på perioderna i inre Norrland och underskattar de extrema perioderna i sydöstra Götaland. Man bör dock ha i åtanke att kartan med beräknade värden är ett medelvärde av 6 klimatscenerier som troligen slätar ut extrema signaler.



Figur 20. Året längsta högriskperiod med HBVS-index 6 under perioden 1961-1990. Den vänstra kartan visar observerade medelvärden och den högra kartan medelvärden av de 6 klimatscenerierna.



Figur 21. Tidsutveckling av längsta sammanhängande högriskperiod varje år med HBVS-index 6. Varje karta beskriver ett medelvärde av 6 klimatscenarier över 30 år.<sup>1</sup>

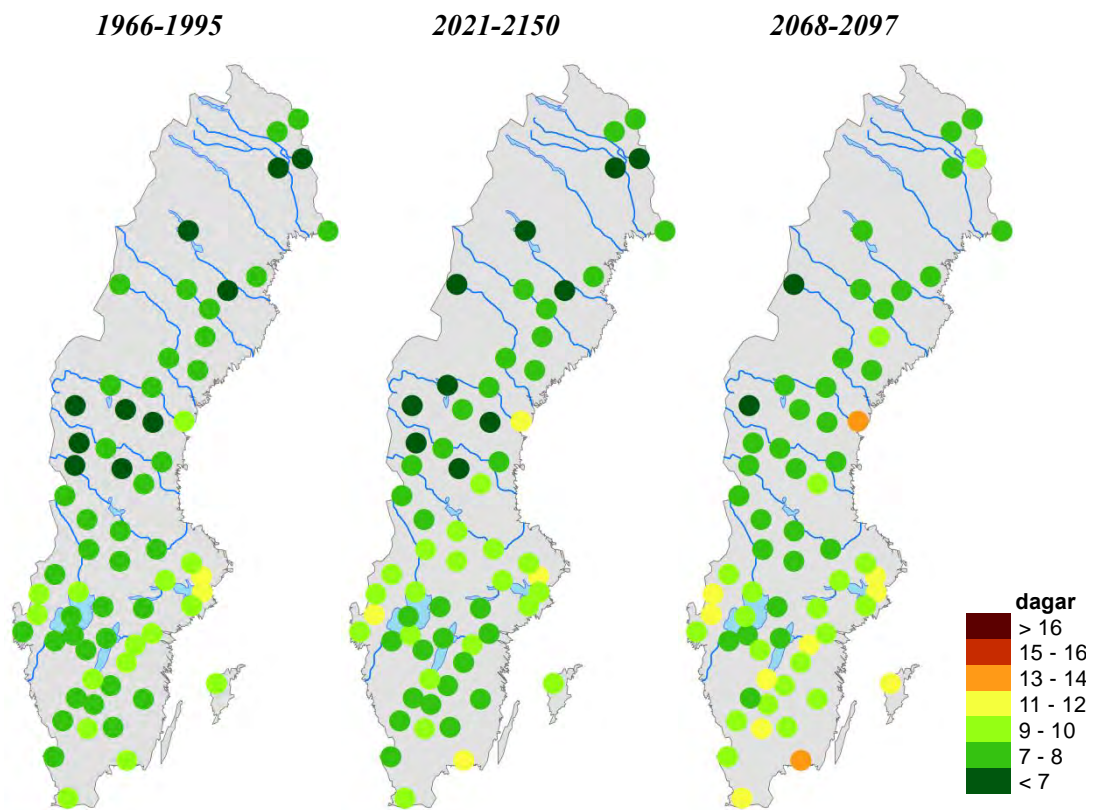
Figur 21 beskriver framtida utveckling av längsta sammanhängande högriskperiod med HBVS-index 6. Under referensperioden är den genomsnittligt längsta högriskperioden med HBVS-index 6 varje år mellan 10 och 12 dagar. På Öland och Gotland är perioden ett par dagar längre och i fjällen är den kortare. Till mitten av seklet förlängs perioden i större delen av landet med 2-3 dagar. På Gotland förekommer högriskperioder på upp till ca 18 dagar.

I slutet av seklet förlängs högriskperioden i framförallt Östersjölandskapen, här förekommer perioder på i genomsnitt 20 dagar. Osäkerheten är dock stor i dessa kartor då klimatscenarierna inte beskriver dagens klimat helt korrekt.

I bilagan finns kartor som visar skillnaden mellan dagens och framtidens klimat för HBVS-index 6 (se Bilaga 9.4, Differens längsta period med högrisk, HBVS-index 6). Det bör observeras att kartorna inte är redigerade för den extrema högriskperioden i norra Dalarna, vilken slår igenom kraftigt i figurerna.

<sup>1</sup> Kartan för perioden 1961-1990 är justerad för att underlätta tolkningen. Den ursprungliga versionen finns i Bilaga 9.4.

Figur 22 visar tidsutvecklingen av längsta högriskperiod beräknat med FWI-modellen för index 6. För södra Sverige syns en svag ökning från mindre än 10 dagar till drygt 10 dagar i slutet av seklet. För norra Sverige ökar majoriteten av stationerna från mindre än en veckas högriskperiod till drygt en vecka.



Figur 22. Tidsutveckling av längsta sammanhängande högriskperiod varje år med FWI-index 6. Varje karta beskriver ett medelvärde av 6 klimatscenarier över 30 år.

## 5. Diskussion

### Liksom i den föregående studien ”Scenarier för framtida skogsbrandrisk”

(SMHI 2011-77) ger modellerna HBV och FWI olika resultat. Detta beror på ett antal olika faktorer som beskrivs i den föregående studien. Modellerna drivs av olika indata. Beräkningarna med HBV-modellen baseras på rikstäckande data i ett rutnät men FWI baseras på stationsdata. Beroende på datatillgång används olika referensperioder för de två modellerna. Modellerna har också olika krav på indata, HBV använder temperatur och nederbörd medan FWI dessutom kräver luftfuktighet och vind. Resultatet av skaleringen av indata till FWI visade att en viss underskattning av brandriskvärdena kvarstår och resultaten från FWI anses därför vara mer osäkra (SMHI 2011-77). Av den anledningen, och att HBV-kartorna har en bättre geografisk täckning, har det största fokuset i studien lagts på resultaten från HBV-modellen.

Det är mycket svårt att jämföra de två modellerna när det gäller längden på sammanhängande högriskperioder eftersom resultaten är svårtolkade och eventuellt missvisade för FWI-index. Detta beror på att definitionen av högriskperioder först gjordes för HBV-modellen och applicerades sedan på FWI-modellen. FWI-modellen kan dock variera mycket snabbare från låga till höga brandrisknivåer, vilket betyder att högriskperioderna kan bli kortare med FWI-modellen. En anpassning av definitionen av högriskperioder speciellt för FWI-modellen skulle troligen minska osäkerheterna. En sådan anpassning ingick dock inte i uppdraget.

Stationerna Sundsvall och Ronneby sticker ut i analyserna baserade på FWI-modellen med extrema högriskperioder och lång brandrisksäsong. Detta beror, som tidigare påpekats, på att stationerna ligger vid kusten och signalen de får är influerade av gridrutor som i den regionala klimatmodellen definieras som hav. Detta orsakar en starkare uppvärmning i de kustnära stationerna och därmed också längre högriskperioder. Resultaten från stationerna Sundsvall och Ronneby är därför troligtvis överdrivna och mycket osäkra.

Brandriskmodellerna har, då de drivs med klimatscenedata, svårt att fullt ut beskriva den variabilitet i brandriskvärden som erhålls då modellerna drivs med observerade indata (se Figur 20). Detta är vanligt förekommande då modeller drivs med modellerade indata eftersom modeller generellt har svårt att till fullo beskriva fenomen som exempelvis blockeringar av vädersystem.

I studien har frekvensen av år med högriskperioder analyserats och resultaten pekar på att frekvensen ökar i ett framtida klimat. Även antalet perioder med högrisk kan med stor säkerhet antas öka, även om det inte i detalj har studerats. Detta antagande baseras på dels den ökade frekvensen och dels på ökningen av det genomsnittliga brandriskvärdet, som visades av Gardelin (2011).

## 6. Slutsatser

När ett framtida klimat studeras är osäkerheterna alltid stora. Osäkerheterna införs redan vid antagandet om de olika utsläppscenarierna och i beräkningarna med de globala och regionala klimatmodellerna. En bild av osäkerheterna i den här studien ges av de percentilmått som redovisas i bilagan. Genom att två olika brandriskmodeller har använts i studien har spridningen i resultaten till viss del speglat osäkerheter som beror av begränsningar i brandriskmodellerna. Beräkningarna i denna studie avser generell brandrisk i skog och mark och tar inte hänsyn till skogsmarkens verkliga utbredning, varken i dagens förhållanden eller i ett framtida klimat. På grund av osäkerhetsfaktorerna är det viktigt att inte uttolka detaljer i den geografiska utbredningen eller för enskilda stationer. Resultaten bör användas för att beskriva övergripande förväntade förändringar av brandrisken i ett framtida klimat.

Följande huvudsakliga slutsatser kan dras från analyserna:

- Framtida perioder med hög brandrisk kommer att vara vanligast förekommande i de områden som redan i dagens klimat är mest utsatta för brandrisk, framförallt i Östersjölandskapen
- Öland och Gotland uppvisar de mest extrema brandriskförhållandena i ett framtida klimat
- Starten på brandrisksäsongen i Östersjölandskapen tidigareläggs med ca 40 dagar till slutet av seklet
- För södra Sverige senareläggs slutet på brandrisksäsongen med ca 10 dagar
- Brandrisksäsongens längd ökar i södra Sverige med ca 50 dagar, i norra Sverige är ökningen 10-30 dagar
- Frekvensen av högriskperioder ökar i hela Sverige, i Östersjölandskapen pekar scenarierna på att högriskperioder förekommer varje år i slutet av seklet
- Längden på högriskperioderna ökar och i slutet av seklet är genomsnittliga perioder på 30 dagar vanligt förekommande i hela Götaland

## 7. Slutord

Det redovisade arbetet i denna rapport är slutresultat från den tredje etappen av klimatanalyser för framtida skogsbrandrisk. För de två första etapperna ansvarade Marie Gardelin, som sedan sent 90-tal har drivit utvecklingen av brandriskberäkningar på SMHI. På grund av sjukdom har Marie inte kunnat delta vid genomförandet av denna avslutande etapp, men har ändå stor del i arbetet genom de två föregående etapperna och planeringen av den avslutande etappen. Författarna vill också rikta ett tack till Jonas Olsson och Wei Yang som bidrog till arbetet i etapp två.

## 8. Referenser

- Andréasson, J., Persson, G., Sjökvist, E., Eklund, D., Asp, M., Olsson, J., Hallberg, K. och Johnell, A. (2011) *Klimatanalys för Jönköpings län*. SMHI-rapport 2011-74.
- Bergström, S. (1995) *The HBV Model*. In: Singh, V.P. (ed.). *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water Resources publications, Highlands Ranch, Colorado, pp. 443-476.
- Gardelin, M. (2001) *Brandriskprognoser med hjälp av en skiktad markfuktighetsmodell - vidareutveckling av HBV-modellen*. FoU-rapport P21-389/01, Räddningsverket, Karlstad.
- Gardelin, M., Andréasson, J., Olsson, J., Sahlberg, J., Stensen, B., och Yang, W. (2011) *Scenarier för framtida skogsbrandrisk*, SMHI-rapport 2011-77.
- IPCC 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Nougier, M., van der Linden, P.J. Dai, X., Maskell, K. and Johnson, C.A.(eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.
- 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 modelling using wind data: a case study in Sweden*. *Climate Research* 29, 53-61.
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. and Bergström, S., 1997. *Development and test of the distributed HBV-96 model*. *Journal of Hydrology* 201, 272-288.
- Nakićenović, N., mfl. (2000), *Special Report on Emissions Scenarios: A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, ISBN 0-521-80081-1, 978-052180081-5.
- Persson, G., Andréasson, J., Eklund, D., Hallberg, K., Nerheim, S., Sjökvist, E., Wern, L. och Åström, S. (2011) *Klimatanalys för Västra Götalands län*. SMHI-rapport 2011-45.
- Stocks, B.J., Lawson, B.D., Alexander, M.E., Van Wagner, C.E., McAlpine, R.S., Lynham, T.J. och Dubé, D.E. (1989) *The Canadian Forest Fire Danger Rating System: An Overview*. *Forestry Chronicle* 65:450-457.
- van Wagner, C.E. (1987) *Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index system*. *Forestry Technical Report 35*, Canadian Forest Service, Ottawa, Canada.
- Yang, W., Andréasson, J., Graham, L.P., Olsson, J., Rosberg, J och Wetterhall, F. (2010) *Distribution based scaling to improve usability of RCM projections for hydrological climate change impacts studies*. *Hydrology Research*, 41.3-4, 211-229.



## 9. Bilaga

### 9.1 Säsongsförskjutning av högriskperioder

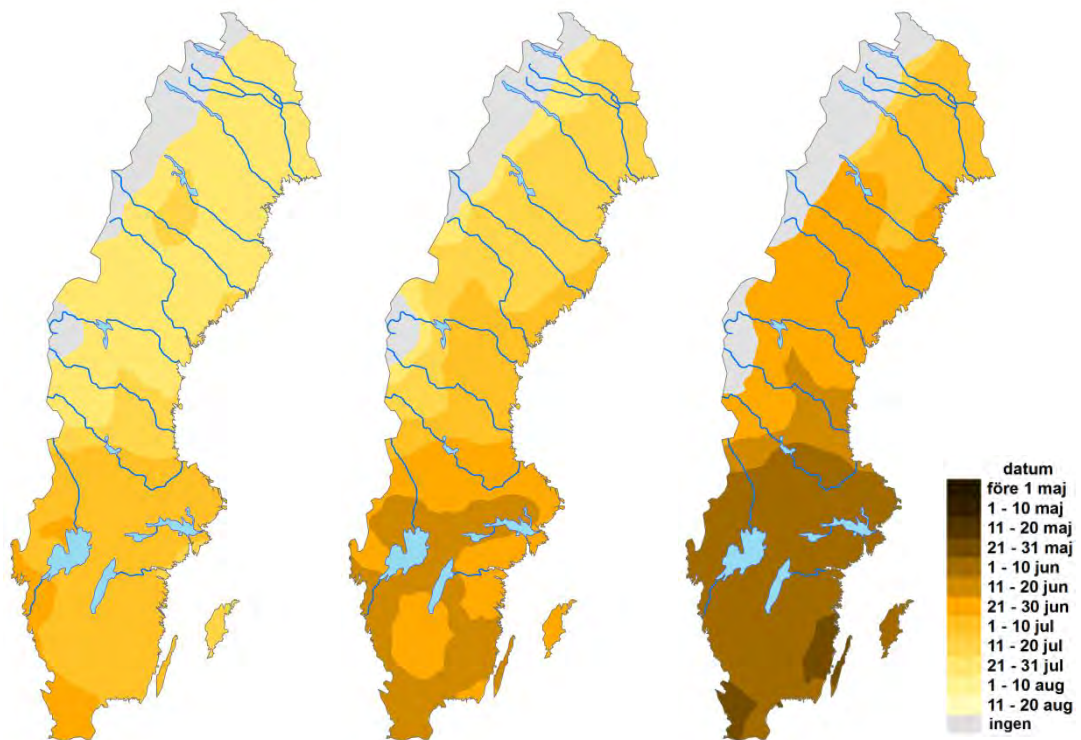
Brandrisksäsongens start, HBVS-index 4, 5 eller 6

*25-percentil*

*Medelvärde*

*75-percentil*

1961-1990



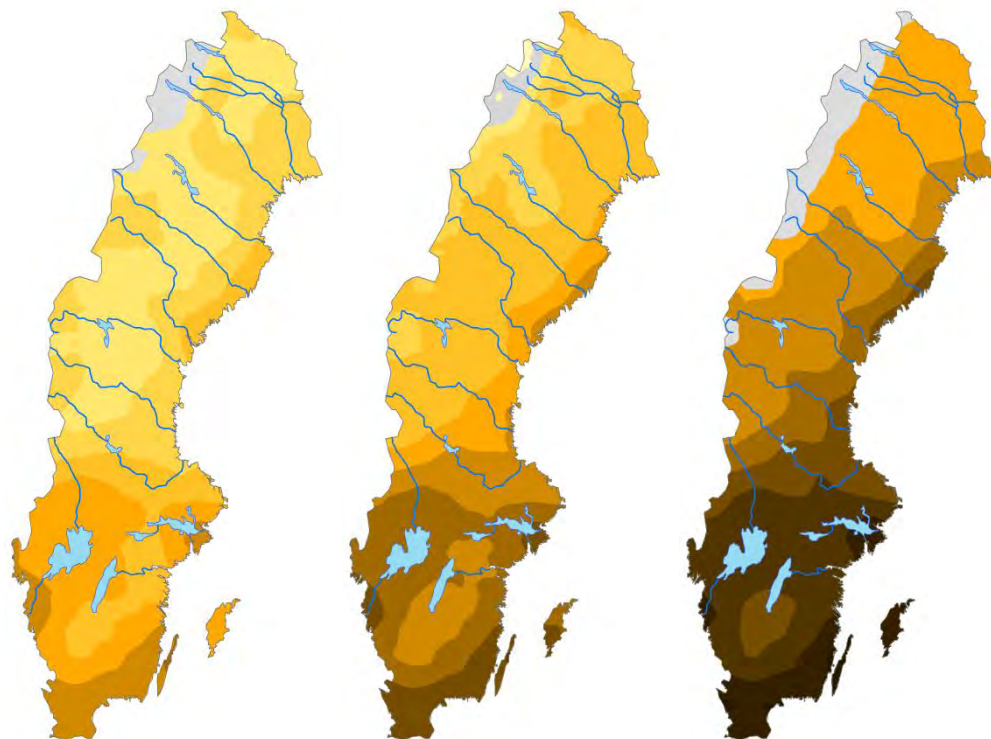
## Brandrisksäsongens start, HBVS-index 4, 5 eller 6

25-percentil

Medelvärde

75-percentil

2021-2050



2068-2097



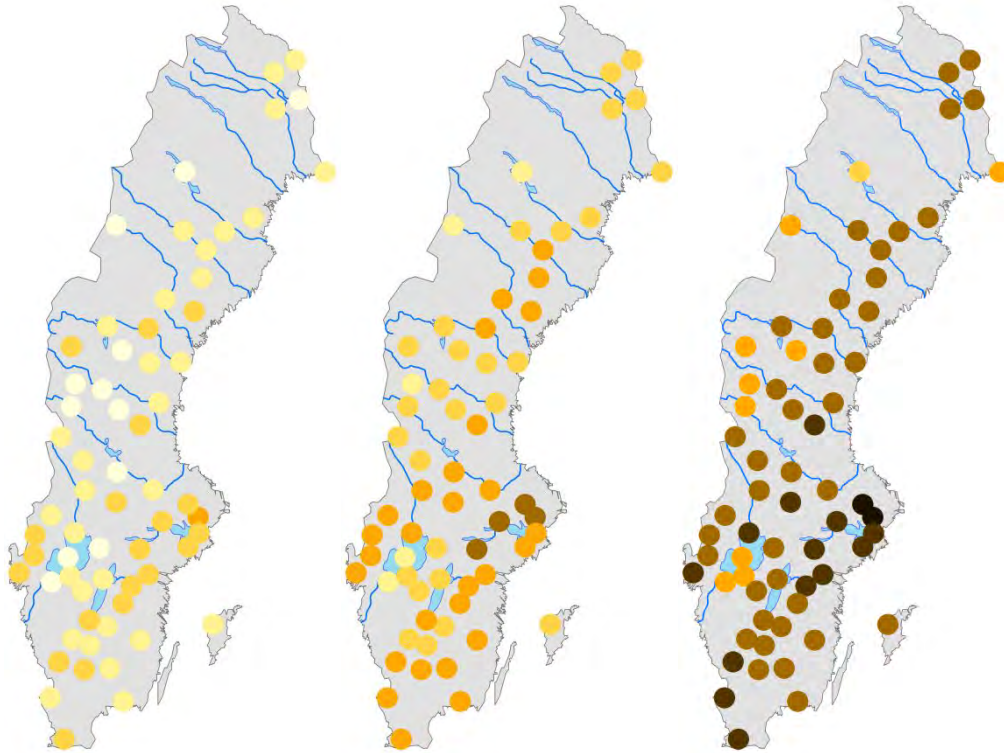
Brandriskssäsongens start, FWI-index 4, 5 eller 6

25-percentil

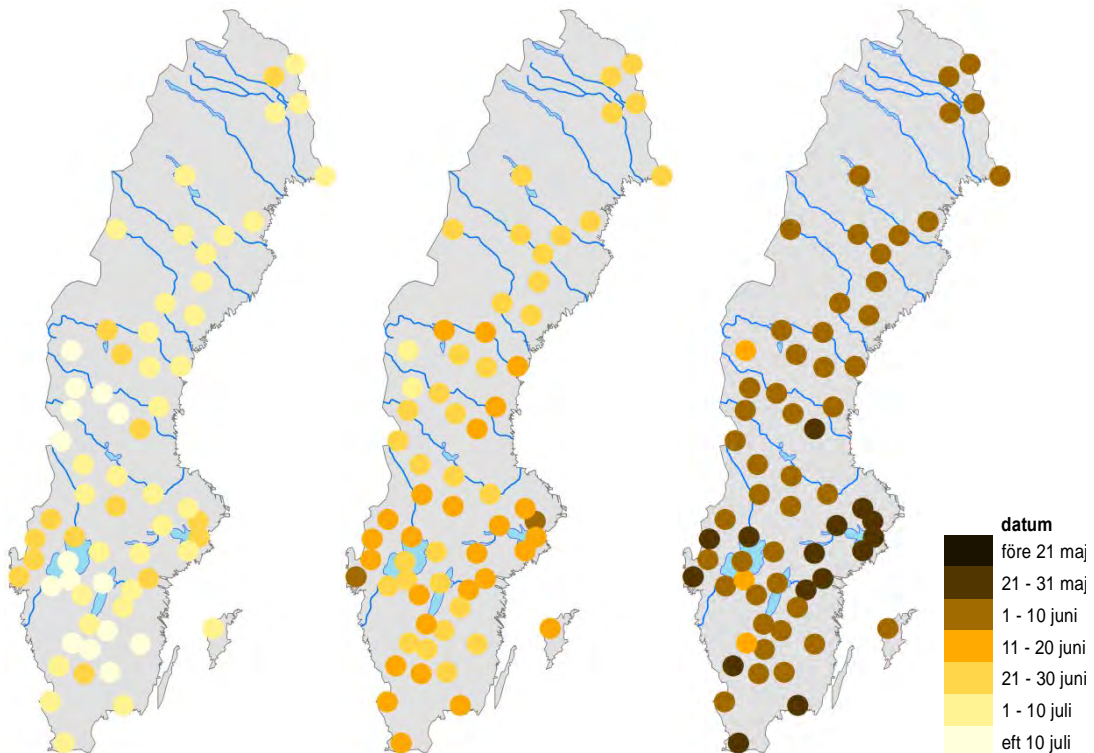
Medelvärde

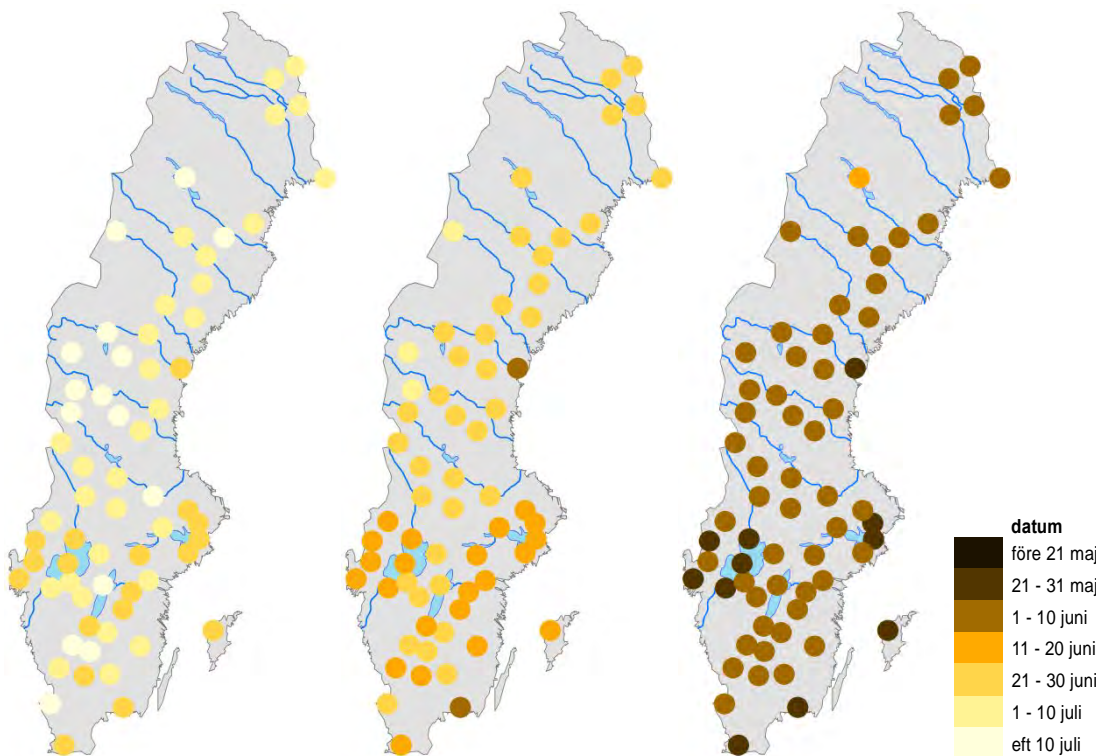
75-percentil

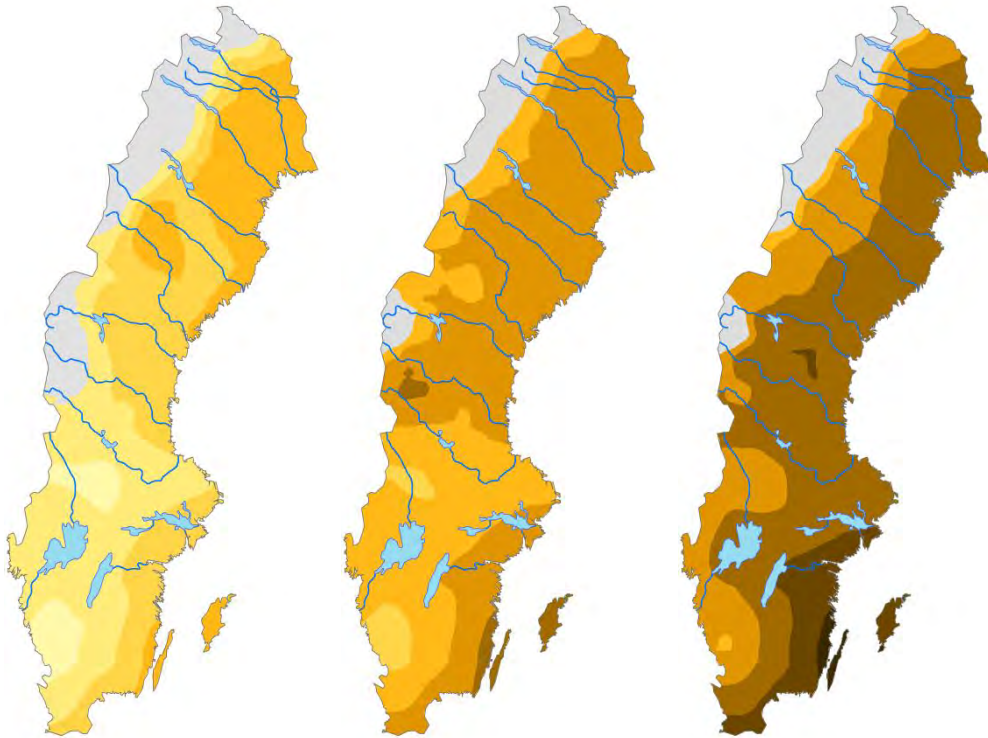
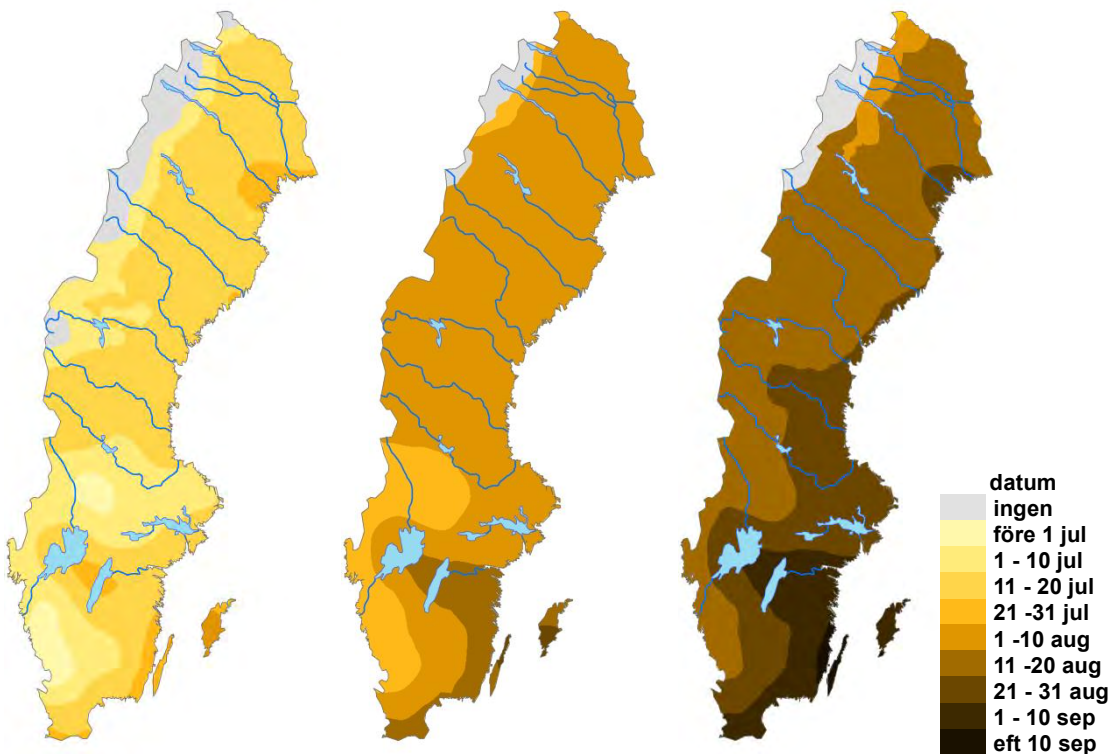
1966-1995



2021-2050



**Brandrisksäsongens start, FWI-index 4, 5 eller 6****25-percentil****Medelvärde****75-percentil****2068-2097**

**Brandrisksäsongens slut, HBVS-index 4, 5 eller 6***25-percentil**Medelvärde**75-percentil**1961-1990**2021-2050*

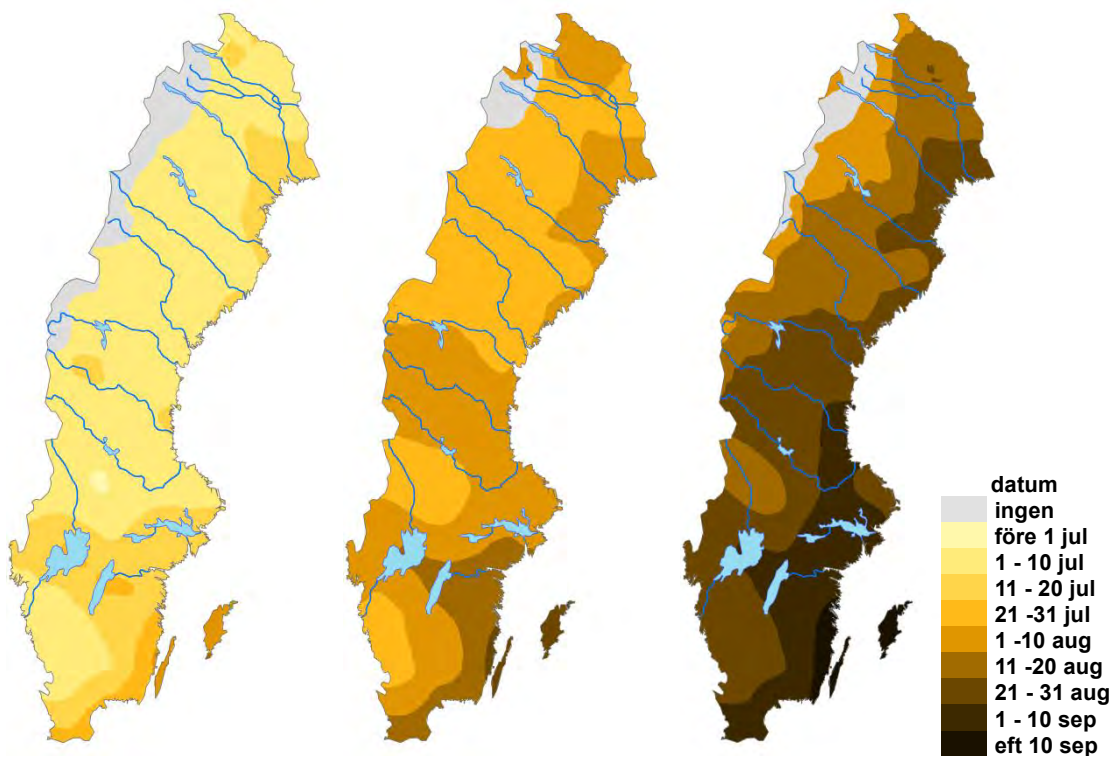
Brandrisksäsongens slut, HBVS-index 4, 5 eller 6

25-percentil

Medelvärde

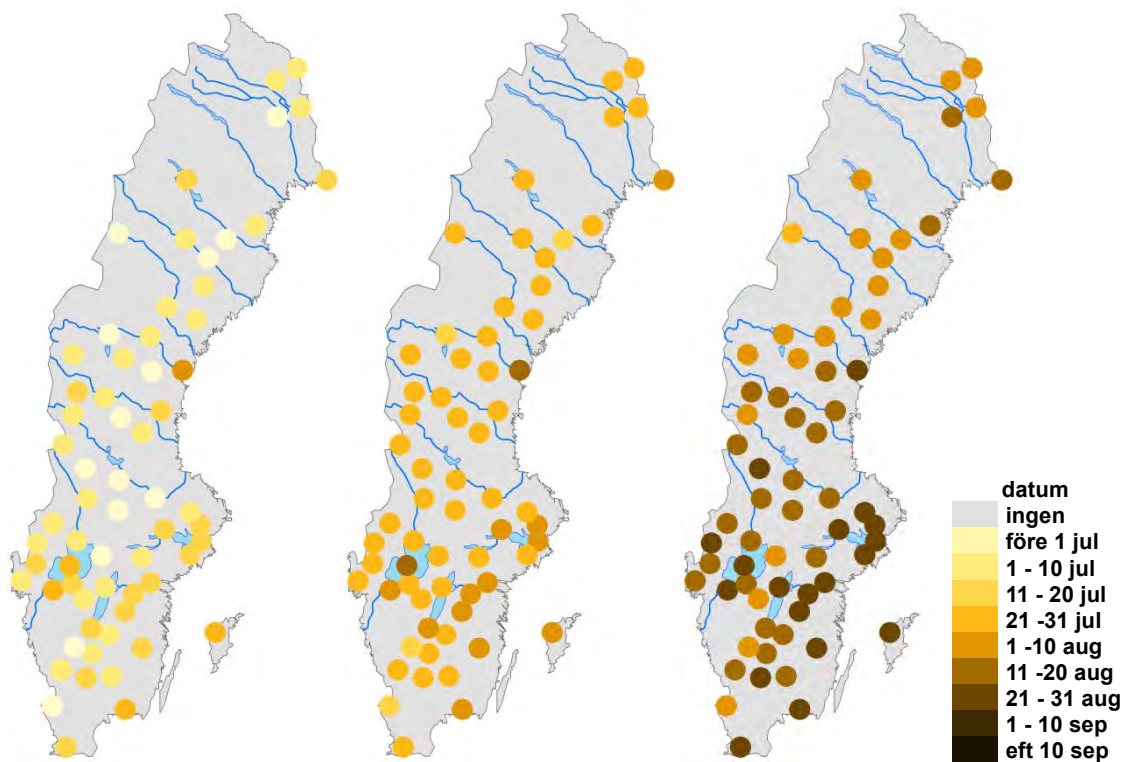
75-percentil

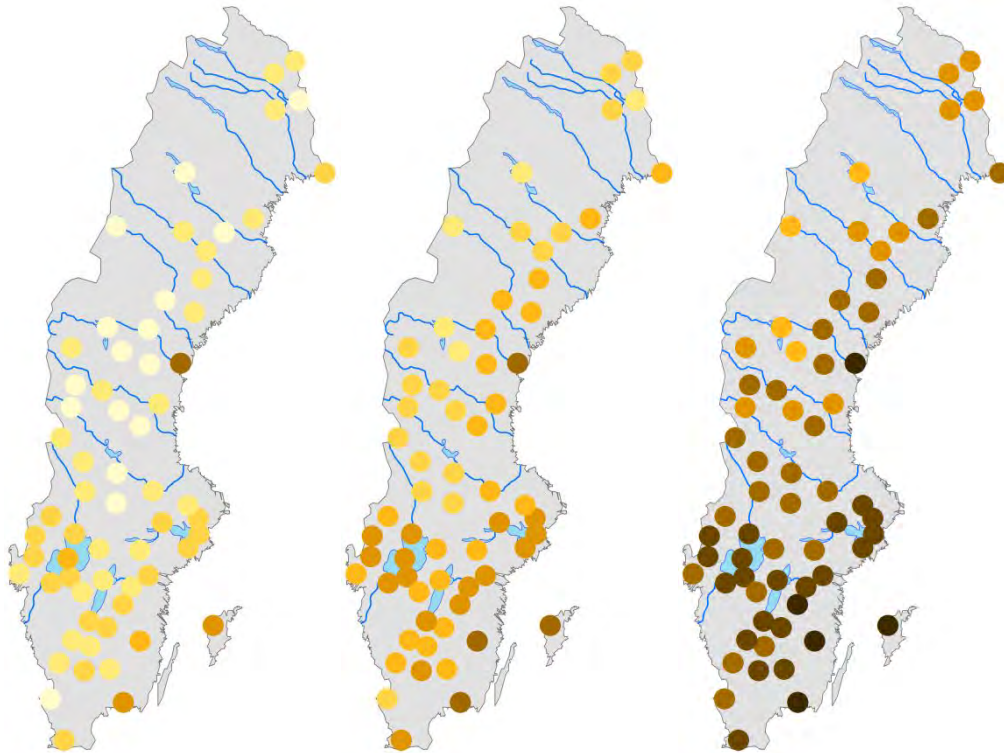
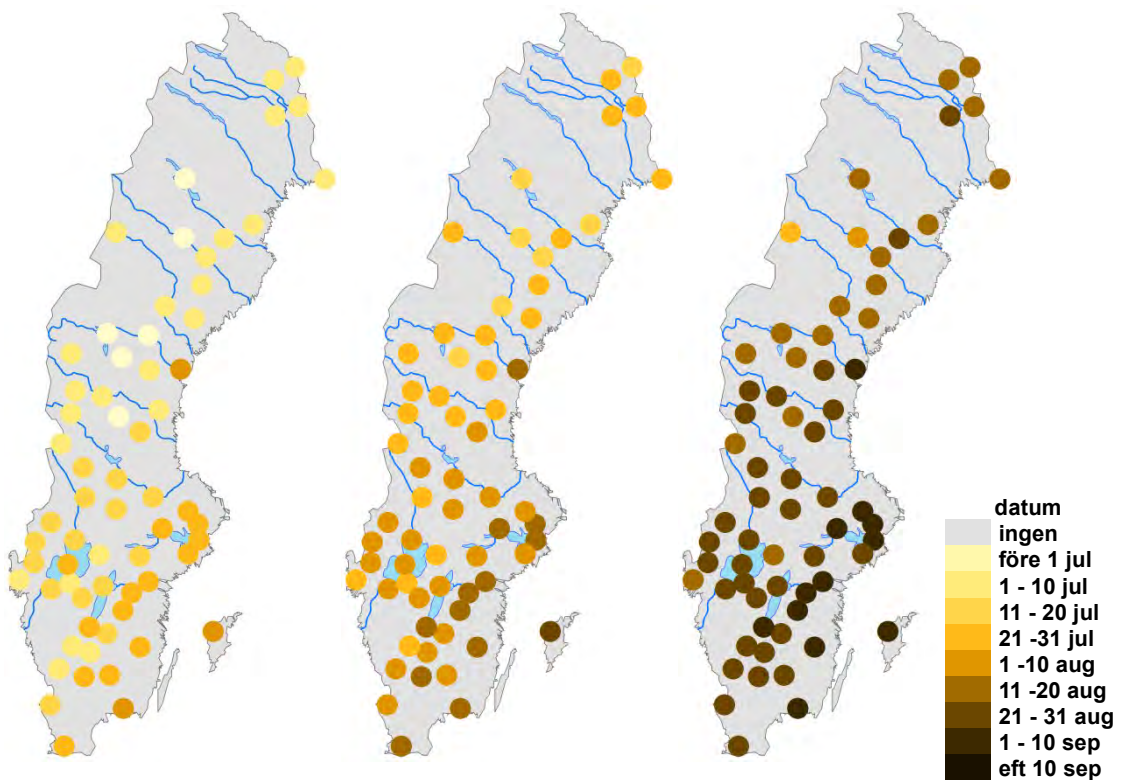
2068-2097



Brandrisksäsongens slut, FWI-index 4, 5 eller 6

1966-1995



**Brandrisksäsongens slut, FWI-index 4, 5 eller 6****25-percentil****Medelvärde****75-percentil****2021-2050****2068-2097**

## 9.2 Brandrisksäsongens längd

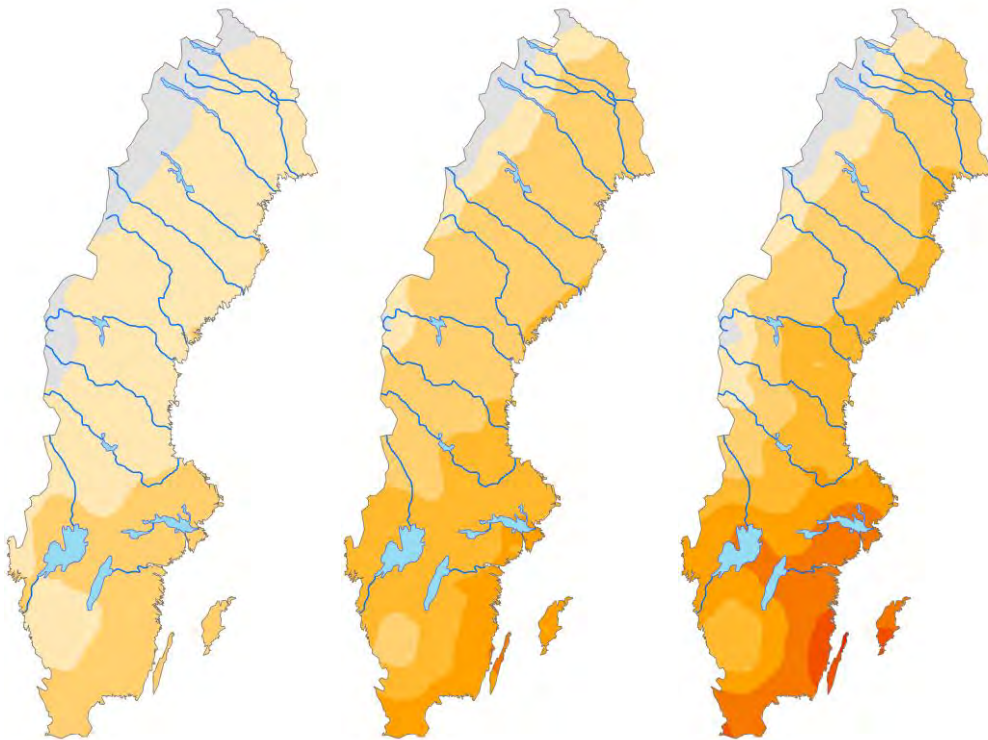
HBVS-index 4, 5 eller 6

25-percentil

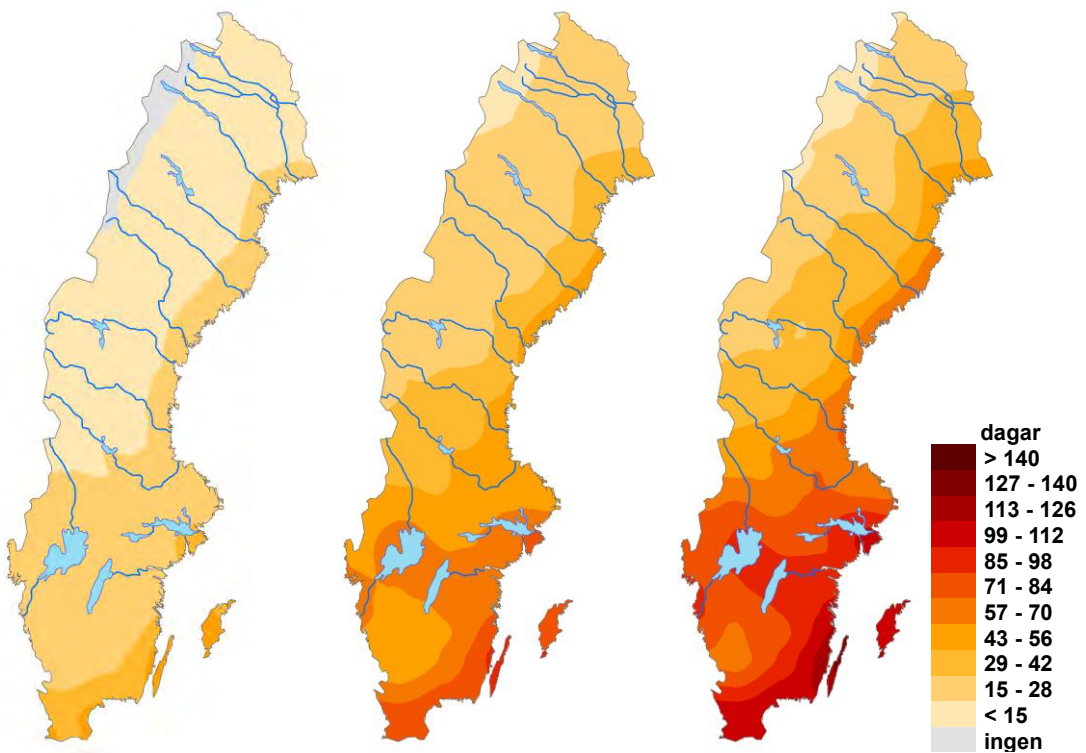
Medelvärde

75-percentil

1961-1990



2021-2050





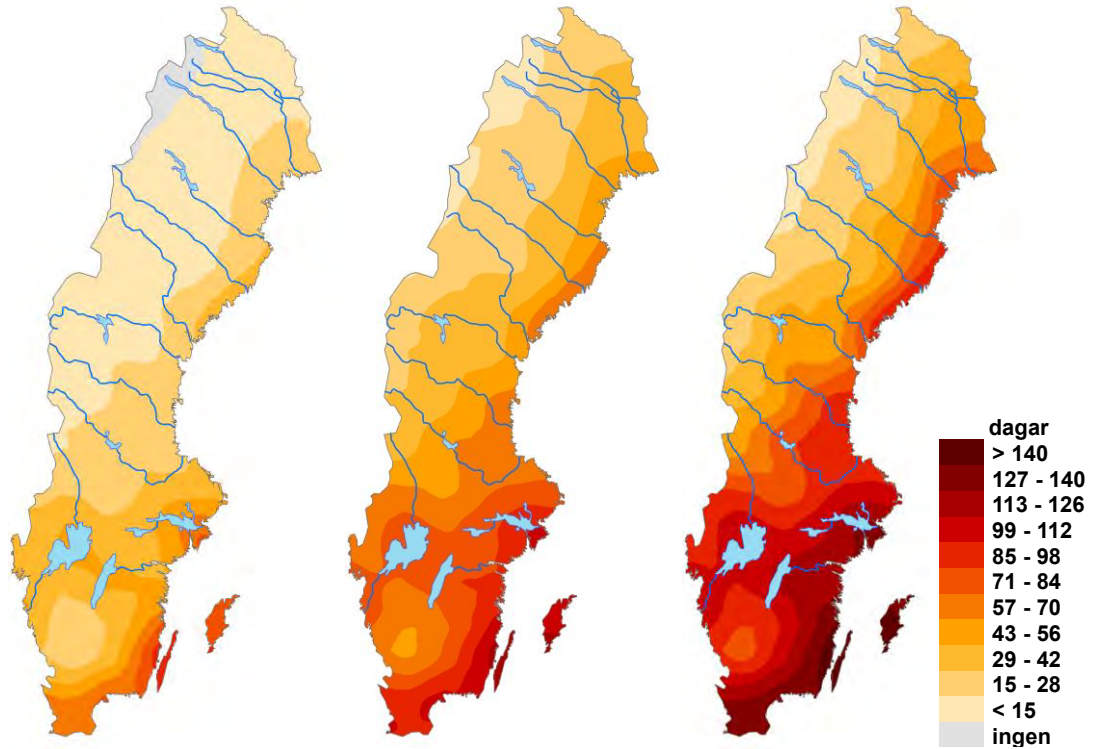
**Brandrisksäsongens längd, HBVS-index 4, 5 eller 6**

*25-percentil*

*Medelvärde*

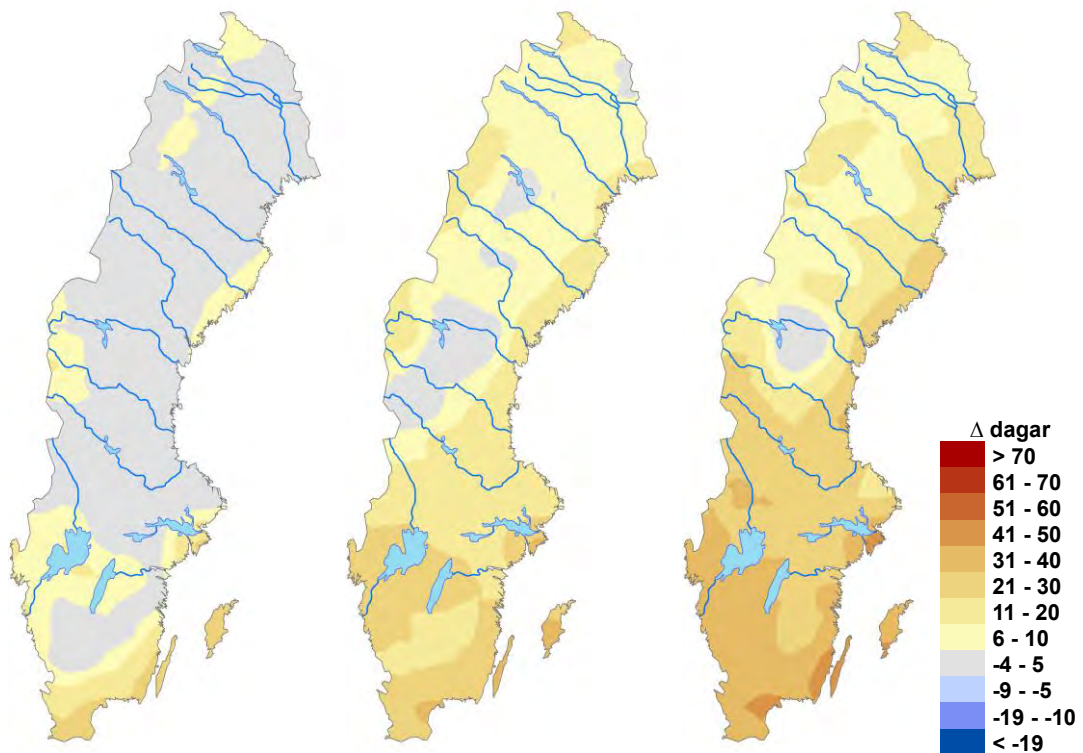
*75-percentil*

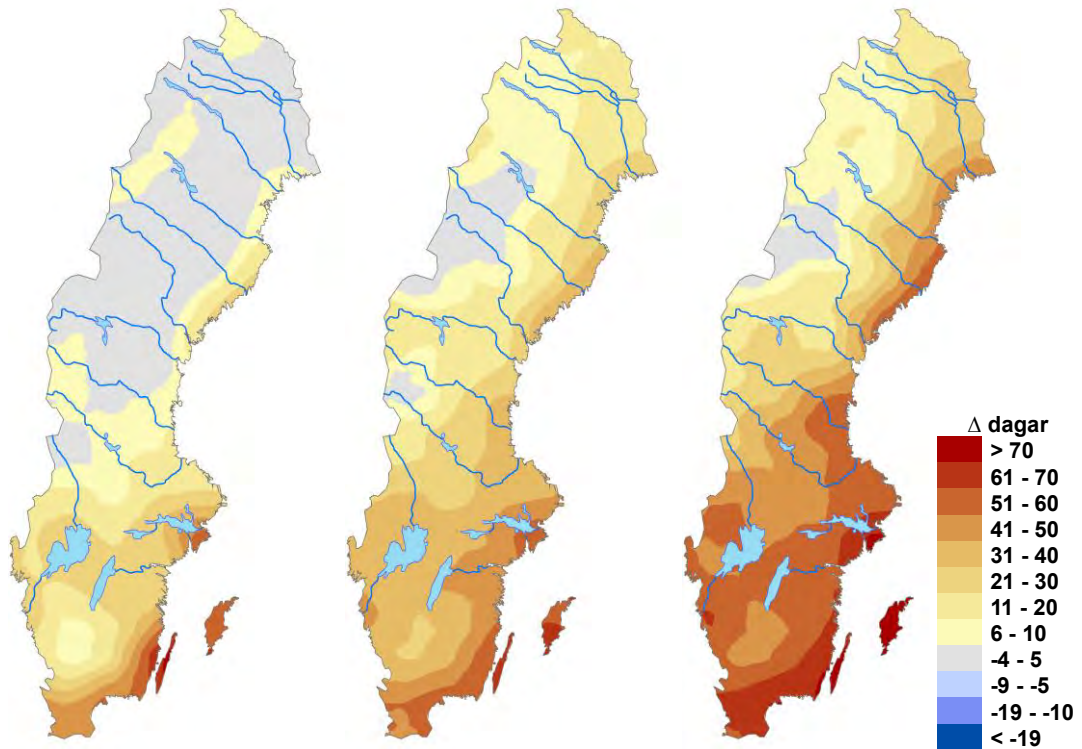
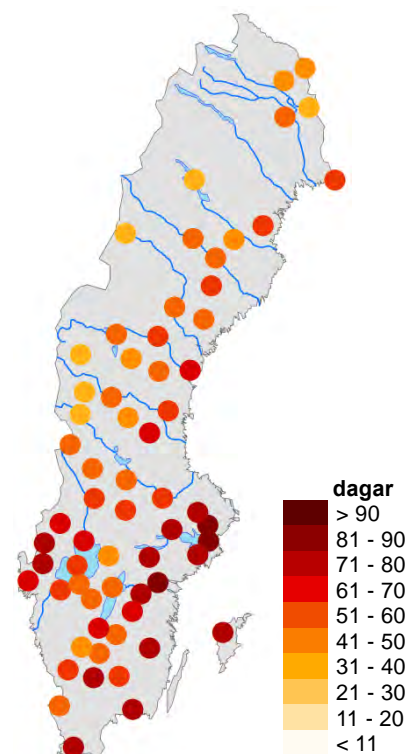
2068-2097

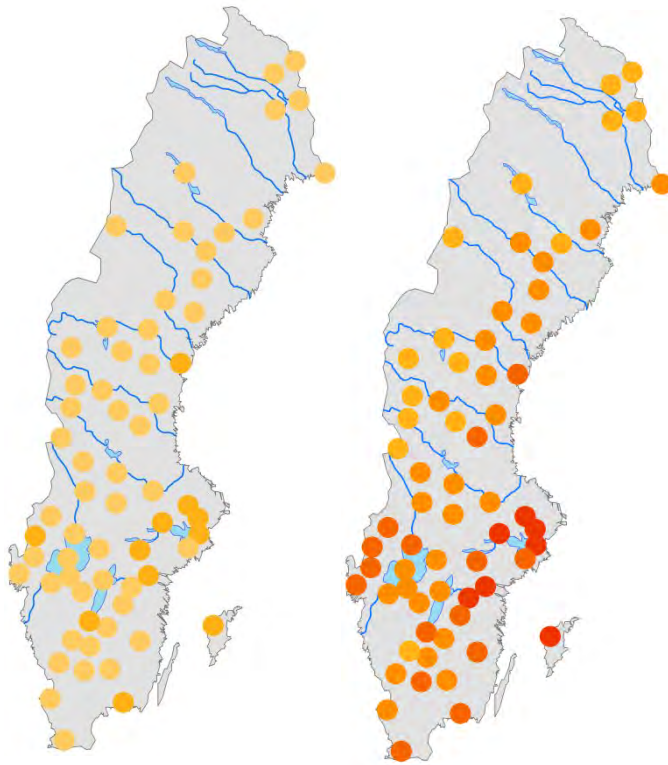


**Differens Brandrisksäsongens längd , HBVS-index 4, 5 eller 6**

2021-2050 - 1961-1990



**Differens Brandrisksäsongens längd , HBVS-index 4, 5 eller 6***25-percentil**Medelvärde**75-percentil***2068-2097 – 1961-1990****Brandrisksäsongens längd , FWI-index 4, 5 eller 6****1966-1995**



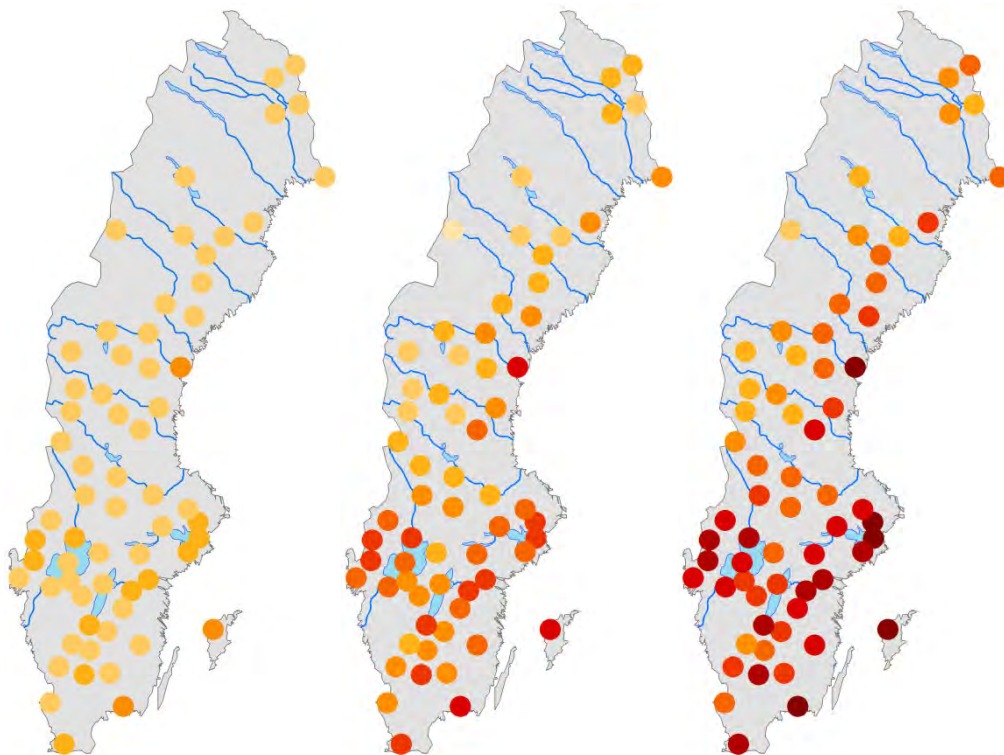
*Brandrisksäsongens längd, FWI-index 4, 5 eller 6*

*25-percentil*

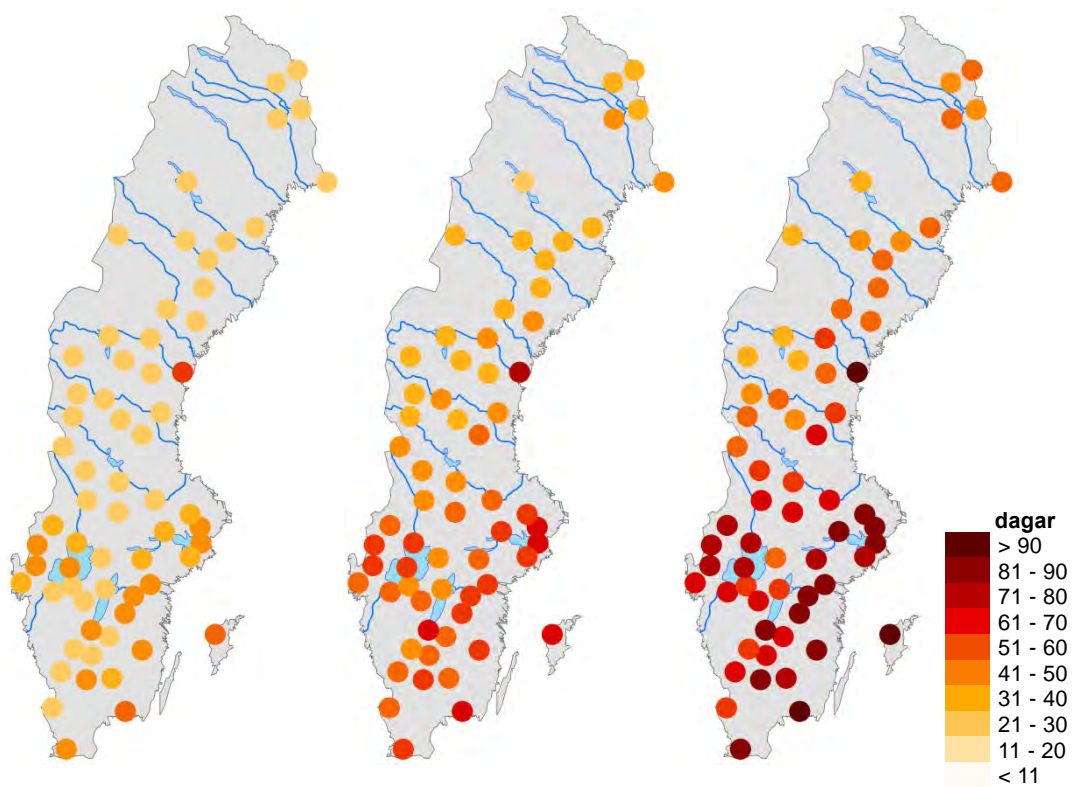
*Medelvärde*

*75-percentil*

*2021-2050*



*2068-2097*



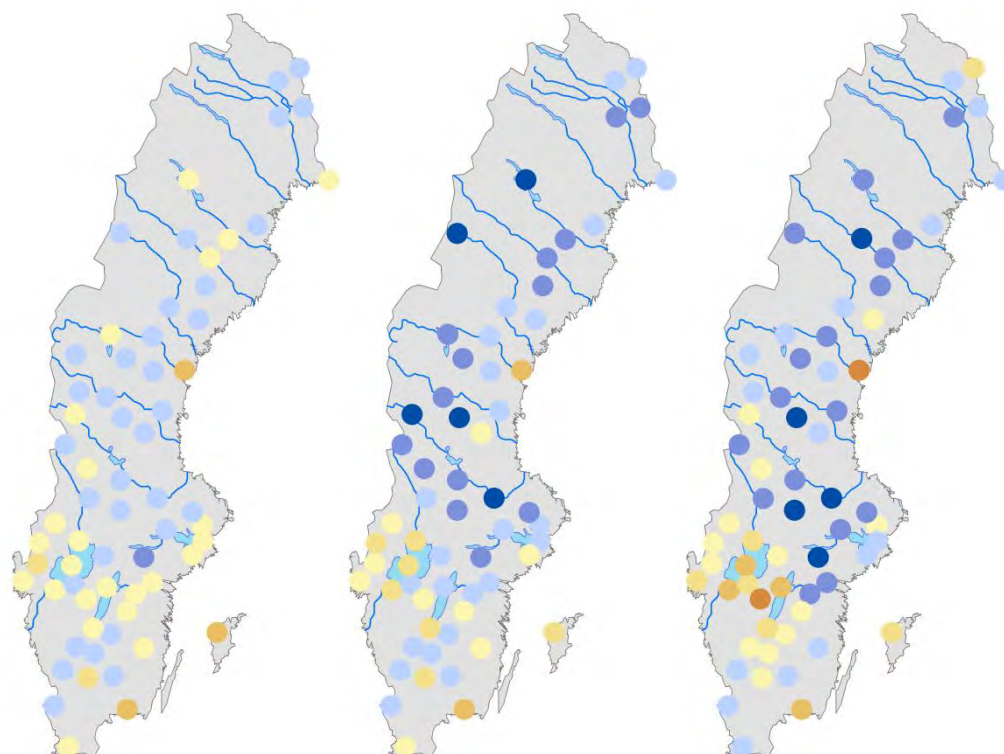
Differens Brandrisksäsongens längd, FWI-index 4, 5 eller 6

*25-percentil*

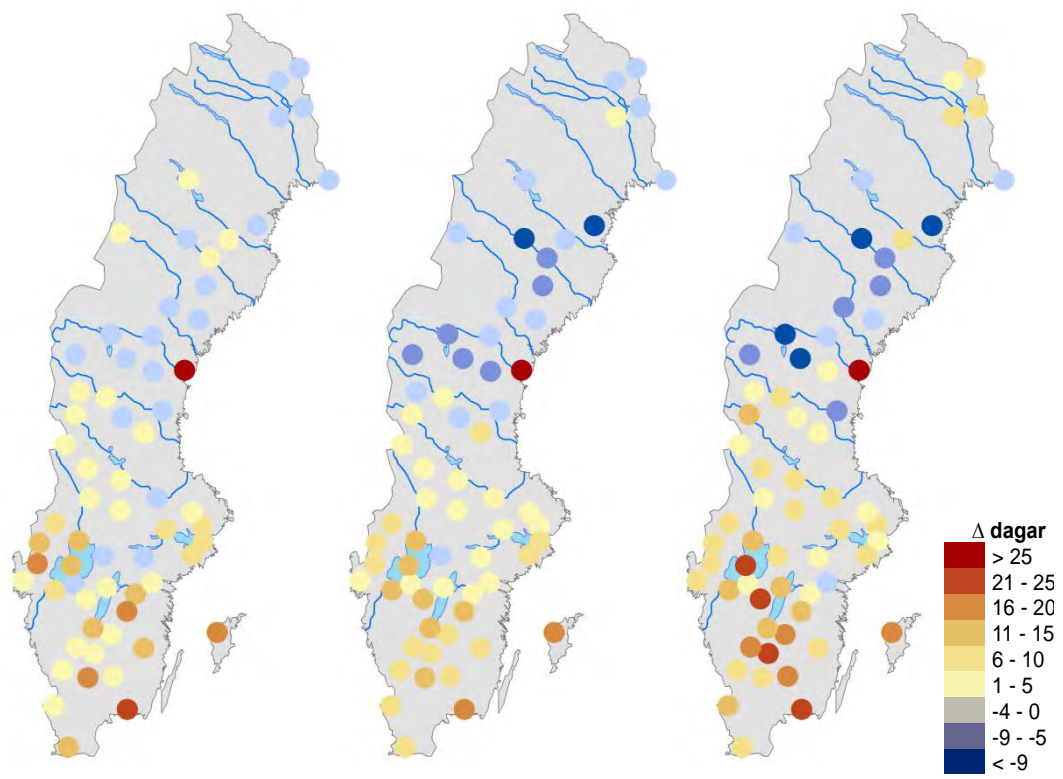
*Medelvärde*

*75-percentil*

*2021-2050 - 1966-1995*



*2068-2097 - 1966-1995*



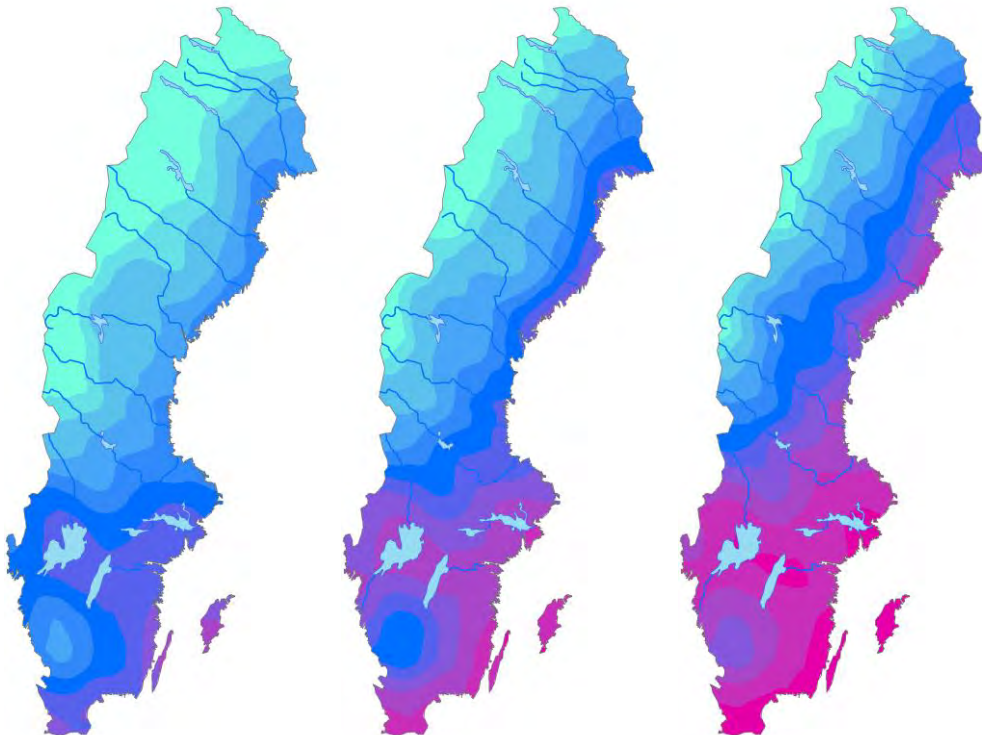
### 9.3 Förekomst av högriskperioder

Frekvens av år med högriskperioder, HBVS-index 4,5 eller 6

1961-1990

2021-2050

2068-2097

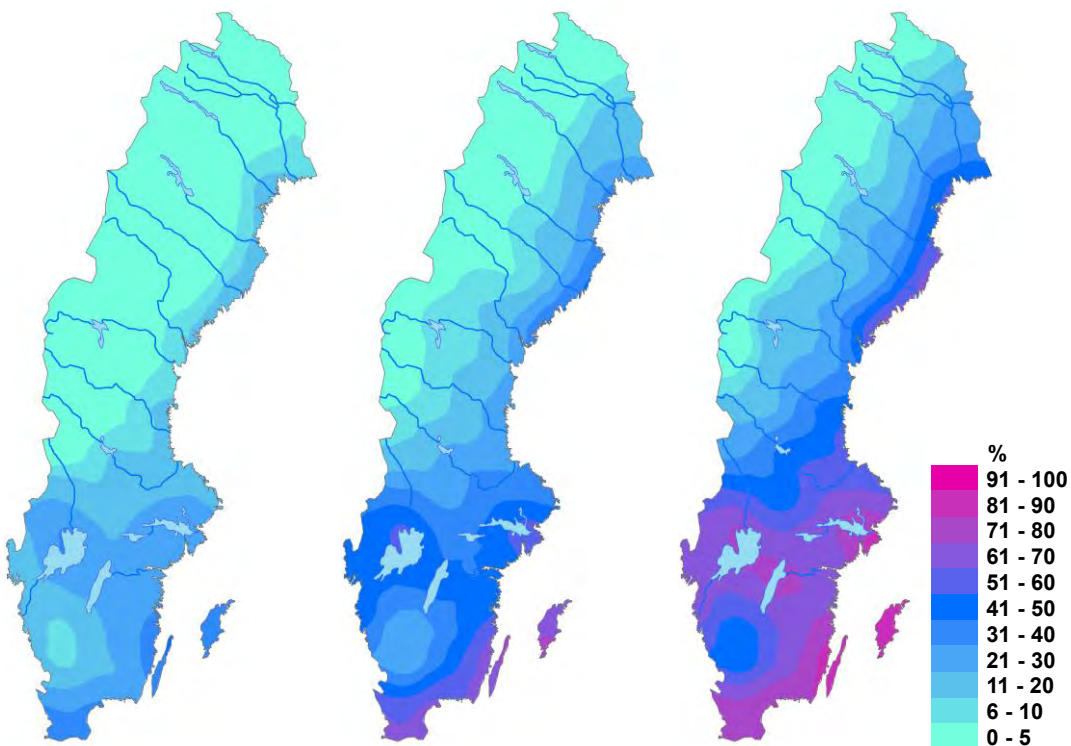


Frekvens av år med högriskperioder, HBVS-index 6

1961-1990

2021-2050

2068-2097

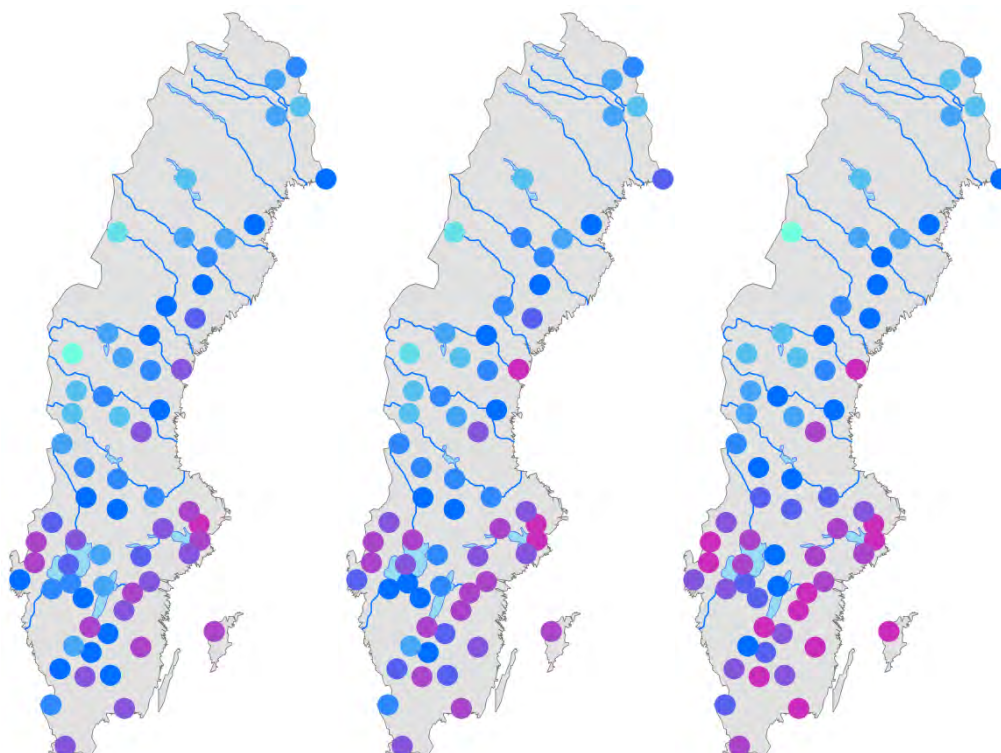


## Frekvens av år med högriskperioder, FWI-index 4,5 eller 6

1966-1995

2021-2050

2068-2097

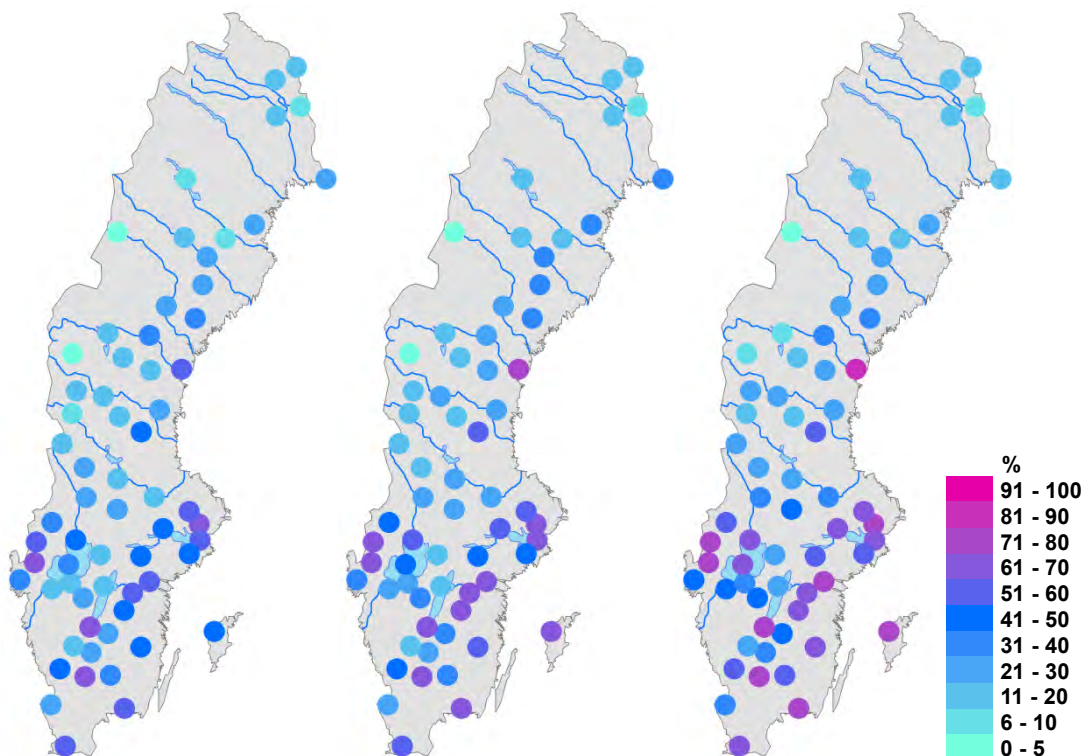


## Frekvens av år med högriskperioder, FWI-index 6

1966-1995

2021-2050

2068-2097



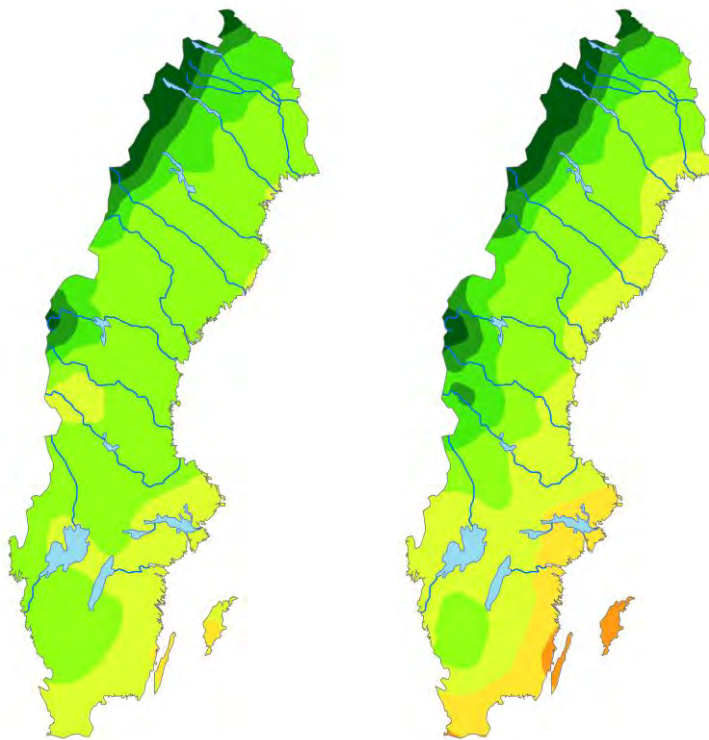
## 9.4 Längsta period med högrisk

HBVS-index 4,5 eller 6

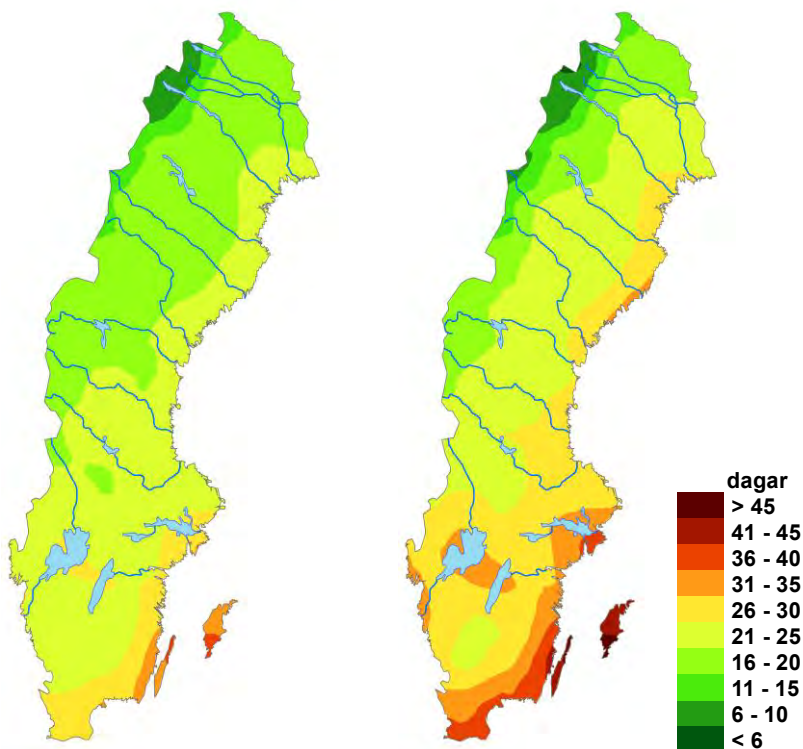
*Medelvärde*

*75-percentil*

*1961-1990*



*2021-2050*



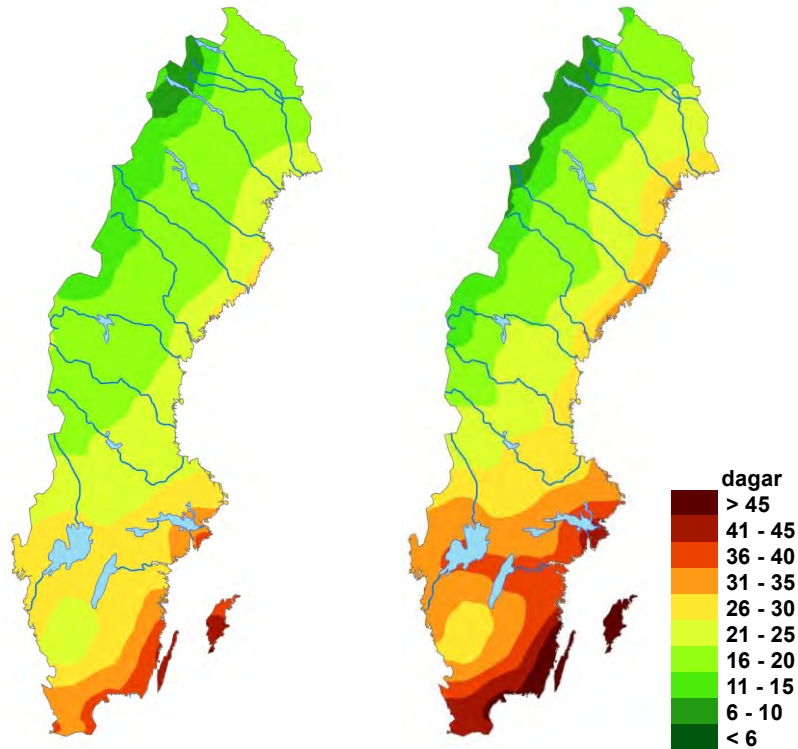


**Längsta period med högrisk, HBVS-index 4,5 eller 6**

*Medelvärde*

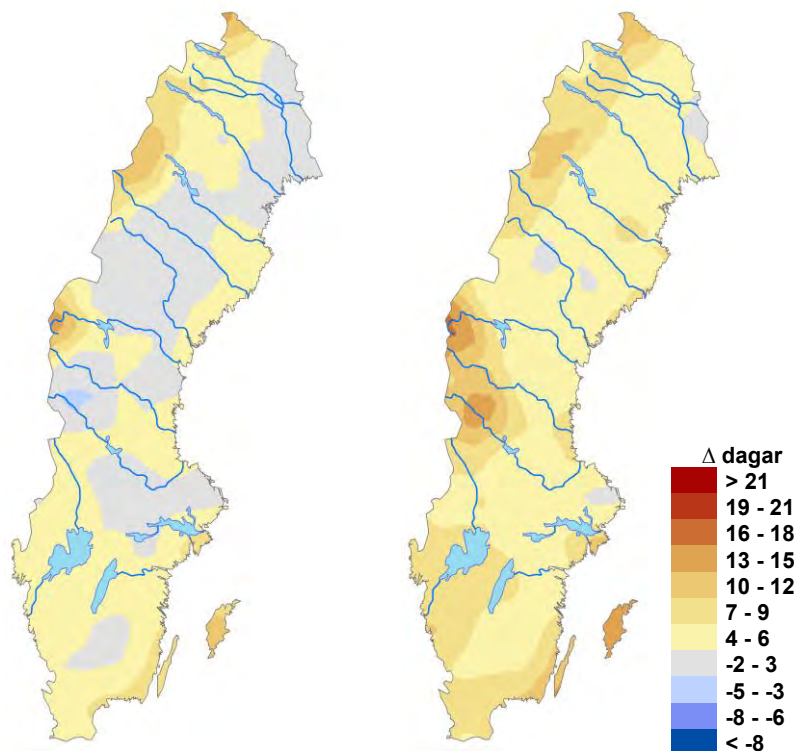
*75-percentil*

2068-2097



**Differens längsta period med högrisk, HBV-index 4,5 eller 6**

2021-2050 - 1961-1990

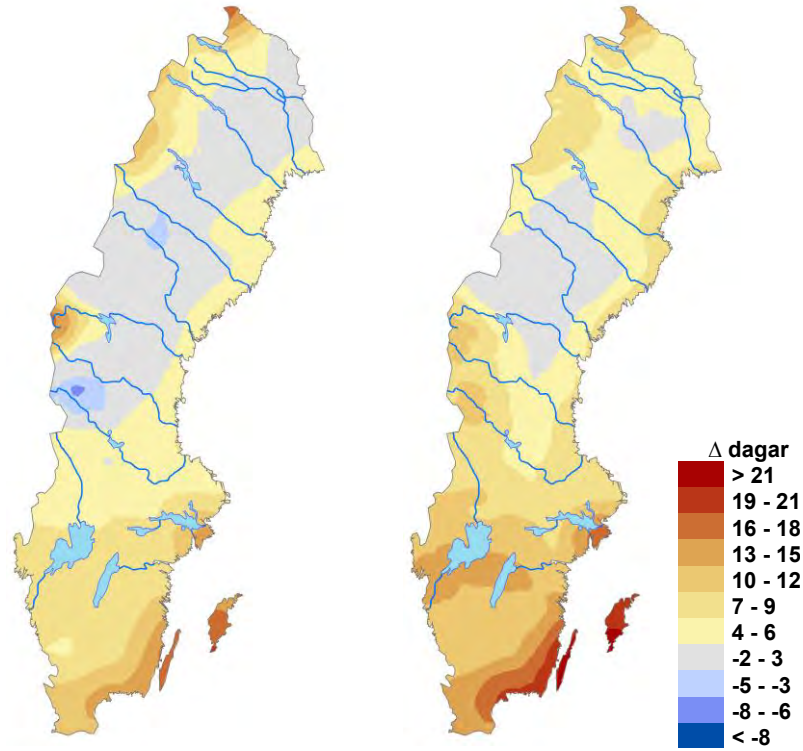


Differens längsta period med högrisk, HBV-index 4,5 eller 6

*Medelvärde*

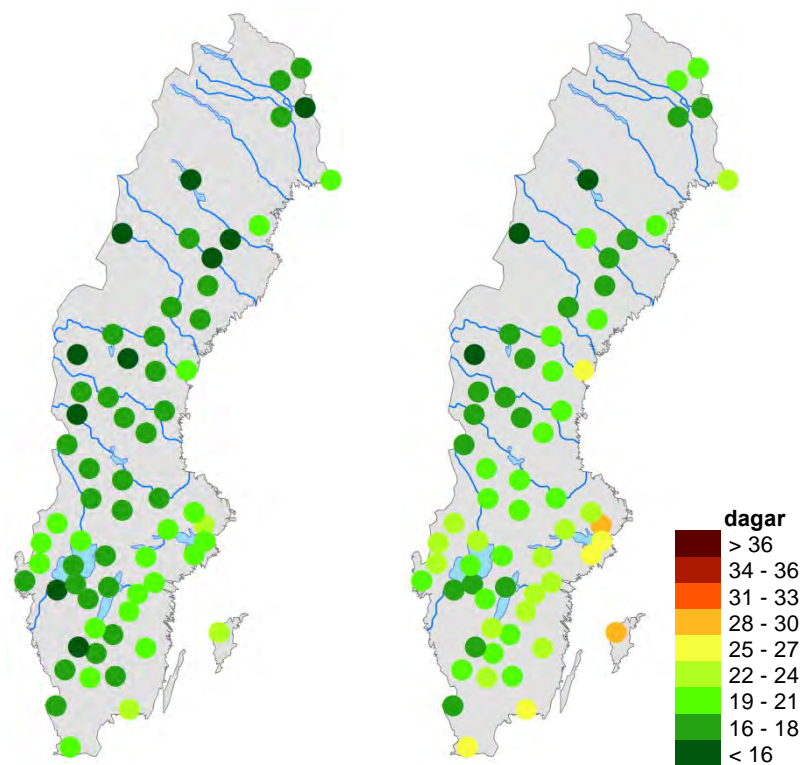
*75-percentil*

2068-2097 – 1961-1990



Längsta period med högrisk, FWI-index 4,5 eller 6

1966-1995

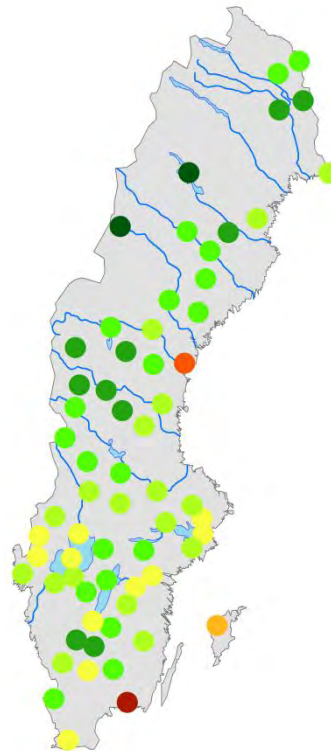
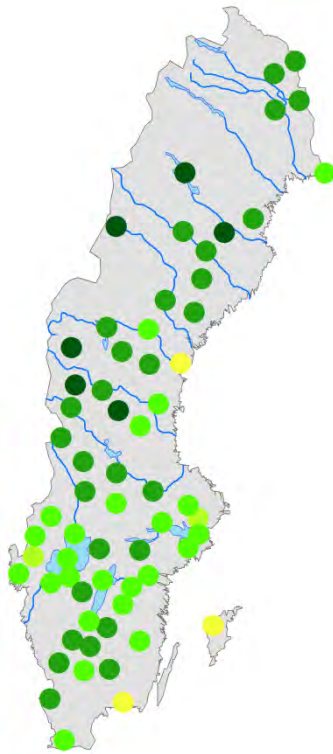


*Längsta period med högrisk, FWI-index 4,5 eller 6*

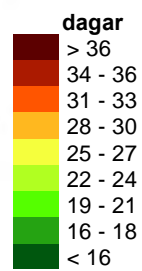
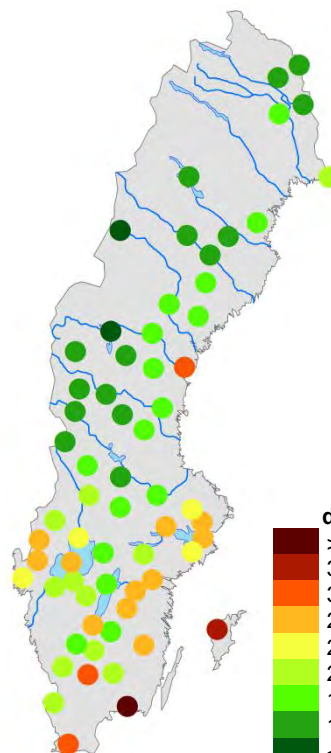
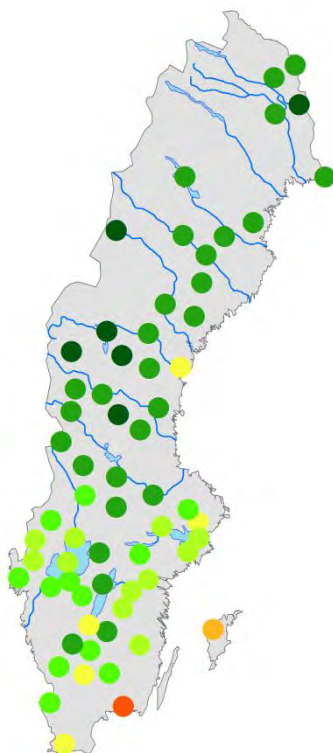
*Medelvärde*

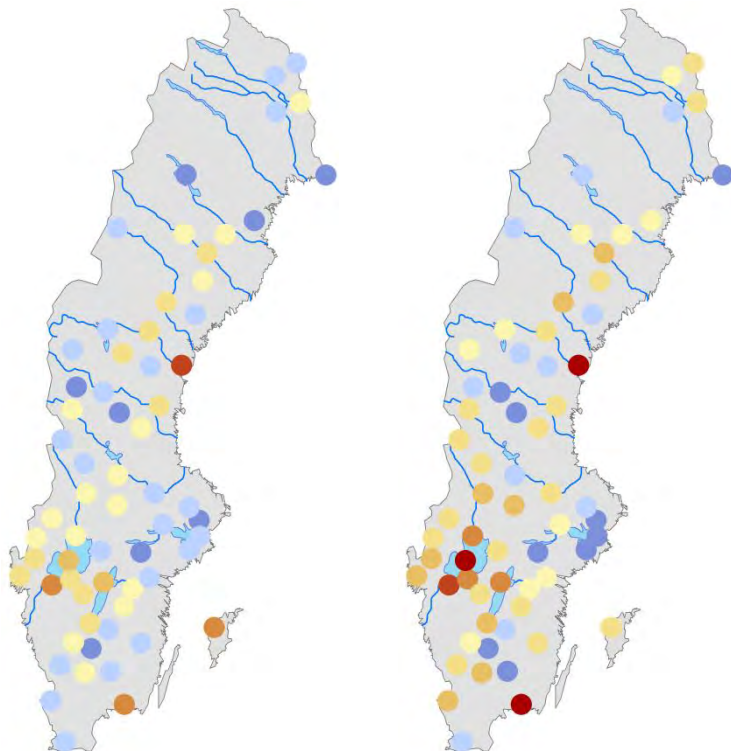
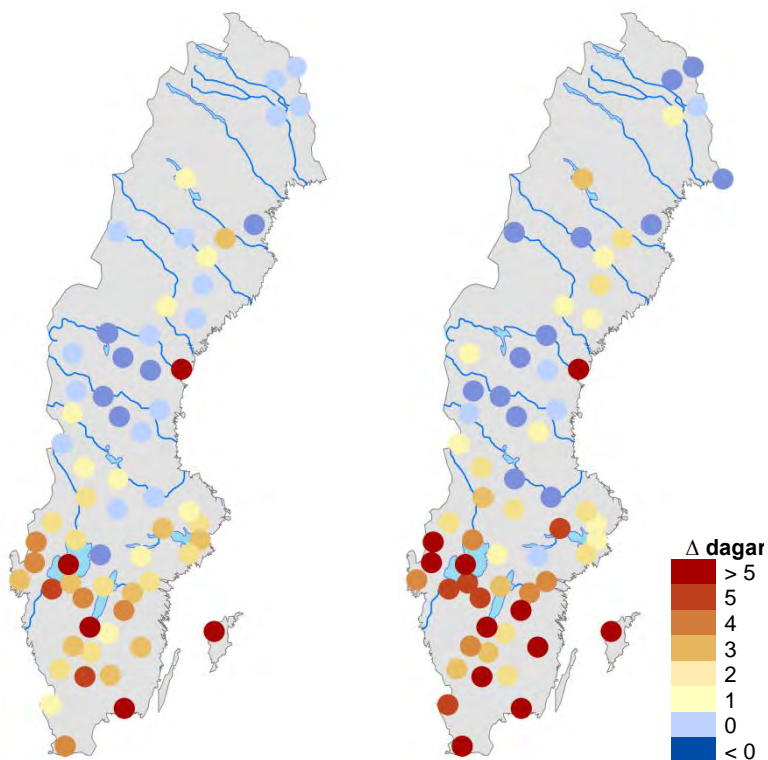
*75-percentil*

*2021-2050*



*2068-2097*



**Differens längsta period med högrisk, FWI-index 4, 5 eller 6***Medelvärde**75-percentil***2021-2050 - 1966-1995****2068-2097 - 1966-1995**

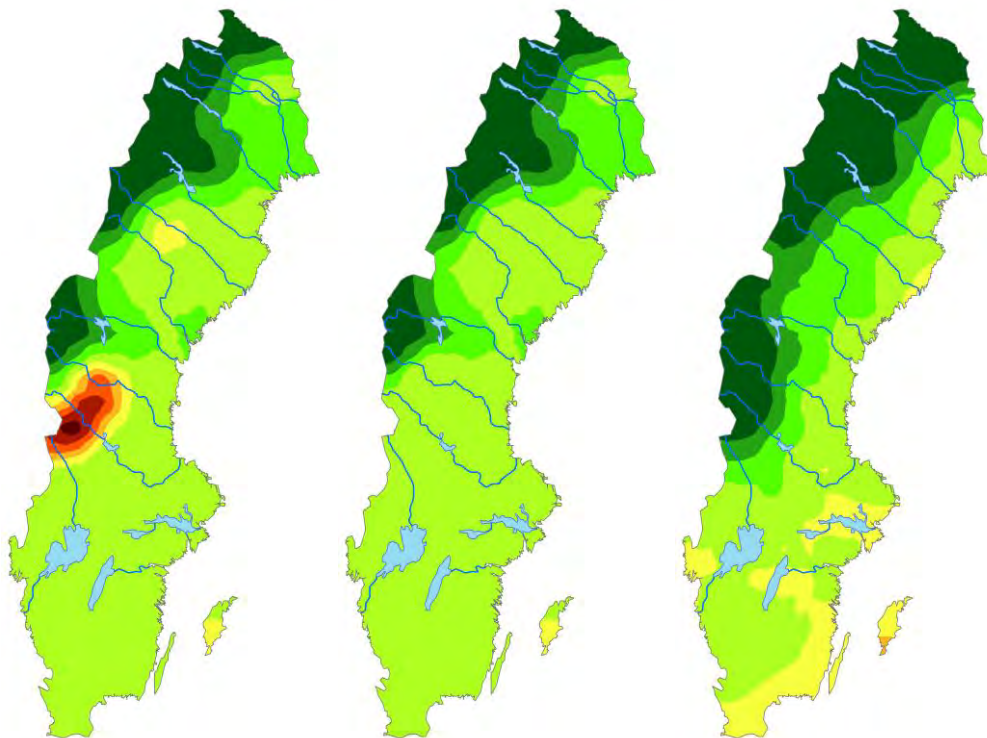
## Längsta period med högrisk , HBVS-index 6

1961-1990

*Medelvärde, original*

*Medelvärde, korrigerad*

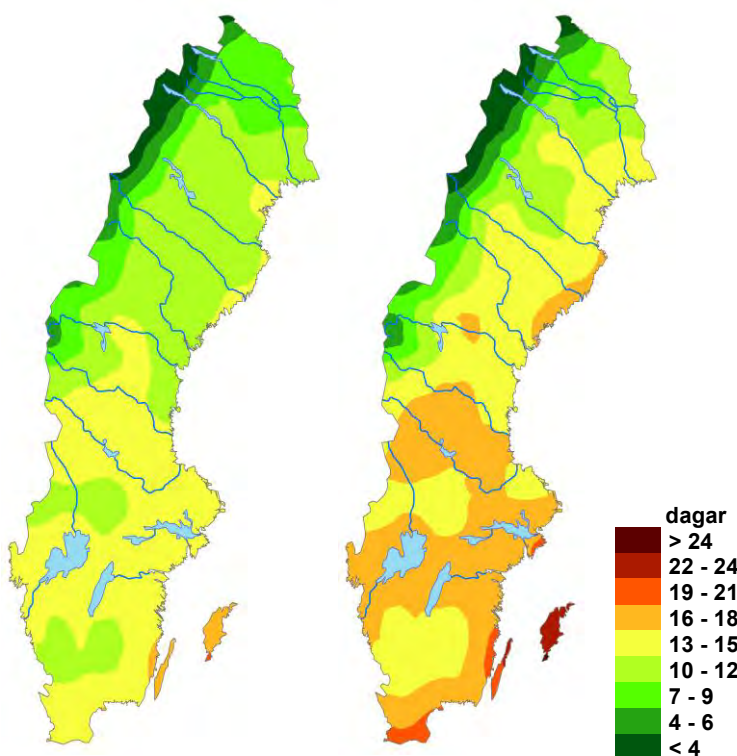
*75-percentil*



*Medelvärde*

*75-percentil*

2021-2050



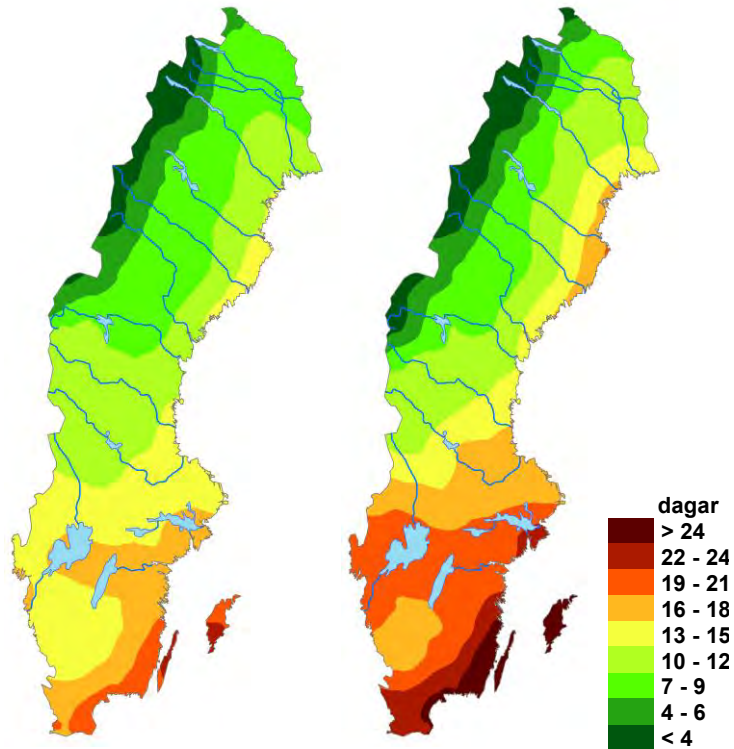
För förklaring av kartornas utseende, se avsnitt 4.4.

**Längsta period med högrisk, HBVS-index 6**

*Medelvärde*

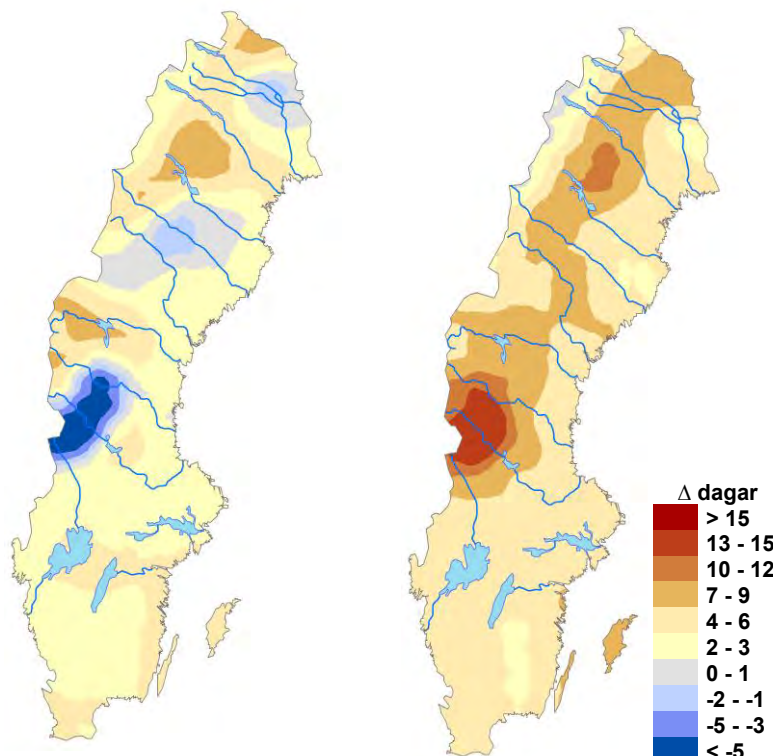
*75-percentil*

2068-2097



**Differens längsta period med högrisk, HBVS-index 6**

2021-2050 - 1961-1990



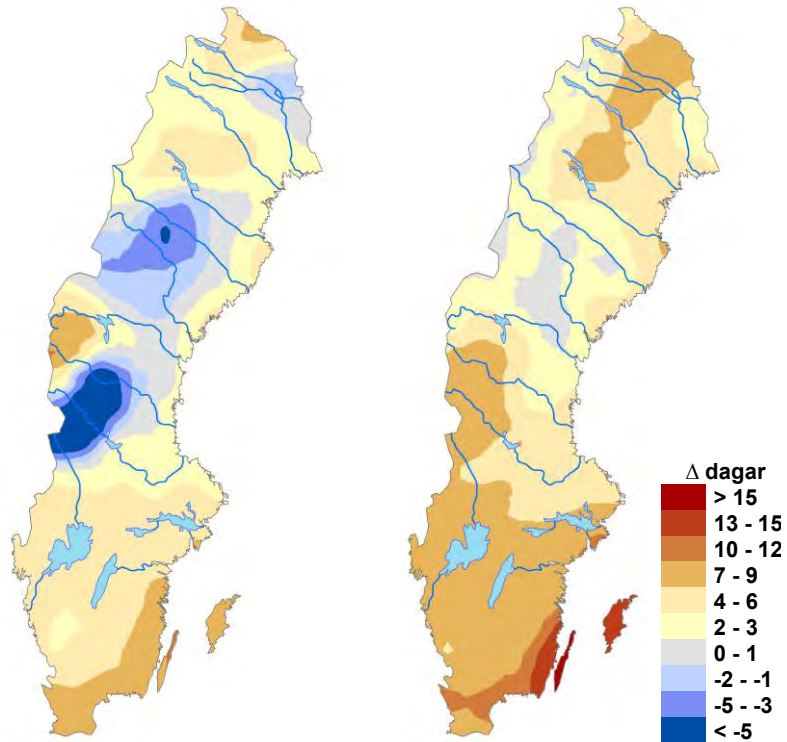
För förklaring av kartornas utseende, se avsnitt 4.4.

**Differens längsta period med högrisk, HBVS-index 6**

*Medelvärde*

*75-percentil*

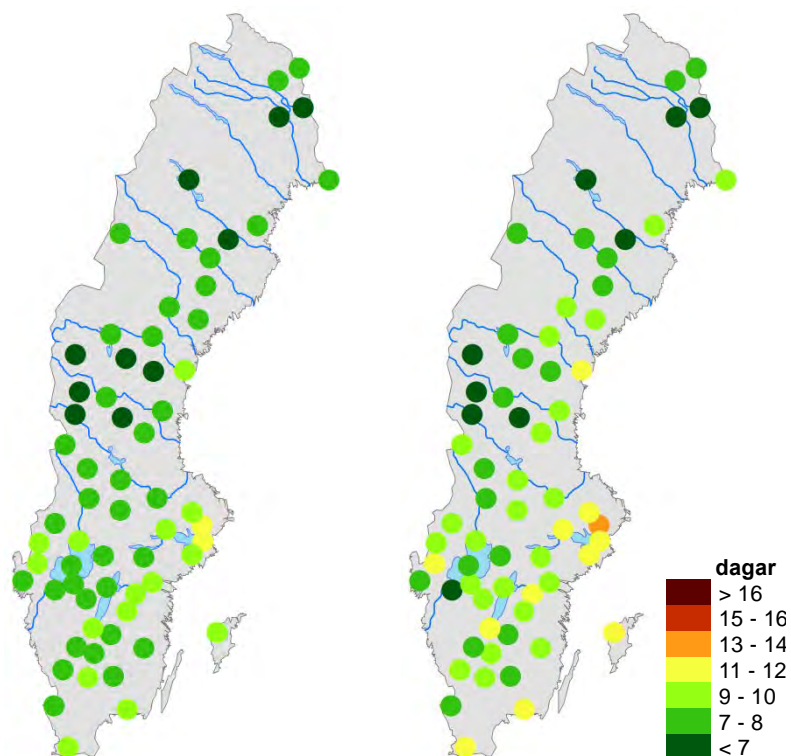
2068-2097 – 1961-1990

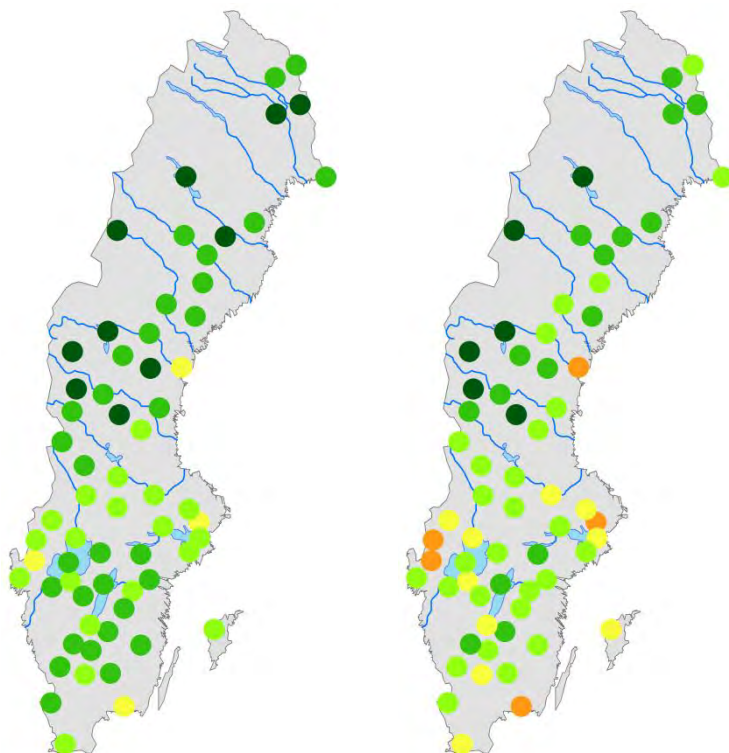
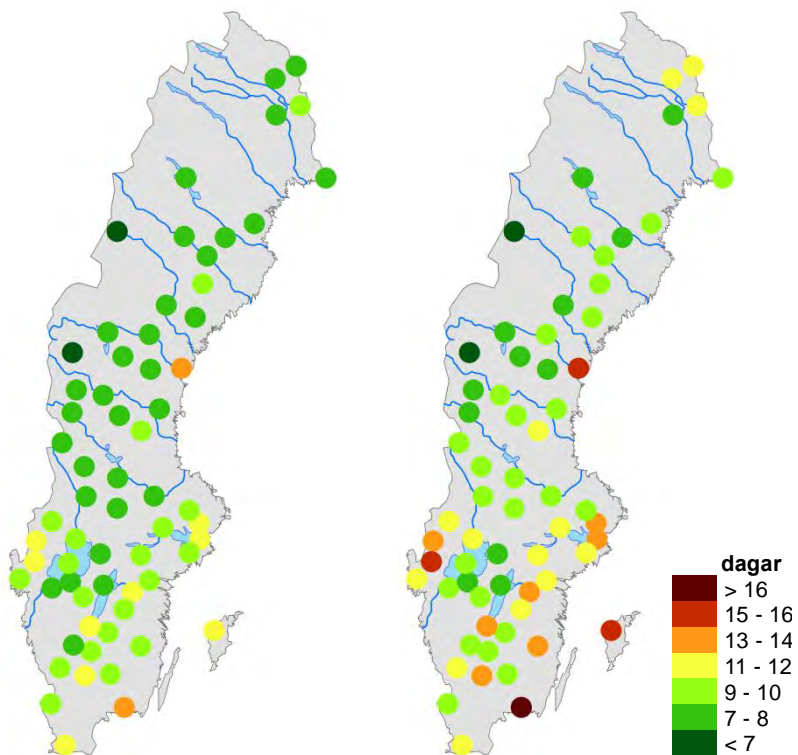


För förklaring av kartornas utseende, se avsnitt 4.4.

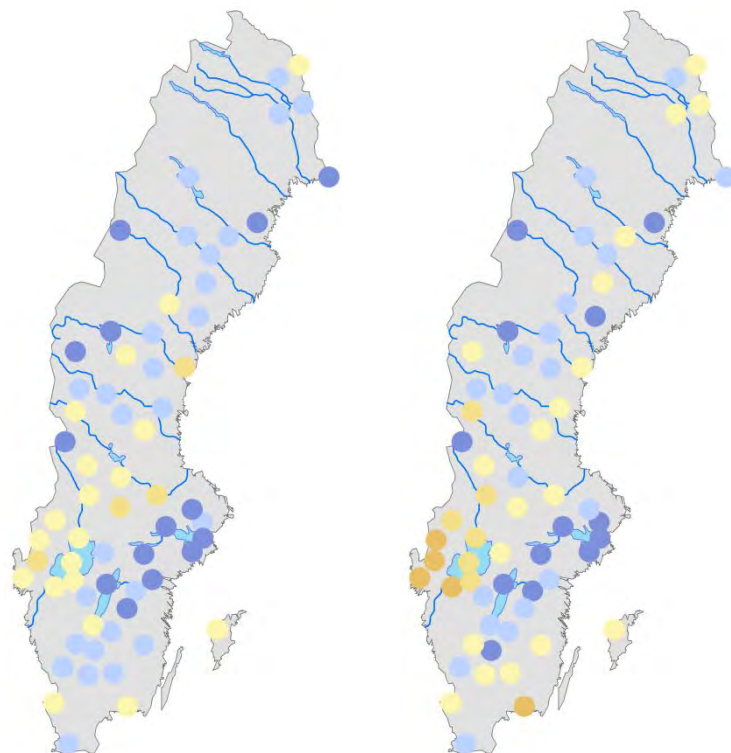
**Längsta period med högrisk, FWI-index 6**

1966-1995



**Längsta period med högrisk, FWI-index 6***Medelvärde**75-percentil**2021-2050**2068-2097*



**Differens längsta period med högrisk, FWI-index 6***Medelvärde**75-percentil***2021-2050 - 1966-1995****2068-2097 - 1966-1995**