

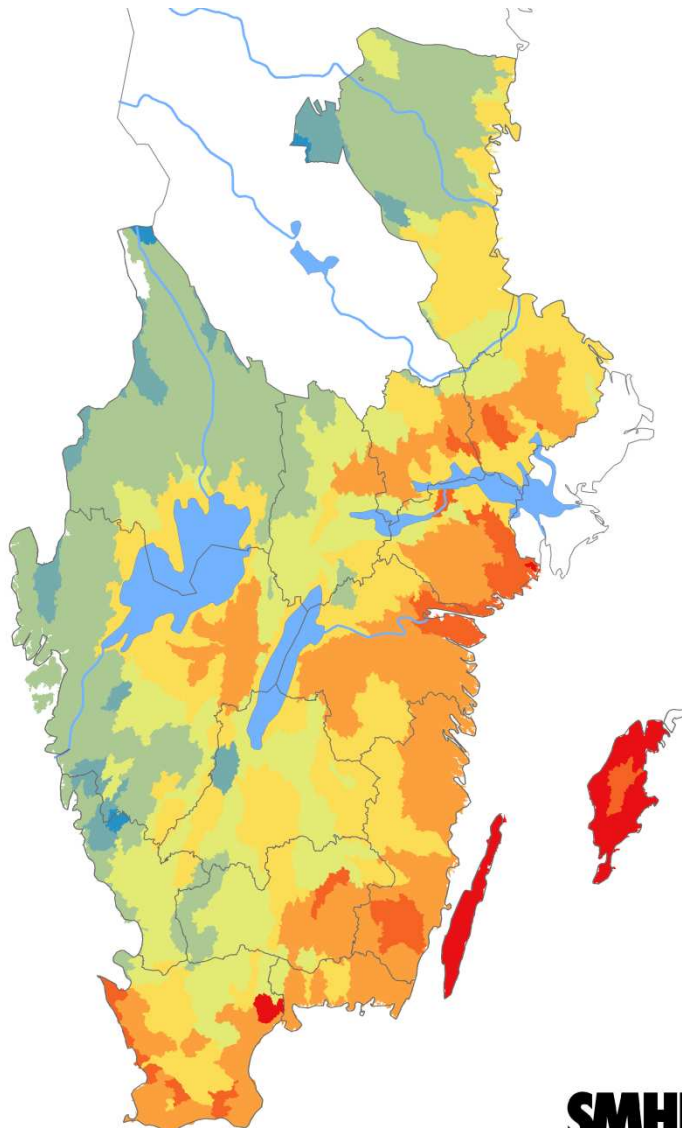


SMHI

Johan Andréasson, Gunn Persson och Jonas Sjögren

Rapport Nr 2014-33

Marktorka i framtiden – En sammanställning för södra Sverige



SMHI



Författare:
**Johan Andréasson,
Gunn Persson,
Jonas Sjögren**

Uppdragsgivare:
Hushållningssällskapet i Halland

Rapportnr:
2014-33

Granskningsdatum:
2014-06-24

Granskare:
Sten Lindell

Dnr:
2013/2457/9.5

Version:
1.1

Marktorka i framtiden – En sammanställning för södra Sverige

Uppdragstagare
**SMHI
601 76 Norrköping**

Projektansvarig
**Johan Andréasson
011-495 8609
johan.andreasson@smhi.se**

Uppdragsgivare
Hushållningssällskapet i Hallands län

Kontaktperson
Sara Bergström Nilsson

Distribution

Klassificering
(x) Allmän

Nyckelord
Markfuktighet, marktorka, klimatscenarier, kartpresentation

Övrigt

Sammanfattning

Hushållningssällskapet i Hallands län har av SMHI beställt en klimatanalys över hur frekvensen av torka i södra Sverige förändras i ett framtida klimat. Liknande analys och kartframställning har tidigare gjorts av SMHI på uppdrag av länsstyrelserna för bl. a. Skåne och Uppsala. Syftet här var att ta fram en enhetlig analys och sammanställning av framtida marktorka för 15 län i södra Sverige, nämligen: Skåne, Blekinge, Halland, Kronoberg, Kalmar, Gotland, Jönköping, Västra Götaland, Östergötland, Södermanland, Västmanland, Värmland, Örebro, Uppsala och Gävleborg.

Utgående från den hydrologiska HBV-modellen har framtida förändringar av markfuktighet beräknats. Modellens beräknade markfuktighet är i viss mån modellspecifik och beskriver inte till fullo de lokala förhållandena avseende jordarter, jordlager och markanvändning. Modellen ger ändå en god bild av hur blöt marken är från markytan ner till grundvattnet, dvs. den omättade markzonen. Utgångspunkt för analyserna var regionala klimatscenarier från Rossby Centre vid SMHI samt från EU-projektet ENSEMBLES vilka omfattar totalt 16 olika klimatscenarier. Genom att använda en ensemble av klimatscenarier är det möjligt att illustrera osäkerheten i resultaten. Resultaten presenteras i kartor för södra Sverige och enskilt för respektive län för referensperioden 1963-1992 samt för de två framtidsperioderna 2021-2050 och 2069-2098. Analysen visar att antalet dagar med marktorka redan vid mitten på seklet kan komma att fördubblas jämfört med referensperioden. Störst ökning ses mot slutet av seklet i Skåne, delar av Kalmar län samt på Öland och Gotland där medianförändringen visar uppemot fyra gånger fler dagar med marktorka.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
2	METOD FÖR FRAMTIDSANALYS.....	1
2.1	Geografiskt analysområde	1
2.2	Tidsperioder	1
2.3	Variation och osäkerhet.....	1
2.4	Beräkningsmodeller.....	2
2.5	Klimatdata för effektstudier.....	3
2.6	Utsläppsscenarier	4
2.7	Klimatscenarier	5
2.7.1	Klimatscenarier i denna studie.....	6
3	RESULTAT	8
3.1	Torka och markfuktighet	8
4	DISKUSSION.....	12
5	REFERENSER	13
6	BILAGOR	14

1 Inledning

Hushållningssällskapet i Hallands län har av SMHI beställt en klimatanalys över hur frekvensen av torka i södra Sverige förändras i ett framtida klimat. Liknande analys och kartframställning har tidigare gjorts av SMHI på uppdrag av länsstyrelserna för bl. a. Skåne och Uppsala. Syftet här var att ta fram en enhetlig analys och sammanställning av framtida marktorka för 15 län i södra Sverige, nämligen: Skåne, Blekinge, Halland, Kronoberg, Kalmar, Gotland, Jönköping, Västra Götaland, Östergötland, Södermanland, Västmanland, Värmland, Örebro, Uppsala och Gävleborg. Framtidsberäkningarna avser tidsperioden fram till år 2100. Föreliggande rapport har utarbetats vid SMHIs avdelning för Affärsverksamhet.

2 Metod för framtidsanalys

2.1 Geografiskt analysområde

Det analyserade området avser 15 län i södra Sverige; Skåne, Blekinge, Halland, Kronoberg, Kalmar, Gotland, Jönköping, Västra Götaland, Östergötland, Södermanland, Västmanland, Värmland, Örebro, Uppsala och Gävleborg. Resultaten presenteras främst i form av kartor (ex. bilaga 1-15).

2.2 Tidsperioder

De studerade tidsperioderna är 1963-1992 för dagens klimat och för analys av framtidsklimatet har två perioder valts; 2021-2050 och 2069-2098. Samtliga tidsperioder omfattar 30 år.

I klimatstudier jämförs aktuella värden med medelvärden för en längre period, en referensperiod. Enligt internationell praxis används normalt den så kallade standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod. Nästa standardnormalperiod kommer att bli 1991-2020. Anledningen till att referensperioden i denna studie avviker något från standardnormalperioden är att den hydrologiska modellen kräver ett par års insvängningsperiod för att nå ett rimligt starttillstånd.

2.3 Variation och osäkerhet

Det är viktigt vid tolkning av resultat från analyser av förändringar i ett framtida klimat att ursprunget till de variationer och osäkerheter som förekommer tydligt framgår och även hur denna variation kan bidra med information. Där det är tillämpligt presenteras spridningsmått i form av percentiler för att indikera spridningen i resultat mellan olika klimatmodeller. I denna rapport används 25:e respektive 75:e percentilen, vilket betyder att i princip all data förutom de fyra lägsta och de fyra högsta scenarierna innefattas i datamängden när 16 olika scenarier används. Därmed fås en uppfattning av klimatsceniernas spridning. Detta underlättar tolkningen då det ger en mer samlad bild av den tänkbara framtidsutvecklingen.

Metoden som använts karakteriseras av att flera möjliga klimatscenarier ingår, en så kallad *ensemble*, och att resultaten bearbetas statistiskt. Syftet är att öka kvalitén i analysen och att identifiera trender som är generella mellan olika scenarier. För att utnyttja fördelarna med ensembleanalys bör det finnas ett visst mått av variation. Speciellt gäller detta klimatsimuleringar, då det är önskvärt att täcka in ett stort antal möjliga och olika scenarier som kan medföra mycket olika effekter. Hydrologisk respons som uppträder i flera olika klimatscenarier bedöms således mer trolig än hydrologisk respons som uppträder sporadiskt.

Osäkerheter i den typ av resultat som presenteras i denna analys påverkas av:

- Val av utsläppsscenario
- Val av global klimatmodell
- Val av regional klimatmodell
- Naturlig variabilitet

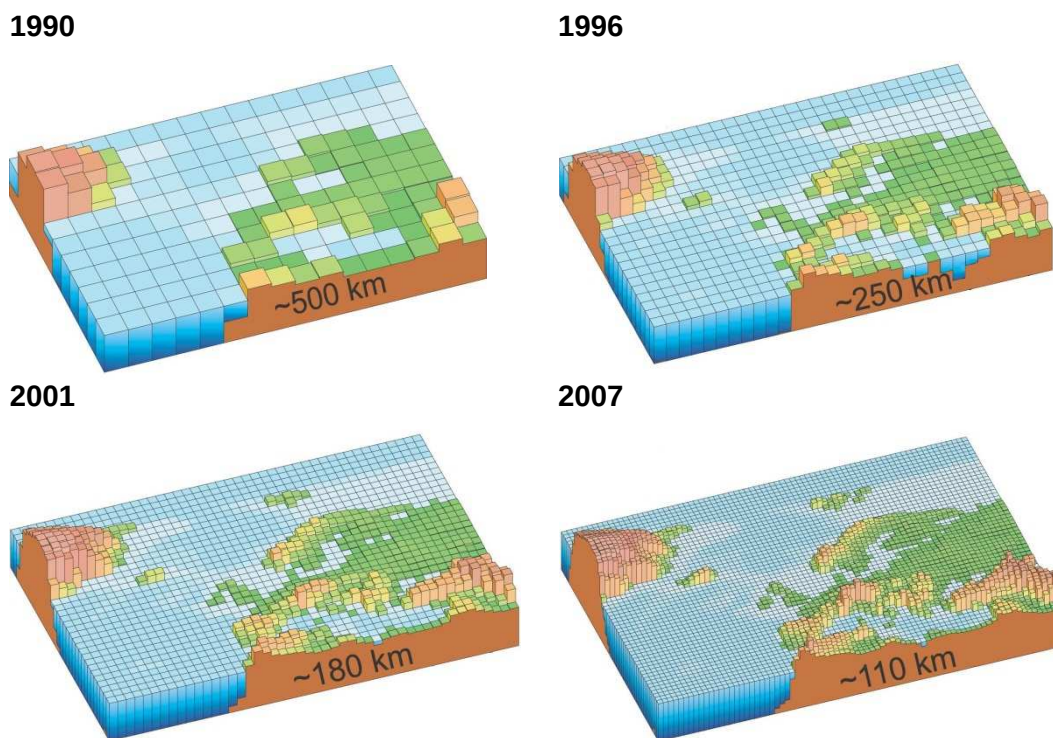
Spridningen i resultat kan vara betydande för en del klimatvariabler, vilket delvis beror på att olika modeller beskriver klimatologiska processer på olika sätt, exempelvis återkopplingen mellan atmosfärisk koncentration av växthusgaser och temperatur.

Det ligger i frågeställningens natur att det är svårt att på förhand definiera ett mått på responsen för ökade emissioner av växthusgaser, då detta är en effekt som modellerna syftar till att studera. Således är tillgången till flera olika klimatmodeller en stor fördel. Trender i respons som observeras i flertalet klimatmodeller och för flertalet utsläppsscenarioer är därför att betrakta som mer robust eftersom samma resultat uppnåts från olika oberoende förutsättningar. Om resultaten från olika modeller och utsläppsscenarioer är mycket olika är osäkerheten större.

Det klimat som beskrivs av en klimatmodell kan inte förväntas vara i fas med det verkliga klimatet på kort tidsskala, ett fenomen som benämns naturlig variabilitet (variation). En välfungerande klimatmodell ska dock kunna beskriva medelvärden och variabilitet med tillräckligt precision, t.ex. korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod. Dessa vintrar kan infalla i en annan sekvens än i det observerade klimatet.

2.4 Beräkningsmodeller

För att få en översiktlig bild av framtida klimat används globala klimatmodeller (GCM) som beskriver luftströmmar och väderfenomen över hela jorden. Dessa drivs bland annat med antaganden om framtidens utsläpp av växthusgaser, så kallade utsläppsscenarioer. Figur 2-1 visar hur upplösningen i de globala klimatmodeller som använts av IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, även kallad FN:s klimatpanel) utvecklats under de senaste 20 åren.

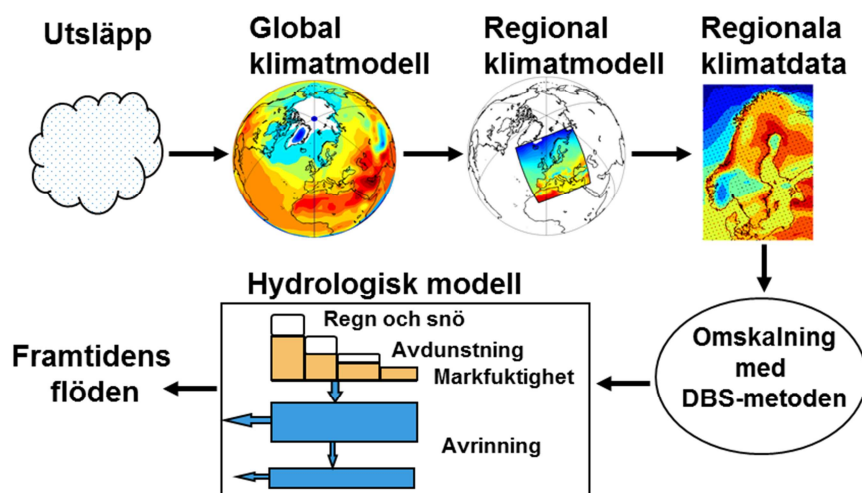


Figur 2-1. Horisontell upplösning i olika generationer av klimatmodeller som använts inom IPCC (modifierad efter IPCC 2007). Vertikal upplösning visas inte i figuren men följer en liknande utveckling mot finare upplösning.

För mer detaljerade regionala analyser krävs en bättre beskrivning av detaljer som påverkar det regionala klimatet. Därför kopplas de globala klimatberäkningar till regionala klimatmodeller (RCM) med bättre upplösning och beskrivning av detaljer som exempelvis Östersjön och den Skandinaviska bergskedjan. Den regionala klimatmodellen drivs av resultat från den globala modellen på randen av sitt modellområde. Det gör att valet av global modell får stor betydelse för slutresultatet även

regionalt. Regionala klimatmodeller finns bland annat vid forskningsenheten Rossby Centre på SMHI:s forskningsavdelning. Figur 2-2 visar hur dataflödet ser ut mellan klimatmodeller på olika skalor och hur indata levereras till en hydrologisk modell där det är möjligt att studera effekter på vattenföring, magasinering, markfuktighet etc.

Den hydrologiska modell som används är HBV-modellen. Det är en konceptuell avrinningsmodell utvecklad vid SMHI sedan slutet av 1970-talet (Lindström, m.fl., 1997). Modellen byggs upp av beräkningsrutiner för markfuktighet, snöackumulation och snösmältning, grundvatten och routing (beskrivning av vattnets väg). Indata till modellen har i denna studie hämtats från regionala klimatmodeller efter DBS-skalering, som beskrivs i avsnitt 2.5.



Figur 2-2. Illustration av dataflödet mellan global- och regional modell samt nedskalning till hydrologisk modell.

2.5 Klimatdata för effektstudier

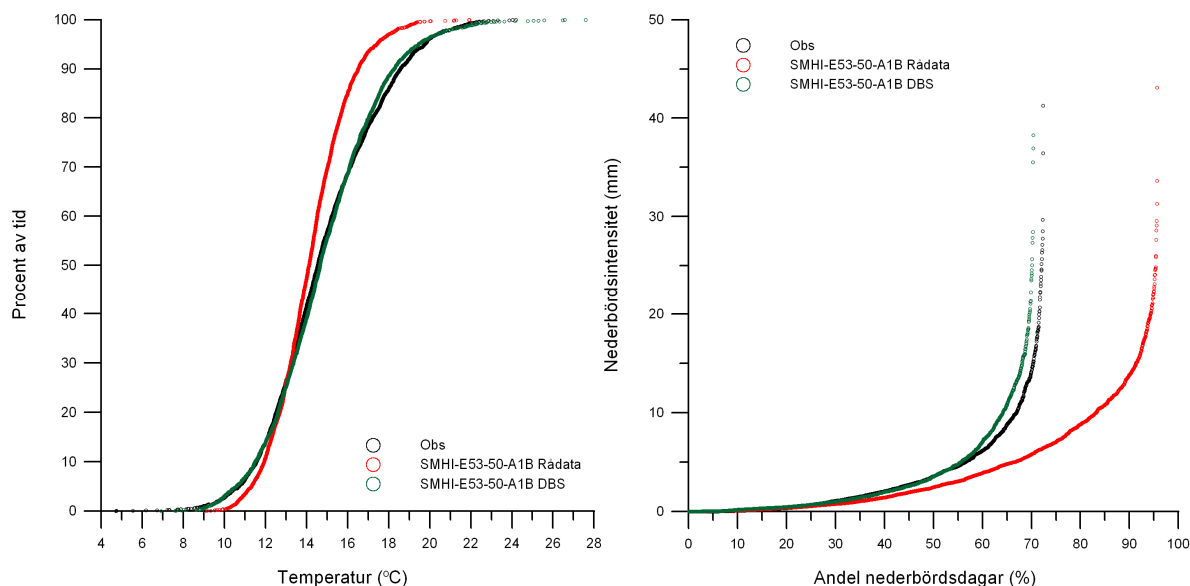
För att använda klimatmodellernas utdata till att studera exempelvis hydrologiska effekter, krävs ett gränssnitt mellan klimatmodellen och den hydrologiska modellen. Anledningen är att klimatmodellerna inte kan beskriva det nutida klimatet tillräckligt väl för att ge en trovärdig hydrologisk respons, när utdata från klimatmodellen används direkt som indata till en hydrologisk modell.

Under senare år har en metod utvecklats som möjliggör en sådan anpassning. 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 ta bort de systematiska felen. De korrigeringsfaktorer som då införs bibehålls vid beräkningen av framtidens klimat, varefter klimatberäkningens utdata blir statistiskt jämförbar med observationer och direkt kan användas som indata till en hydrologisk modell. Vid användning av DBS-metoden bibehåller man vid övergången till den hydrologiska modellen både förändringar i medelvärden och de förändringar i klimatets variabilitet som ges av klimatmodellen. Metoden har tidigare använts för hydrologiska modellberäkningar av Andréasson m.fl. (2011).

Figur 2-3 visar exempel på en anpassning med DBS-metoden. Figuren visar rådata i form av temperatur och andel nederbördsdagar och deras nederbördsintensitet från en klimatmodell, samt när dessa rådata anpassats med DBS-metoden. I figuren visas att data efter anpassningen stämmer väl överens med observerade data. Särskilt viktigt är att den överskattning av antal dagar med nederbörd med en viss intensitet som ges av klimatmodellen korrigeras.

En förutsättning när DBS-metoden används är att resultaten för framtida tidsperioder måste jämföras med historiskt klimat så som detta beskrivs av klimatmodellen och inte av meteorologiska observationer. Metoden innebär också att det inte är möjligt att jämföra individuella dagar eller år med observationsdata.

Anpassning av klimatmodelldata med hjälp av DBS-metoden används i denna studie för nederbörd och temperatur, vilka också är drivvariablerna för den hydrologiska modellen. Den observerade nederbörd och temperatur som klimatmodellen anpassas mot har hämtats från den databas, PTHBV, som SMHI byggt upp med särskild inriktning på hydrologisk modellering.



Figur 2-3. Jämförelse mellan rådata från klimatmodeller och data som anpassats med DBS-metoden. Till vänster dygnsmedeltemperatur (procent av tiden som viss dygnsmedeltemperatur underskreds och till höger nederbörd (andel dagar med olika nederbördsintensitet).

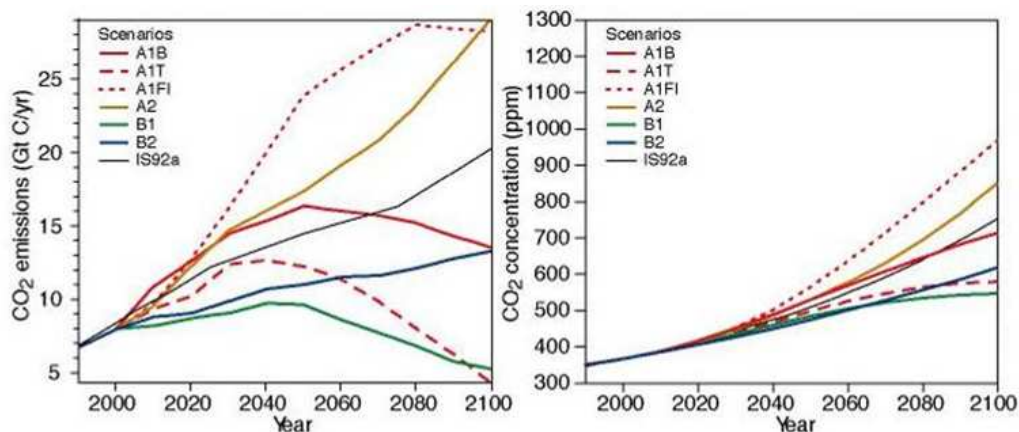
Databasen innehåller interpolerade värden på nederbörd och temperatur, vilka anges i ett rikstäckande rutnät (gridrutor) med upplösningen 4 km $\times$ 4 km. Data från SMHIs meteorologiska stationer har i denna databas interpolerats till gridrutor med hjälp av en geostatistisk interpolationsmetod som benämns optimal interpolation. Metoden innebär att hänsyn tas både till stationernas avstånd från beräkningsrutan och till deras inbördes korrelation. För att i interpolationen kunna beskriva den rumsliga variationen, utnyttjas höjddata samt (för nederbörd) även information om typisk vindriktning och vindstyrka under olika delar av året och i olika delar av landet. Detaljer om hur interpolationen utförs beskrivs av Johansson (2000) och Johansson och Chen (2003 och 2005). I databasen har den observerade nederbörden även korrigerats för mätförluster, som framförallt orsakas av att en del av nederbörden blåser förbi mätaren. Mätförlusterna har beräknats enligt Alexandersson (2003). I dessa beräkningar tas hänsyn till hur vindutsatt mätstationen är och om nederbörden faller som snö eller regn, vilket avgörs utifrån temperaturen.

Data från temperatur- och nederbördsstationer används för att bygga databasen. Varje år görs en genomgång av förändringar i stationsnätet. Stationer kan flyttas, nya kan komma till och de kan läggas ned. Klimatdata finns lagrade från 1961 och framåt i tiden. Även stationer utanför länet används för att beräkna data för länet.

2.6 Utsläppsscenarioer

För att kunna göra beräkningar av framtida klimat behövs antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. Vanligtvis används utsläppsscenarioer som utarbetats av FNs klimatpanel, IPCC. Några exempel visas i figur 2-4. Dessa bygger på antaganden av världens utveckling fram till år 2100 (Nakićenović and Swart, 2000). I utsläppsscenarioerna görs olika antaganden om jordens befolkning, ekonomisk tillväxt, teknologisk utveckling m.m. Utifrån dessa antaganden uppskattas hur mycket klimatpåverkande gaser och partiklar som kommer att släppas ut. Dessa utsläpp ger upphov till förändringar i atmosfärens sammansättning, som till exempel mängden koldioxid i luften, vilket i sin tur har en inverkan på klimatet.

Genom att göra simuleringar i klimatmodellerna med växthusgaskoncentrationer som motsvarar dagens förhållanden respektive för framtida förhållanden får man en bild av den framtida förändringen av klimatet.

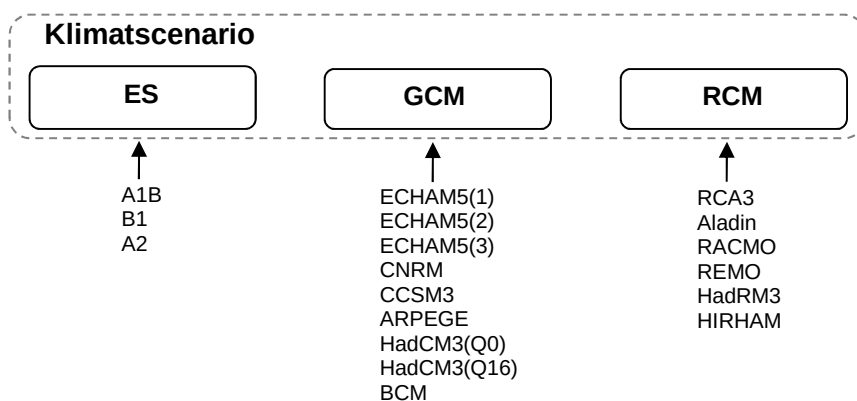


Figur 2-4. Antagande om framtida utsläpp av CO₂ (vänster) och resulterande CO₂-koncentrationer (höger) enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

2.7 Klimatscenarier

Ett klimatscenario är en successiv realisering av ett utsläppsscenario i en global- och en regional klimatmodell enligt dataflödet som beskrivs i figur 2-2. Samma utsläppsscenario kan således ge upphov till olika klimatscenarier beroende på vilka globala och regionala modeller som används. De tre komponenterna illustreras i figur 2-5 där också de möjliga alternativen för utsläppsscenario (ES= Emissions Scenario), global klimatmodell (GCM= Global Circulation Model) och regional klimatmodell (RCM= Regional Climate Model) som används i denna studie framgår (se vidare avsnitt 2.7.1).

Under flera år användes huvudsakligen sex klimatscenarier för de flesta studier av klimateffekter i Sverige, inklusive av den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007a). Dessa sex klimatscenarier bygger på en global klimatmodell från Hadley Centre i England (HadCM3/AM3H) och en från Max-Planck-institutet i Tyskland (ECHAM4/OPYC3). Dessa globala modeller har körts med utsläppsscenario A2 respektive B2 som de beskrivs av Nakićenović m.fl. (2000). De regionala klimatmodeller som användes benämns RCAO och RCA3 och kommer från Rossby Centre vid SMHIs forskningsenhet.



Figur 2-5. Ett klimatscenario består av en kombination av utsläppsscenario (ES), global modell (GCM) och regional modell (RCM).

Numera finns det tillgång till ett stort antal regionala klimatscenarier beräknade med nyare globala och regionala klimatmodeller. För Östersjön finns dock inga senare resultat än de som fanns tillgängliga vid tidpunkten för Klimat- och sårbarhetsutredningen. Det europeiska ENSEMBLES-projektet (van der Linden and Mitchell, 2009) syftade till att utveckla ett system för samordnade beräkningar av klimatförändringar baserat på ett antal europeiska och några utomeuropeiska globala och regionala

klimatmodeller. Rossby Centre deltog i ENSEMBLES-samarbetet med den regionala klimatmodellen RCA3. ENSEMBLES-projektet fokuserade i huvudsak på klimatförändringar i ett tidsperspektiv fram till år 2050, varför en del klimatscenarier bara sträcker sig fram till mitten på seklet. Det utsläppsscenario som huvudsakligen användes inom ENSEMBLES benämns A1B (Nakićenović and Swart, 2000), men ett scenario med kraftigare utsläpp, A2, och ett med lägre utsläpp, B1, användes också.

I figur 2-4 visas ett antal utsläppsscenarier, där A1B, A2 och B1 ingår. Ur figuren framgår bland annat att A1B är ett scenario där koldioxidutsläppen till atmosfären beräknas att kulminera runt år 2050. Koldioxiden i atmosfären fortsätter dock enligt detta scenario att stiga även efter 2050 på grund av systemets tröghet. Ur figuren ses även att skillnaden mellan effekten av olika utsläppsscenarier är liten fram till mitten av seklet och ökar därefter.

2.7.1 Klimatscenarier i denna studie

De sammanställningar som gjorts av dagar med marktorka bygger på DBS-skalerade data från klimatscenarierna i tabell 2-1. Tabellen innehåller klimatscenarier från ENSEMBLES-projektet samt några från Rossby Centre vid SMHI. Observera att endast 12 av dessa 16 klimatscenarier sträcker sig ända fram till år 2100. De övriga fyra sträcker sig fram till 2050. Till största delen har utsläppsscenario A1B använts eftersom de flesta modellkörningar inom ENSEMBLES-projektet använt sig av detta, men även A2 och B1 finns representerade.

Den globala klimatmodellen ECHAM5 kommer från Max-Planck-institutet för meteorologi i Tyskland och HadCM3 från Hadley Center i England. Resultat baserade på ECHAM5 finns också från tre simuleringar som har startats från olika initialtillstånd i slutet på 1800-talet, vilka betecknas ECHAM5(1), ECHAM5(2) respektive ECHAM5(3). ECHAM5(3) är den simulering av de tre som har bäst överensstämmelse med faktisk klimatutveckling i Europa under slutet av 1900-talet och har därför pekats ut som huvudalternativ för ENSEMBLES-projektets beräkningar. Denna modell är därför den vanligaste globala klimatmodell som används i denna rapport.

Även HadCM3 har använts med två olika initialtillstånd, men då har också modellen varit parametriserad med olika klimatkänslighet, som är ett mått på den temperaturökning som kan förväntas om mängden koldioxid i atmosfären fördubblas. En av dessa simuleringar refereras som Q0 och betraktas som mest trolig. Den version som har högre klimatkänslighet, Q16, ligger dock även den inom vad som klimatforskarna betraktar som rimliga gränser.

Övriga använda globala klimatmodeller är ARPEGE från Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) i Frankrike, BCM från Meteorologisk institutt (METNO) i Norge och den nordamerikanska modellen CCSM3.

De klimatscenarier som använts är de som funnits tillgängliga vid genomförandet, dvs. inget aktivt urval av scenarier har gjorts. Allt eftersom fler klimatscenarier blir tillgängliga kan fler fall med höga respektive låga utsläppsscenarier inkluderas i klimatensemblesimuleringar. På så sätt kan fler tänkbara utvecklingar av klimatet simuleras. En större ensemble ger starkare statistiska mått på hur en framtida utveckling kan se ut.

Tabell 2-1. Sammanställning av använda klimatscenarier. Nationsflaggorna avser instituten som har genomfört den regionala nedskalningen (RCM). Den globala klimatmodellen (GCM) ECHAM5 kommer från Max Planck Institute i Tyskland, ARPEGE från Centre National de Recherches Météorologiques i Frankrike, HadCM3 från Hadley Centre i England och BCM från Meteorologisk institutt i Norge. CCSM3 är en nordamerikansk modell som körts vid SMHI. Observera att endast 12 av dessa 16 klimatscenarier sträcker sig ända fram till år 2100.

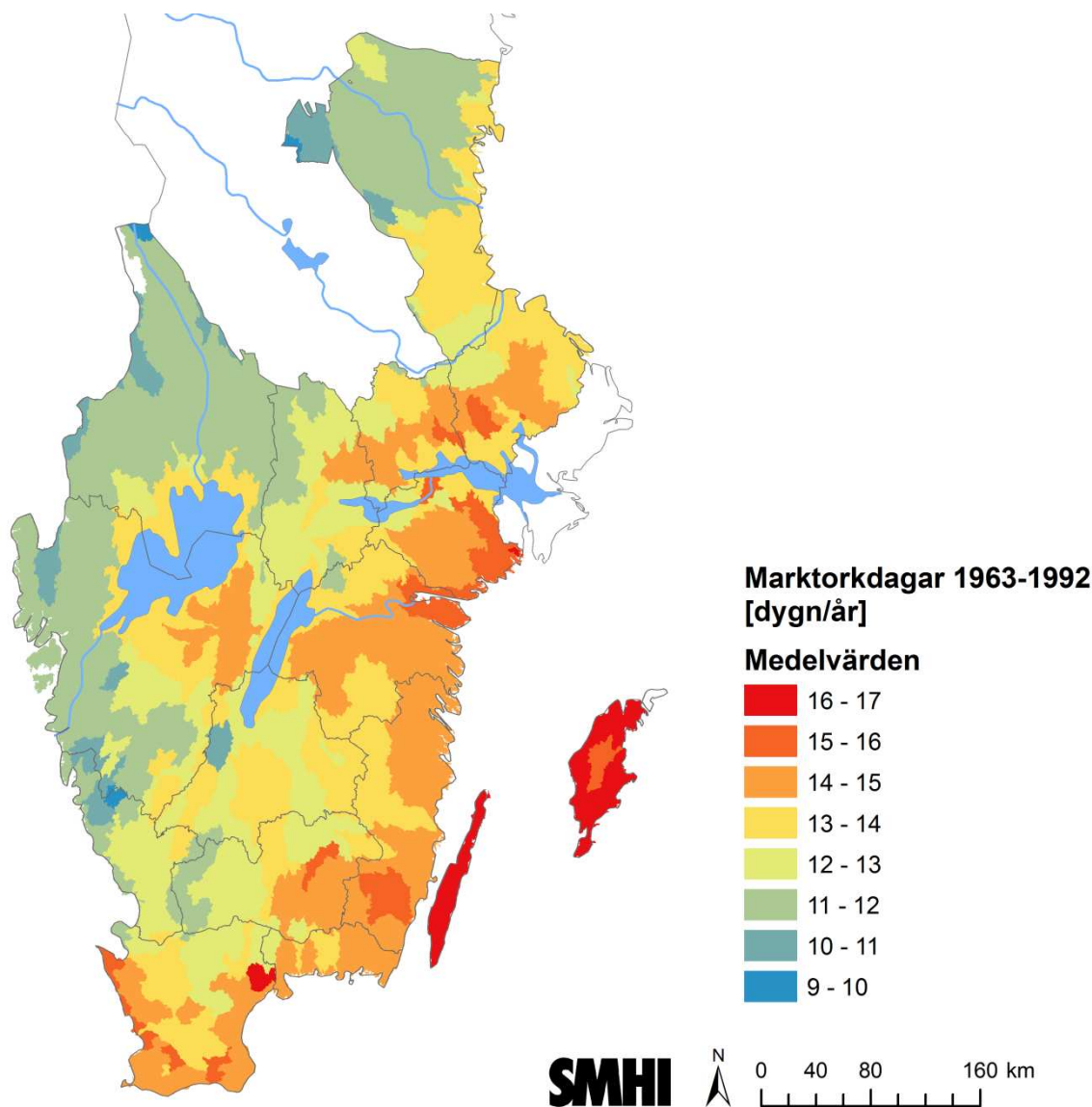
Nation	Institut	Scenario	GCM	RCM	Upplösning	Period
	SMHI	A1B	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(2)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2100
	SMHI	B1	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ARPEGE	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	CCSM3	RCA3	50 km	1961-2100
	CNRM	A1B	ARPEGE	Aladin	25 km	1961-2050
	KNMI	A1B	ECHAM5(3)	RACMO	25 km	1961-2100
	MPI	A1B	ECHAM5(3)	REMO	25 km	1961-2100
	C4I	A2	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2050
	HC	A1B	HadCM3(Q0)	HadRM3	25 km	1961-2100
	C4I	A1B	HadCM3(Q16)	RCA3	25 km	1961-2100
	METNO	A1B	BCM	HIRHAM	25 km	1961-2050
	METNO	A1B	HadCM3(Q0)	HIRHAM	25 km	1961-2050
	DMI	A1B	ECHAM5(3)	HIRHAM	25 km	1961-2100

3 Resultat

3.1 Torka och markfuktighet

Den hydrologiska HBV-modellen används vanligen för att beräkna vattenföring i vattendrag, men ger också möjlighet att studera beräkningar av markfuktighet. Modellens beräknade markfuktighet är i viss mån modellspecifik och beskriver inte till fullo de lokala förhållandena avseende jordarter, jordlager och markanvändning. Modellen ger ändå en god bild av hur blöt marken är från markytan ner till grundvattnet, dvs. den omättade markzonen. Generellt pekar klimatscenarierna på att årsnederbörden kommer att öka. Det är dock inte samma sak som att risken för torka kommer att minska. För att bedöma risken för torka måste också förändringar av avdunstning vägas in och relateras till nederbördens fördelning över året, vilket görs av den hydrologiska modellen. Grovt sett kan man säga att avdunstningen ökar ca 5-10 procent för varje grads ökning av temperaturen. Detta motverkar effekten av ökad nederbörd och kan medföra att avrinningen minskar trots att nederbörden ökar.

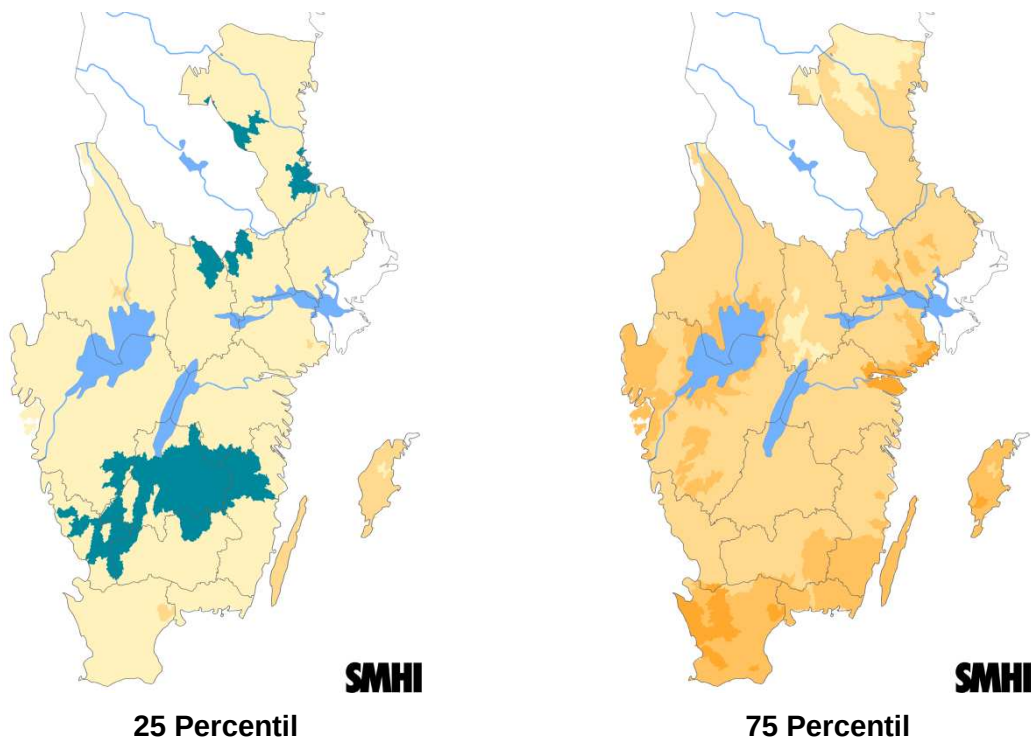
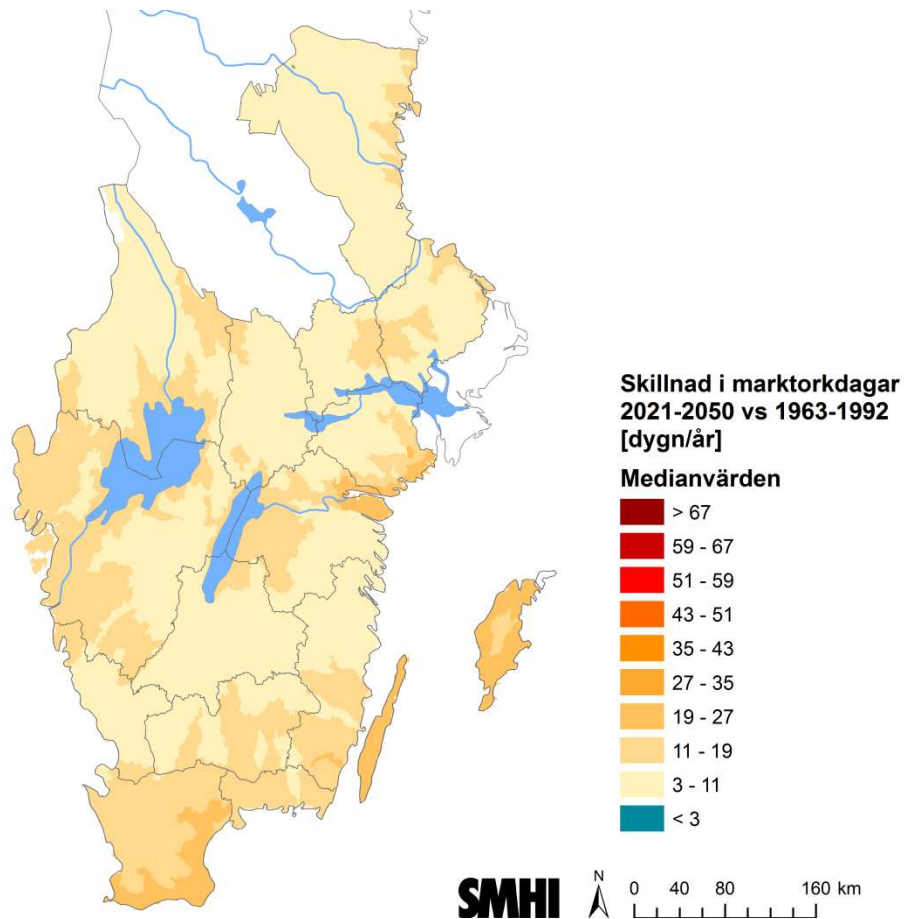
För att kunna analysera hur risken för torka förändras i framtiden måste först ett mått på torka tas fram. Det finns inget vedertaget begrepp som med enkelhet kan överföras till den hydrologiska modellen. I denna analys har därför medelvärdet av varje års lägsta markfuktighet under 30-årsperioden 1963-1992 använts som ett representativt mått på när det är torrt i marken. I den fortsatta texten benämns markfuktighet under detta gränsvärde som marktorka. Detta mått relaterar alltså till dagens variationsmönster av markfuktighet. Under referensperioden 1963-1992 rådde torka, enligt det beskrivna måttet, i genomsnitt från ca 9 till 17 dagar per år (figur 3-1). Notera att vissa år har fler dagar med marktorka och att andra år helt kan sakna marktorkdagar. Exempelvis kan ett område som har ca två veckor med marktorka i genomsnitt per år ha vissa år med mycket långa perioder då markvattenhalten understiger gränsvärdet för marktorka (dvs. medelvärdet av varje års lägsta markfuktighet) och andra år då gränsvärdet inte underskrids alls. Måttet för marktorka relaterar till dagens variationsmönster på varje plats (delområde i modellen). Det innebär att måttet för marktorka definieras relativt det som är normalt för just den platsen. Några stora geografiska skillnader är därför inte att vänta för den tidsperiod som måttet är definierat för (perioden 1963-1992). I figur 3-1 kan ändå ses en något längre genomsnittlig period med marktorka för de östra och sydliga länen.



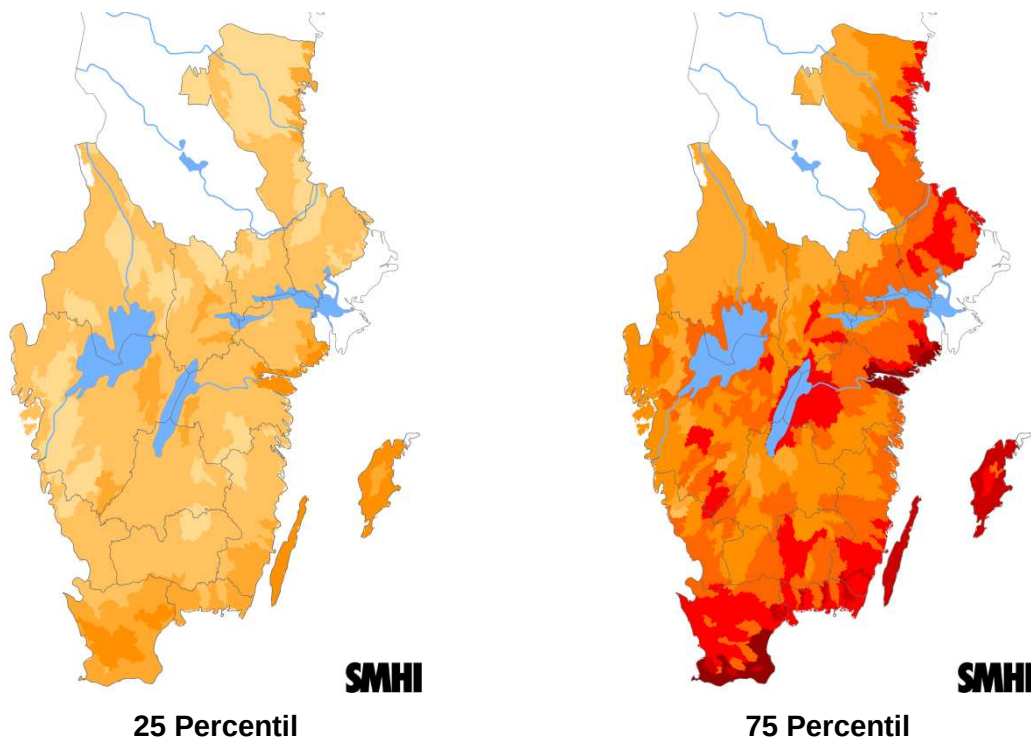
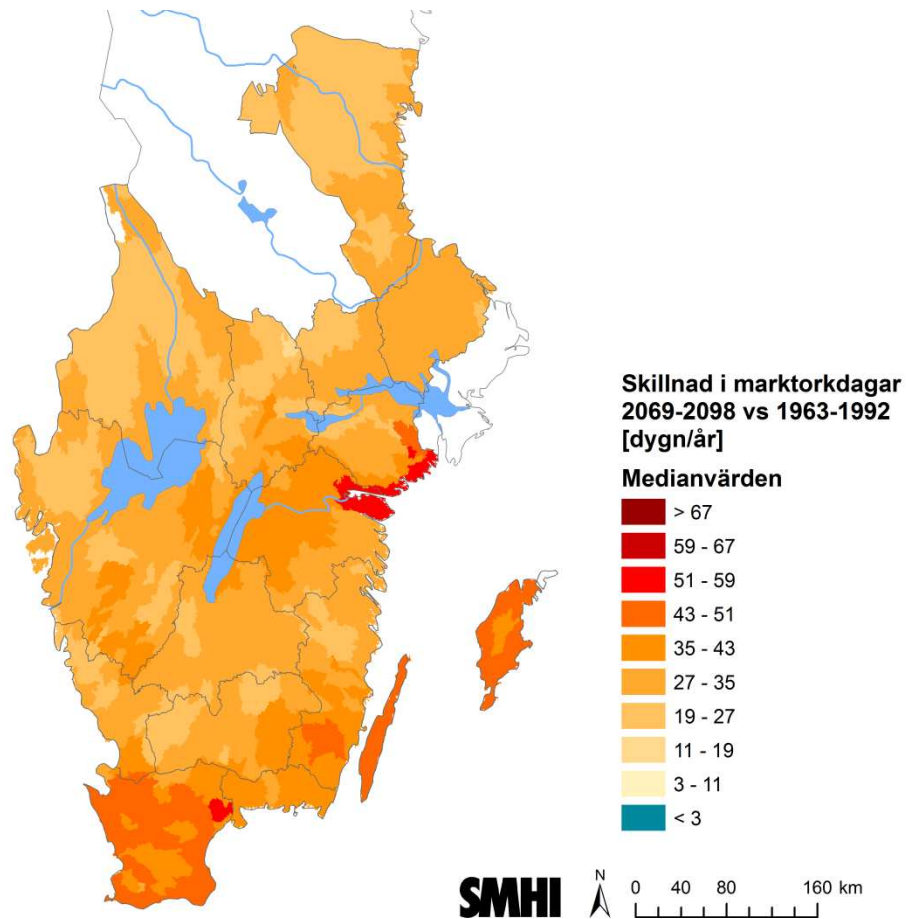
Figur 3-1. Antal dagar per år under referensperioden (1963-1992) då markfuktigheten är lägre än medelvärdet av varje års lägsta värde. Kartan visar medelvärdet för de 16 klimatscenariernas referensperiod.

För att studera hur antalet marktorkdagar kan komma att förändras i framtiden har resultaten från beräkningarna med den hydrologiska modellen från 16 klimatscenarier analyserats och sammanställts. I figur 3-2 redovisas förändringen i antalet marktorkdagar för den framtida perioden 2021-2050 jämfört med perioden 1963-1992, det vill säga tillkommande marktorkdagar utöver de som visas i figur 5.3-1. Störst ökning av antalet marktorkdagar ses längs Skånes syd- och ostkust, på Öland och Gotland samt längs kusten i Östergötland och Södermanland där medianökningen är 19-27 dagar. Detta innebär på vissa platser i det närmaste en fördubbling jämfört med antalet marktorkdagar under referensperioden. I figur 3-2 redovisas också spridningsmått för beräkningarna i form av 25- och 75-percentiler. Inom det intervall som ges av dessa båda mått ryms hälften av de beräknade klimatscenarierna, men det är viktigt att påpeka att spridningen/osäkerheten totalt sett är större än det som här visas.

Förändringen i antalet marktorkdagar mot slutet av seklet, 2069-2098 jämfört med 1963-1992, redovisas i figur 3-3 på motsvarande sätt som för mitten på seklet i figur 3-2. Stora ökningar ses i Skåne, delar av Kalmar län samt på Öland och Gotland där medianökningen uppgår till 43-51 marktorkdagar. Detta innebär i praktiken en ökning av medianvärdet till ungefär fyra gånger fler dagar med marktorka. I några mindre områden i Skåne samt längs kusten i Östergötland och Södermanland är ökningen ännu större, 51-59 marktorkdagar. Ökningarna är generellt sett stora i alla de studerade länen och ligger mestadels mellan 20-40 ytterligare marktorkdagar jämfört med referensperioden.



Figur 3-2. Skillnad mellan perioden 2021-2050 och 1963-1992 för antal dagar per år då markfuktigheten är lägre än medelvärdet av varje års lägsta värde beräknat för referensperioden 1963-1992. I den övre kartan redovisas medianvärdet av den beräknade förändringen för de 16 klimatscenarierna i relation till referensperioden och i de undre redovisas 25 percentil (vänster) respektive 75 percentil (höger).

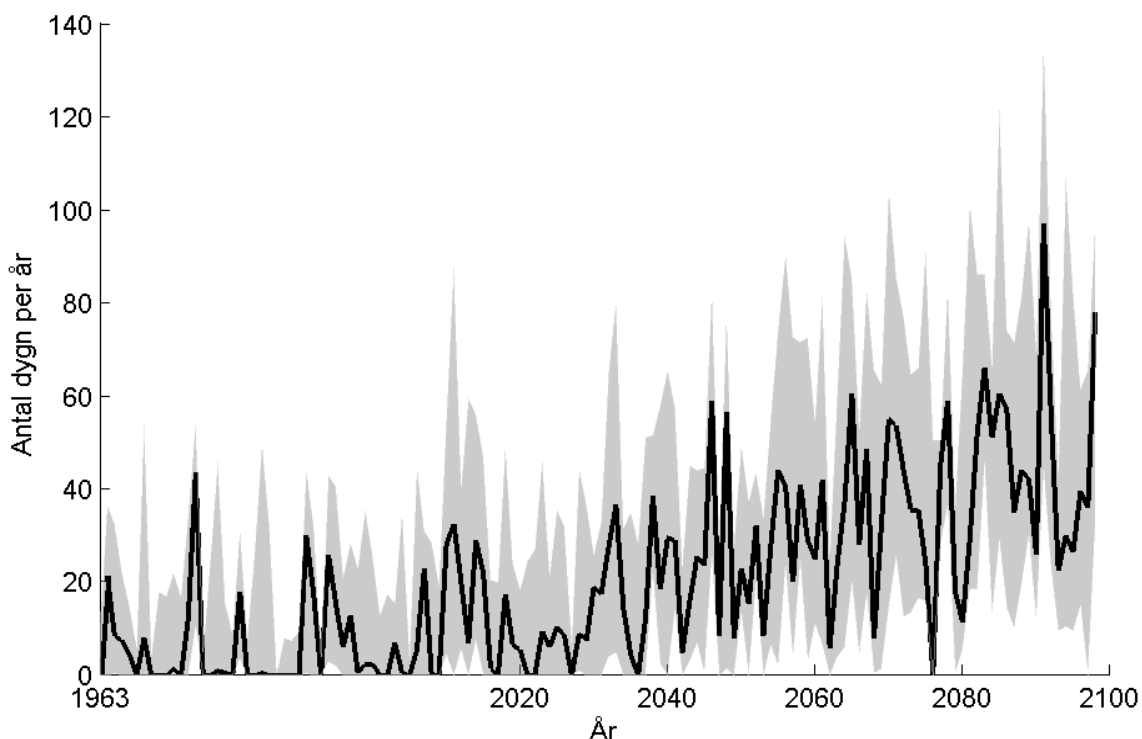


Figur 3-3. Skillnad mellan perioden 2069-2098 och 1963-1992 för antal dagar per år då markfuktigheten är lägre än medelvärdet av varje års lägsta värde beräknat för referensperioden 1963-1992. I den övre kartan redovisas medianvärdet av den beräknade förändringen för de 12 klimatscenarierna i relation till referensperioden och i de undre redovisas 25 percentil (vänster) respektive 75 percentil (höger).

Samtliga kartpresentationer av marktorka (figur 3-1 till 3-3) representerar medelförhållanden under en 30-årsperiod. Detta ger en bra överblick över förändringarna, men det är viktigt att komma ihåg att medelförhållanden sällan råder. Då det råder marktorka är det stor chans, eller risk, att detta pågår under avsevärt längre tid än vad som förespeglas av medianvärdet, medan det andra år inte alls behöver inträffa marktorka.

I figur 3-4 visas en tidsserie över antalet dagar med marktorka för ett område i Fyrisåns avrinningsområde, i närheten av Uppsala. Denna tidserie exemplifierar hur mellanårsvariationen kan te sig. Analysen redovisas för perioden 1963-2100, så som den beskrivs av klimatsimuleringarna. Det innebär att beräkningarna beskriver klimatvariationen över tiden, men inte det direkta utfallet för varje år. Det är därför inte möjligt att jämföra verkliga inträffade torrår (exempelvis 1977) med de som redovisas i diagrammet. Ur diagrammet kan ses att variationen fram till ca 2040 ungefärligen liknar den historiska, med vissa år med torka och andra helt utan. Därefter ökar frekvensen av torka och praktiskt taget samtliga följande år uppvisar perioder med torka.

I bilaga 1 till 15 redovisas motsvarande kartor som i figur 3-1 till 3-3 för samtliga 15 län.



Figur 3-2. Antal dagar per år då markfuktigheten är lägre än medelvärdet, beräknat av varje års lägsta värde, för referensperioden 1963-1992. Beräkningarna avser ett delavrinningsområde i Fyrisån. 16 klimatscenarier har använts fram till 2050 och därefter 12 klimatscenarier till slutet på seklet. Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen och den svarta linjen visar medianen (Från Persson m.fl., 2013).

4 Diskussion

Det finns många olika mått på torka och de varierar stort beroende på vilken tillämpning som avses. I detta fall har ett mått använts som relaterar till markfuktigheten och dagens förhållanden. I framtiden kan val av grödor och brukningsmetoder förändras liksom uppfattningen om torka. Vad som är torrt beror också på sammanhanget. Det är därför viktigt att dessa beräkningar sätts i sitt sammanhang av den som tolkar dem beroende på vilken fråga som ställs.

Den analys av marktorka som gjorts i denna studie avser frekvensen och längden av marktorka. Graden av torka har inte analyserats, det vill säga hur långt under det använda tröskelvärde för marktorka markfuktigheten sjunker. Det är dock ingen tvekan om att även graden av torka kommer att öka då perioderna med marktorka blir både mer frekventa och längre.

5 Referenser

- Alexandersson H. 2003. Korrektion av nederbörd med enkel klimatologisk metodik. *SMHI Meteorologi*, nr 111, Norrköping.
- Andréasson J., Bergström S., Gardelin M., German J., Gustavsson H., Hallberg K. och Rosberg J. 2011. Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - metodutveckling och scenarier. *Elforsk rapport* 11:25.
- 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 Johnsen, C.A. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.
- IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 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. and 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. and 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. och Bergström S. 1997. Development and test of the distributed HBV-96 model. *Journal of Hydrology*, 201, 272-288.
- Nakićenović N., and R. Swart (eds.) 2000. Special Report on Emissions Scenarios. *A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp.
- Persson, G., Sjökvist, E., Nylén, L., Andersson, M., Persson, H., Sjögren, J. och Hallberg, K. 2013. Klimatanalys för Uppsala län. SMHI-rapport 2013-9.
- SOU 2007a. Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen. *SOU 2007:60*, Stockholm.
- van der Linden P., and J.F.B. Mitchell (eds.) 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: *Summary of research and results from the ENSEMBLES project*. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160pp.
- Yang W., Andréasson J., Graham L.P., Olsson J., Rosberg J. and 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.

6 Bilagor

I bilagorna redovisas länsvisa kartor för samtliga i studien ingående län enligt förlaga i figur 3-1 till 3-3.

Bilaga 1. Skåne län

Bilaga 2. Blekinge län

Bilaga 3. Hallands län

Bilaga 4. Kronobergs län

Bilaga 5. Kalmar län

Bilaga 6. Gotlands län

Bilaga 7. Jönköpings län

Bilaga 8. Västra Götalands län

Bilaga 9. Östergötlands län

Bilaga 10. Södermanlands län

Bilaga 11. Västmanlands län

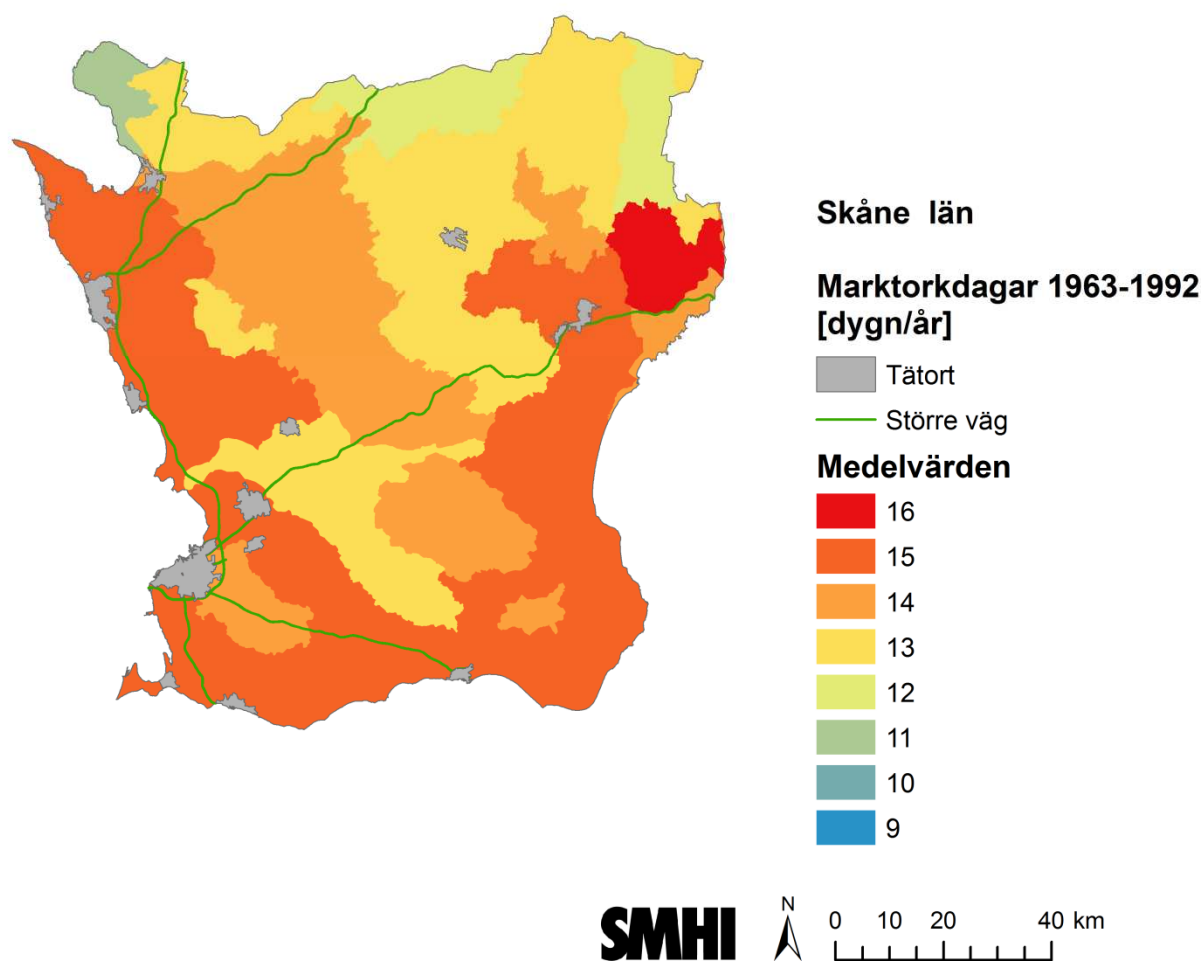
Bilaga 12. Värmlands län

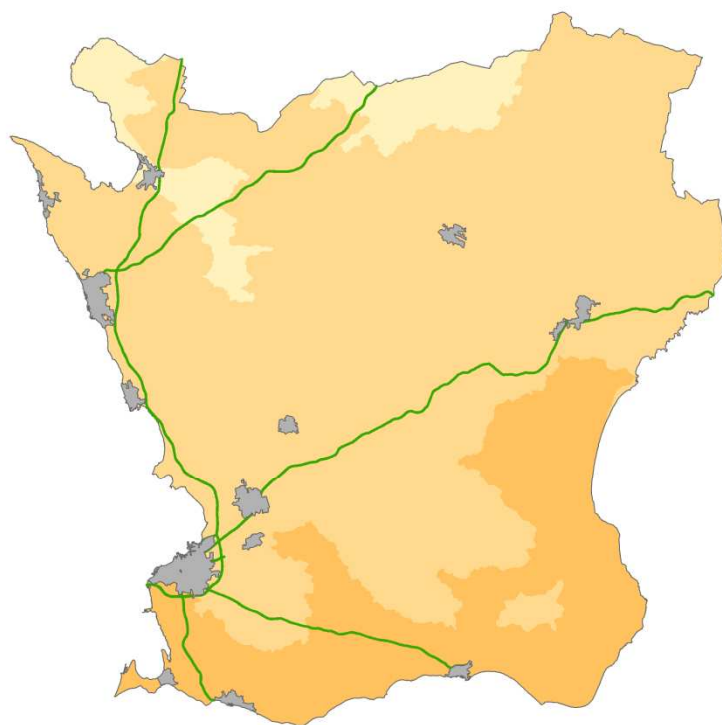
Bilaga 13. Örebro län

Bilaga 14. Uppsala län

Bilaga 15. Gävleborgs län

Bilaga 1 – Skåne län





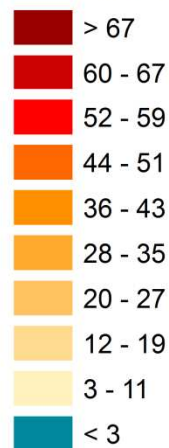
Skåne län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

— Större väg

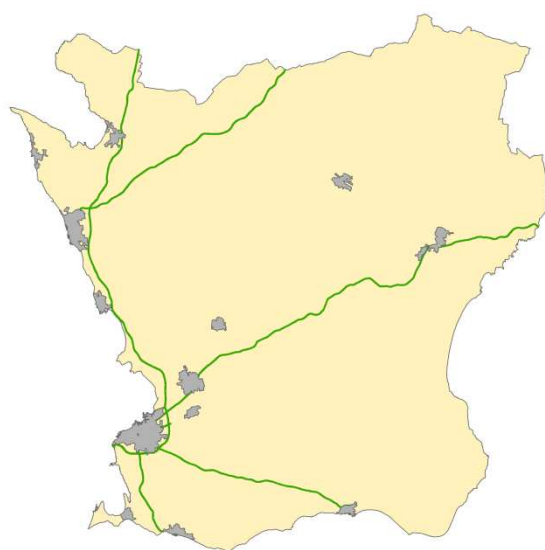
Medianvärden



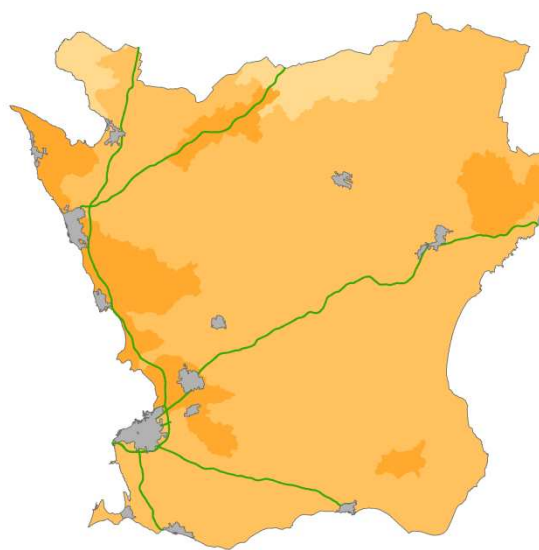
SMHI



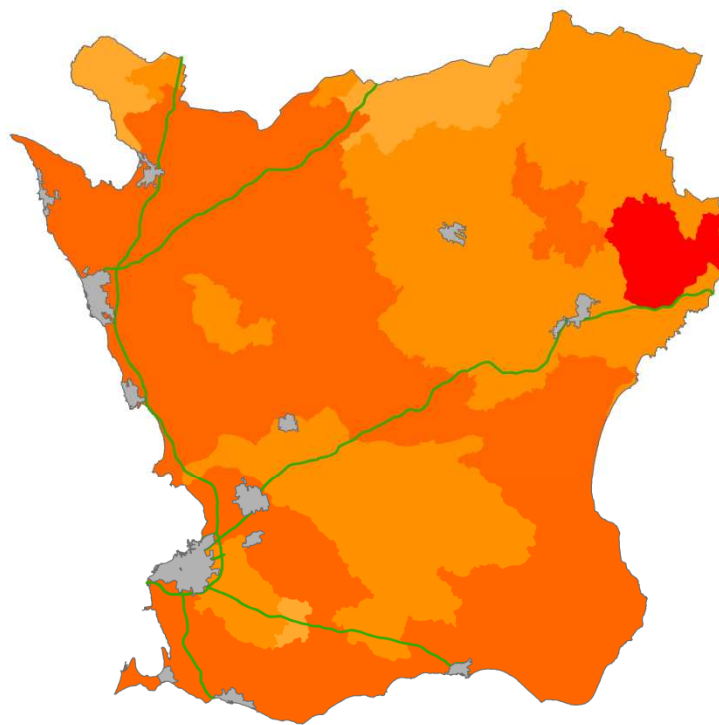
0 10 20 40 km



25 Percentil



75 Percentil



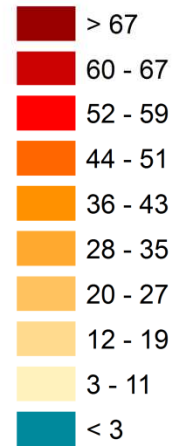
Skåne län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

— Större väg

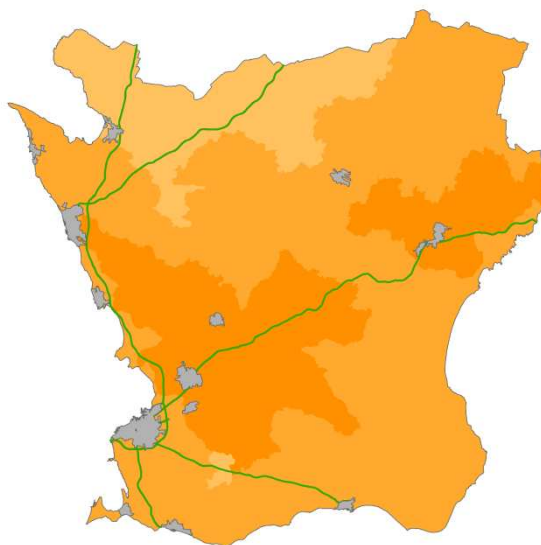
Medianvärden



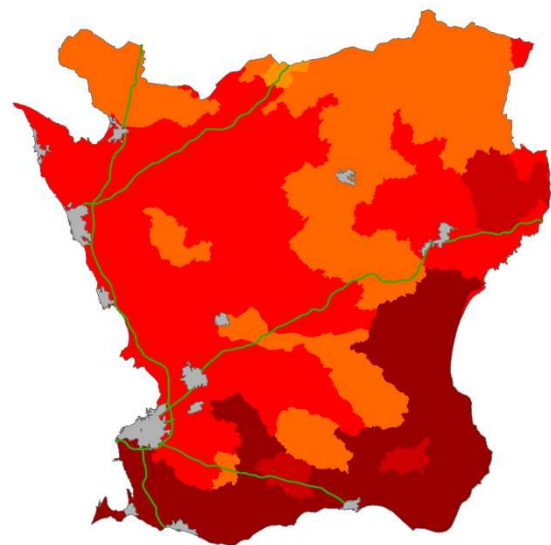
SMHI



0 10 20 40 km

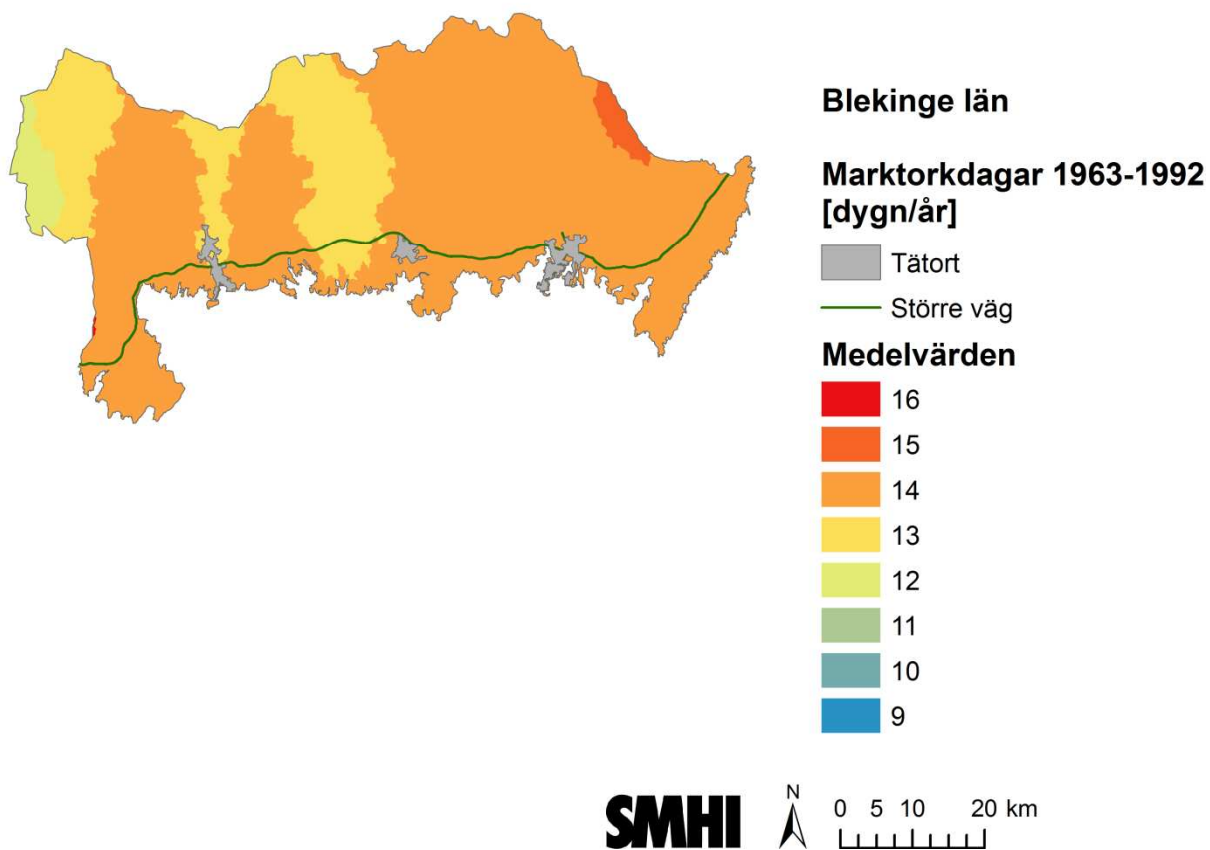


25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 2 – Blekinge län



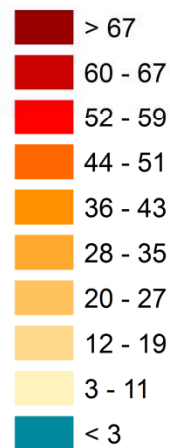
Blekinge län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

— Större väg

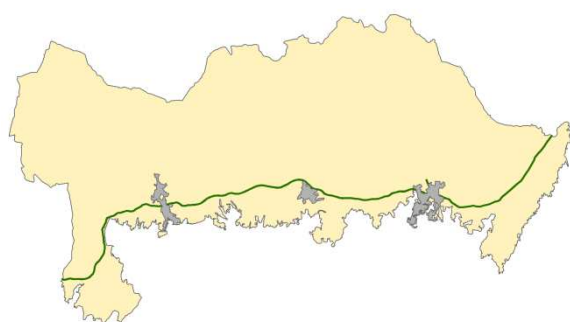
Medianvärden



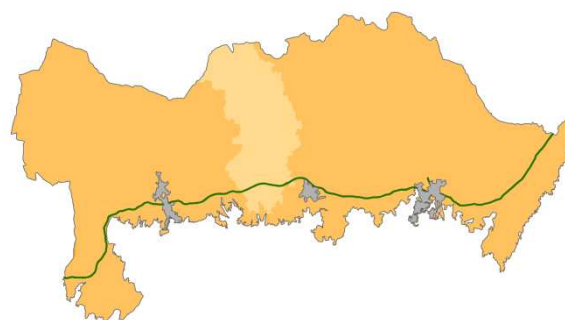
SMHI



0 5 10 20 km



25 Percentil



75 Percentil

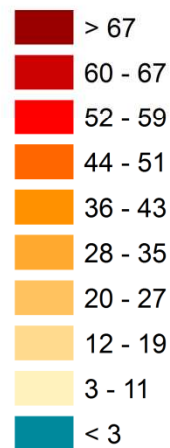
Blekinge län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

— Större väg

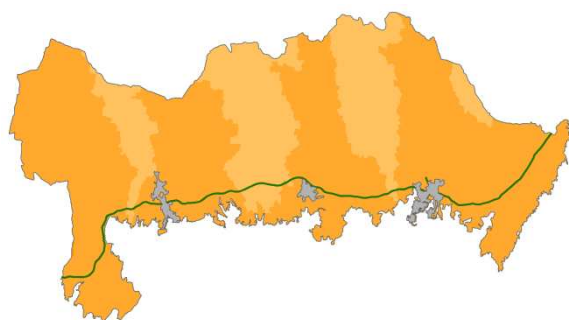
Medianvärden



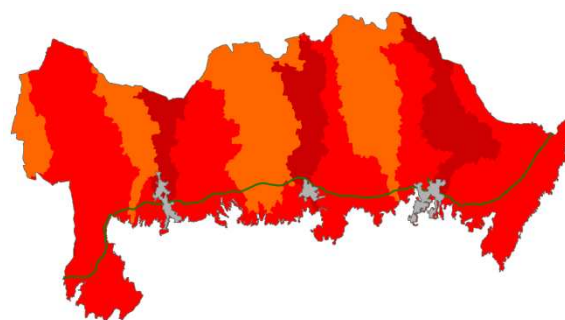
SMHI



0 5 10 20 km

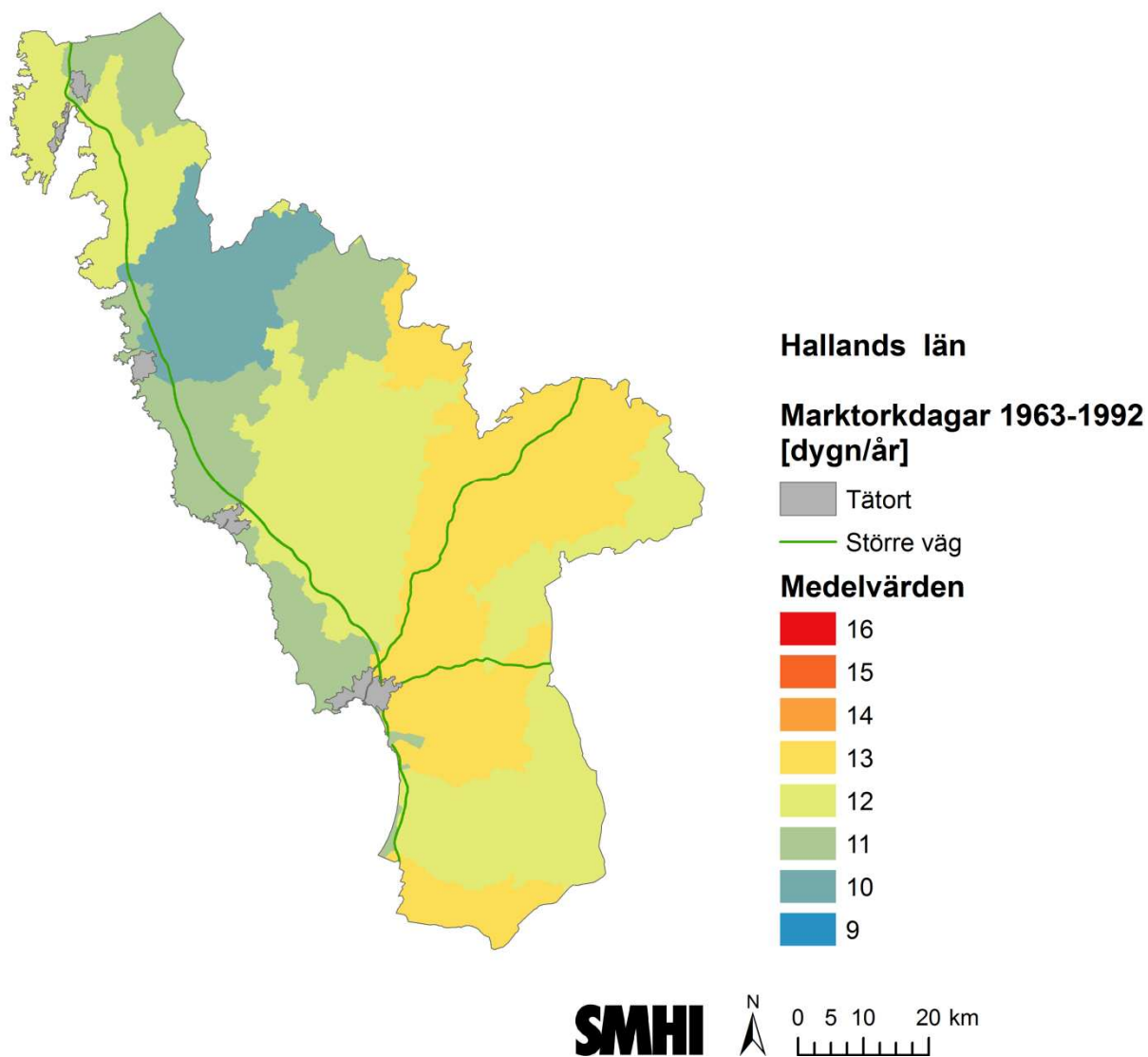


25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 3 – Hallands län





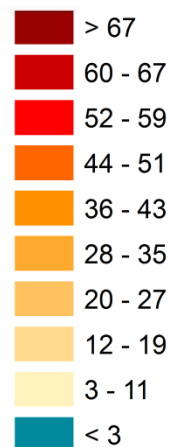
Hallands län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

— Större väg

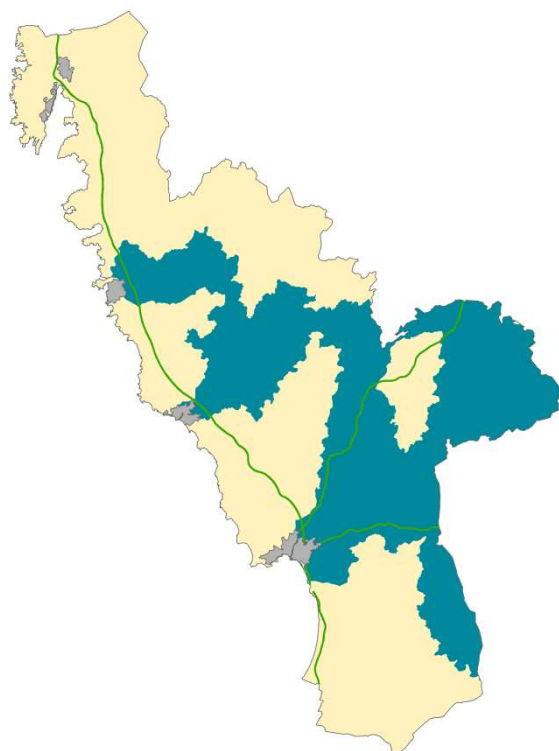
Medianvärden



SMHI



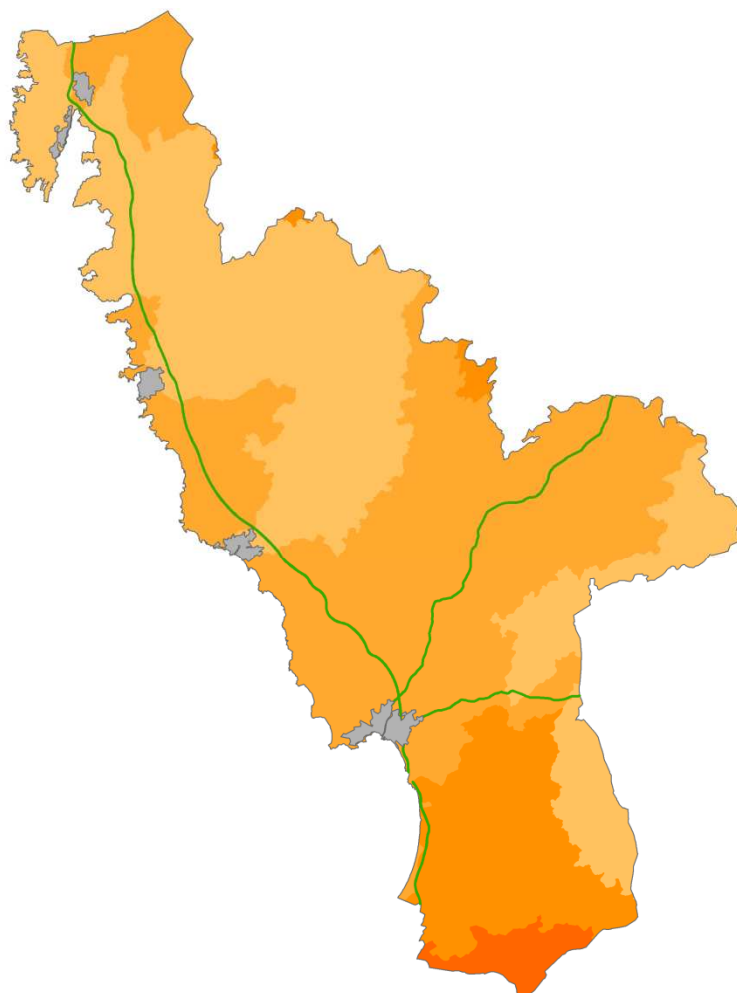
0 5 10 20 km



25 Percentil



75 Percentil



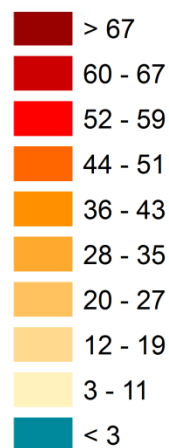
Hallands län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

— Större väg

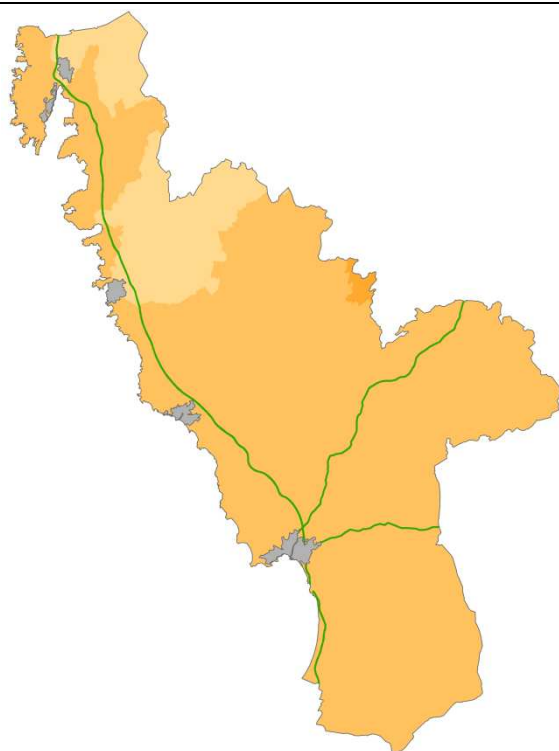
Medianvärden



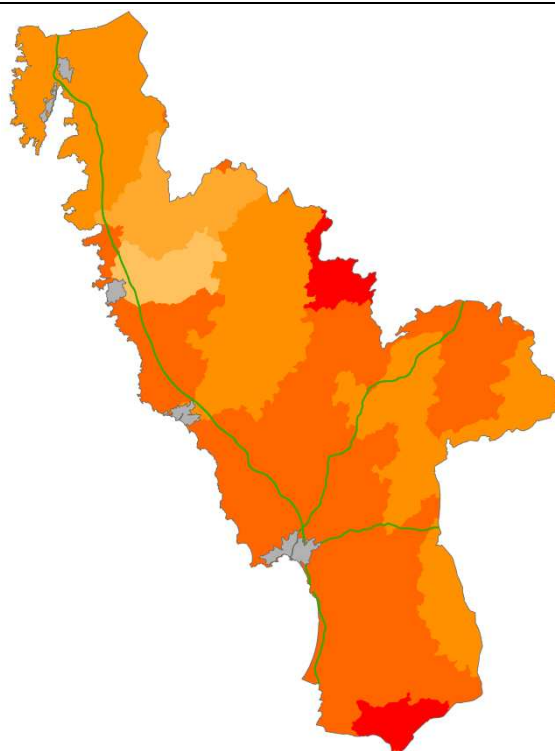
SMHI



0 5 10 20 km

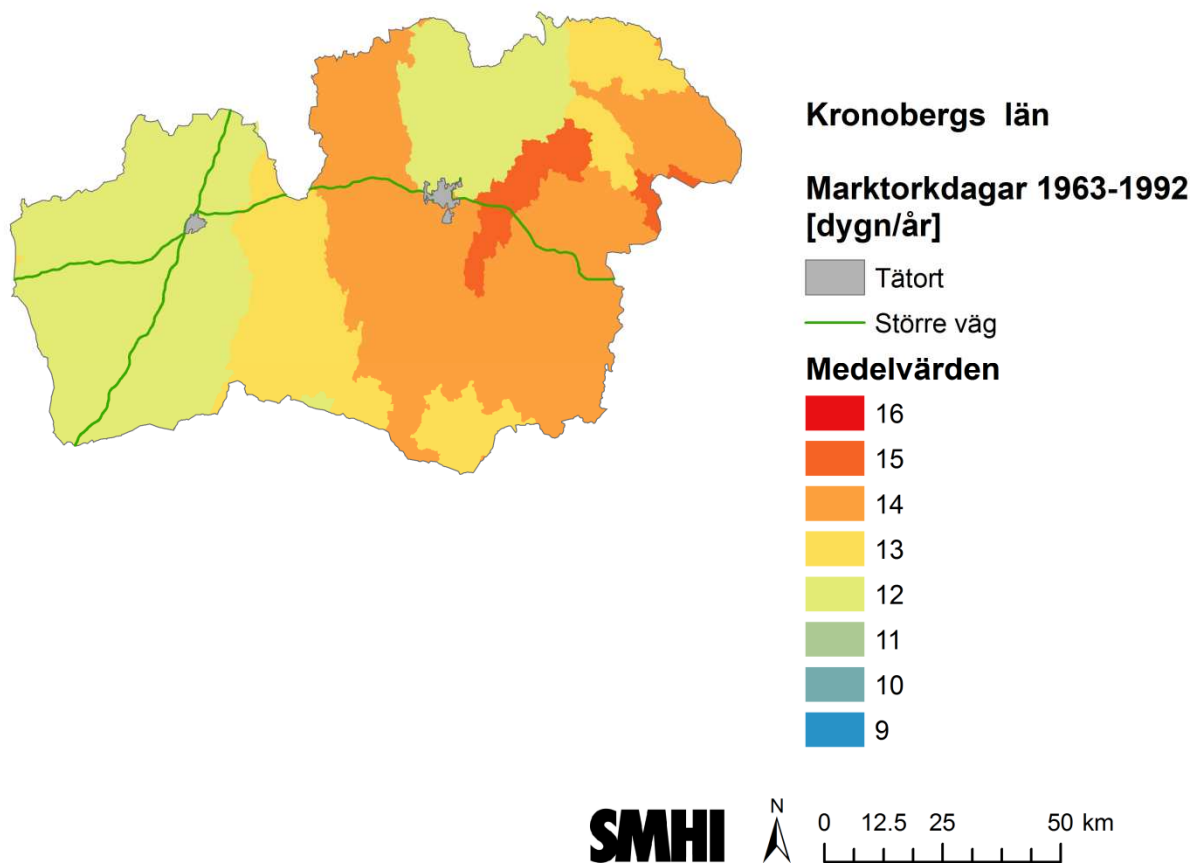


25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 4 – Kronobergs län



Kronobergs län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

— Större väg

Medianvärden

■ > 67

■ 60 - 67

■ 52 - 59

■ 44 - 51

■ 36 - 43

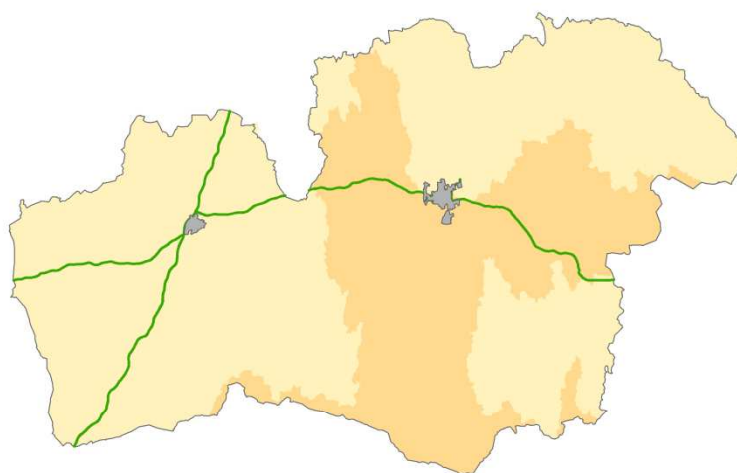
■ 28 - 35

■ 20 - 27

■ 12 - 19

■ 3 - 11

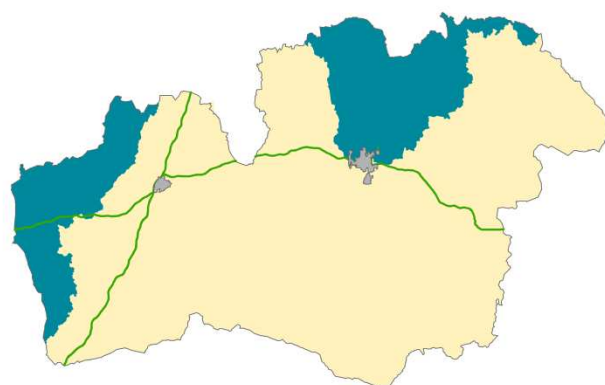
■ < 3



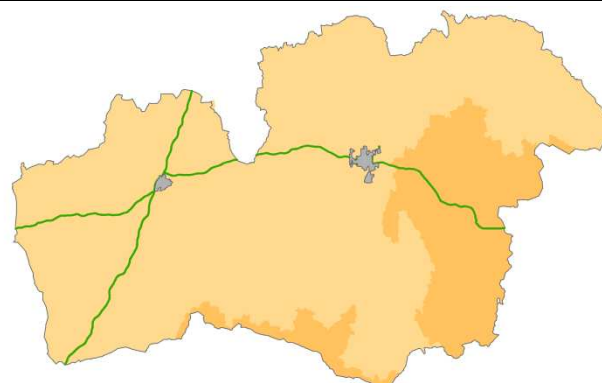
SMHI



0 12.5 25 50 km



25 Percentil



75 Percentil

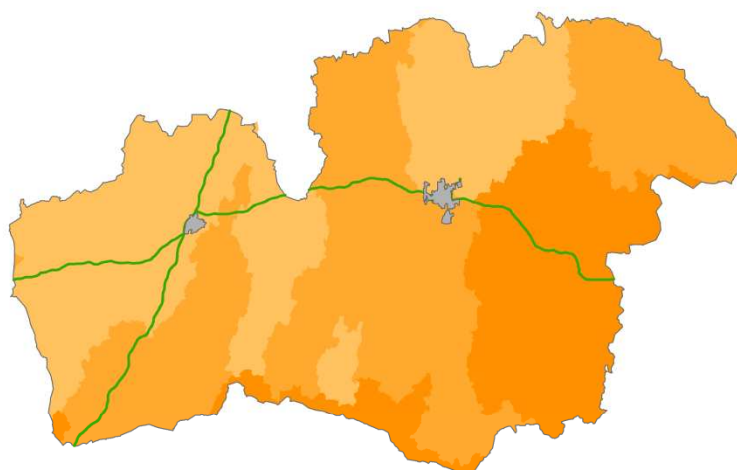
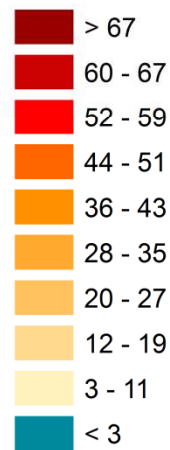
Kronobergs län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

— Större väg

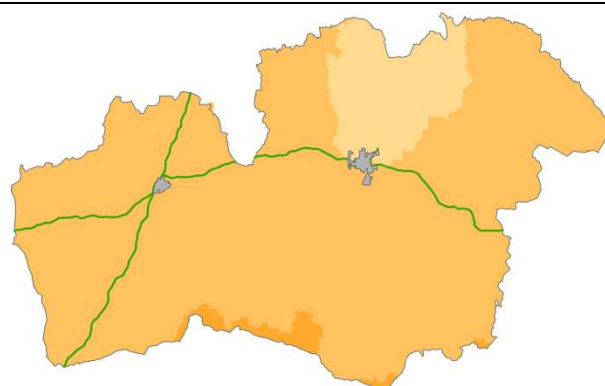
Medianvärden



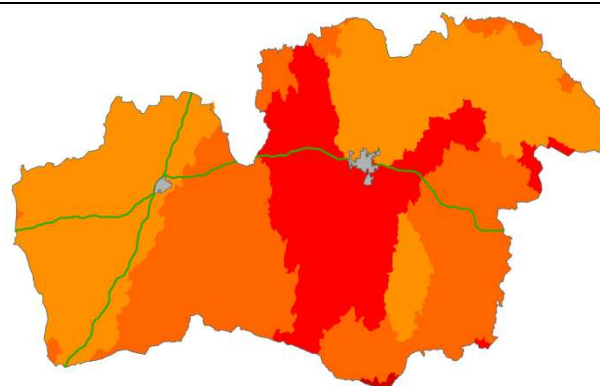
SMHI



0 12.5 25 50 km

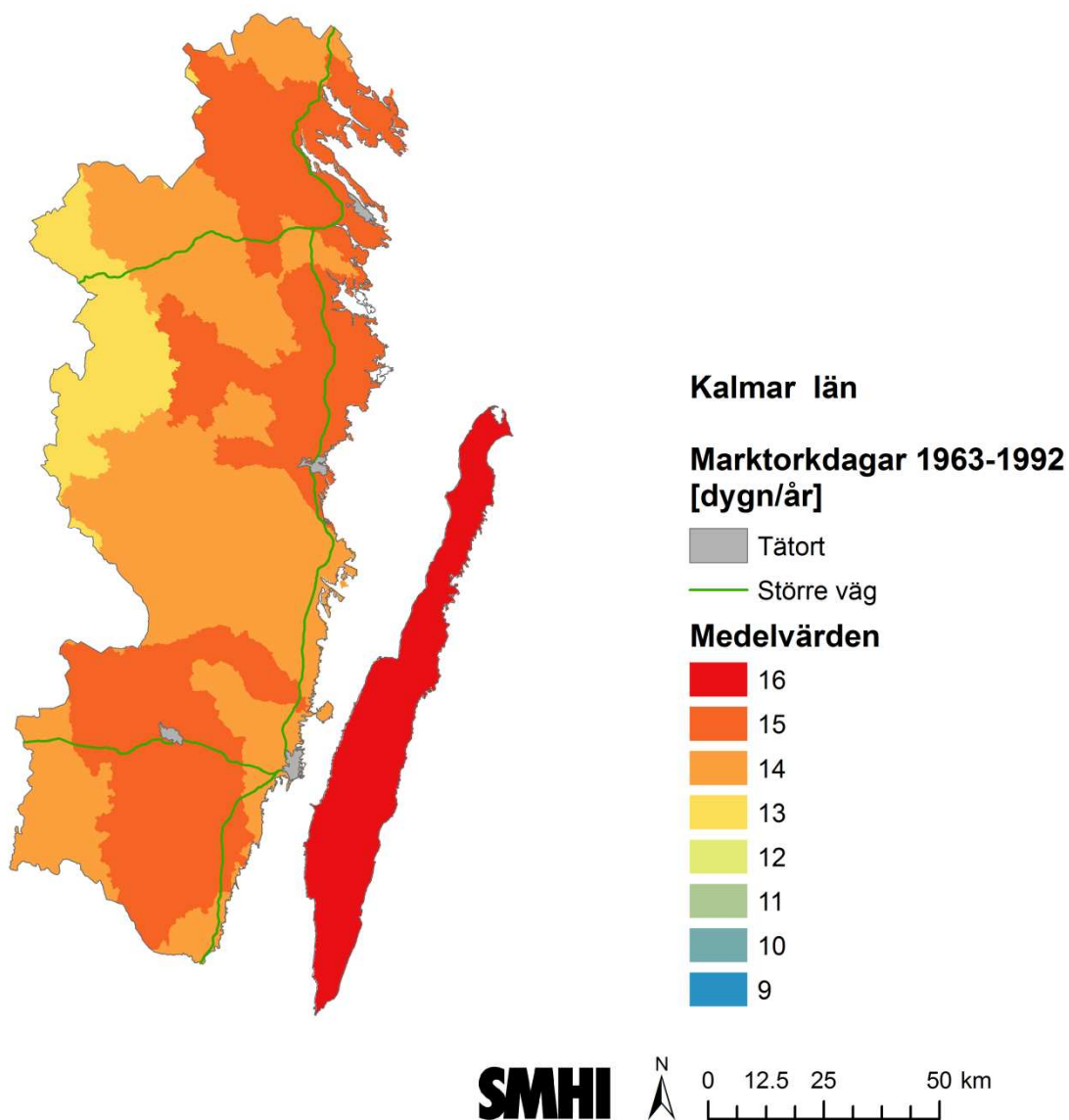


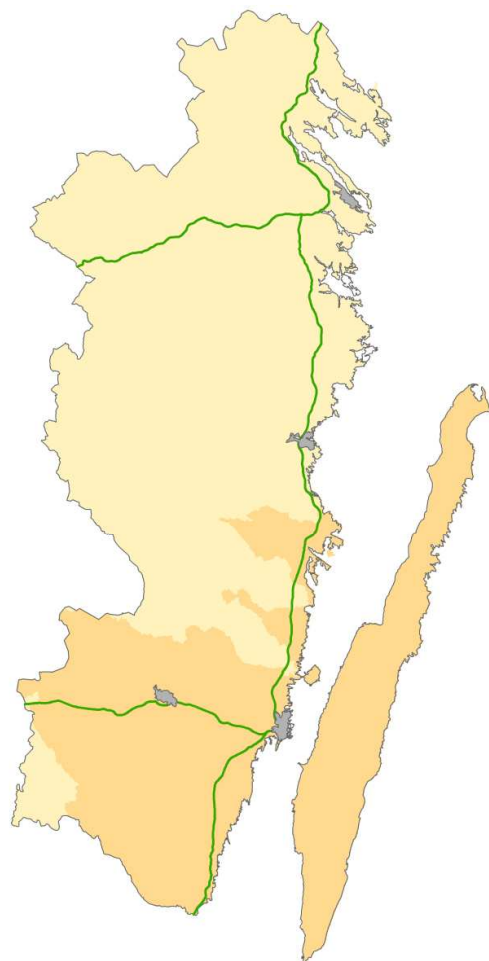
25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 5 – Kalmar län



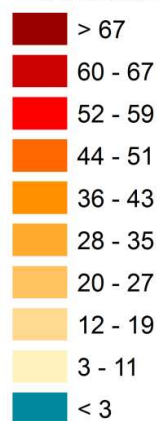


Kalmar län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort
— Större väg

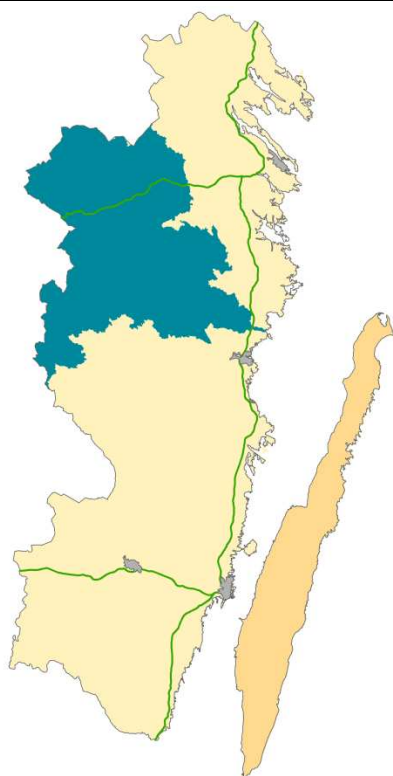
Medianvärden



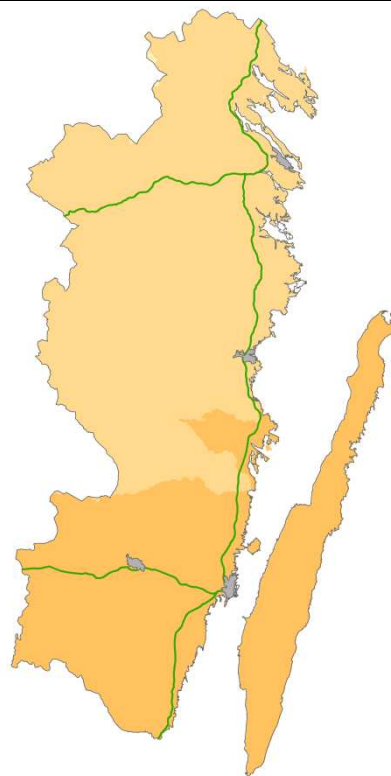
SMHI



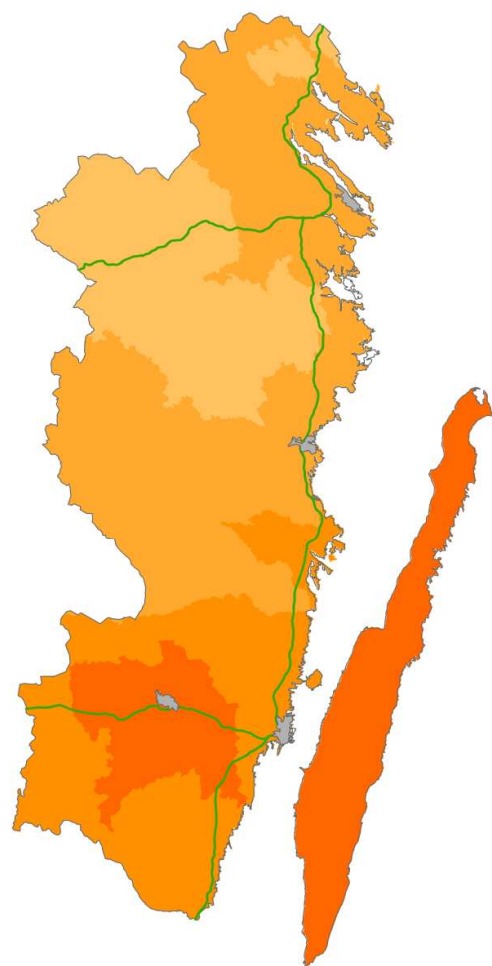
0 12.5 25 50 km



25 Percentil



75 Percentil

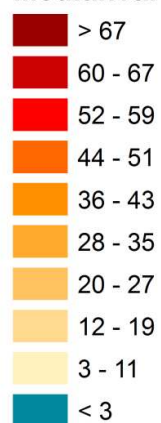


Kalmar län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort
— Större väg

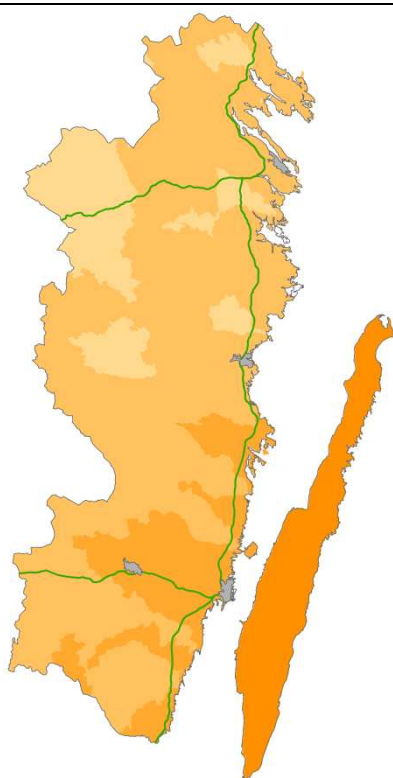
Medianvärden



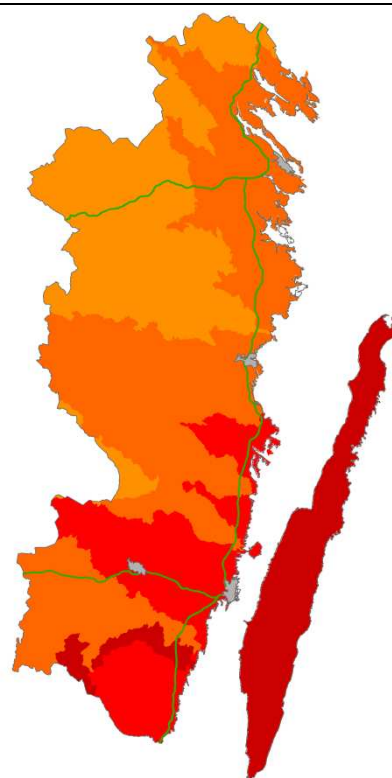
SMHI



0 12.5 25 50 km

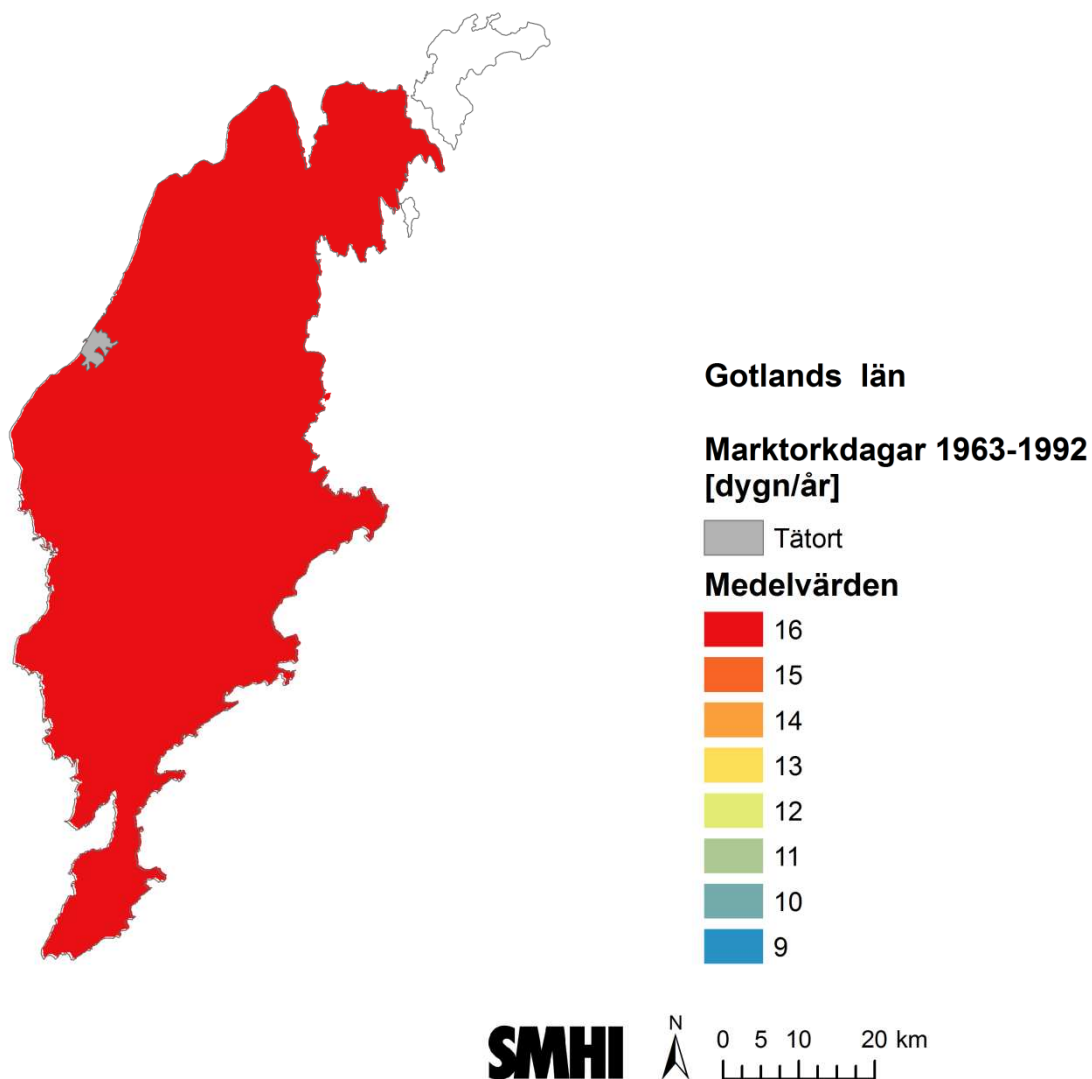


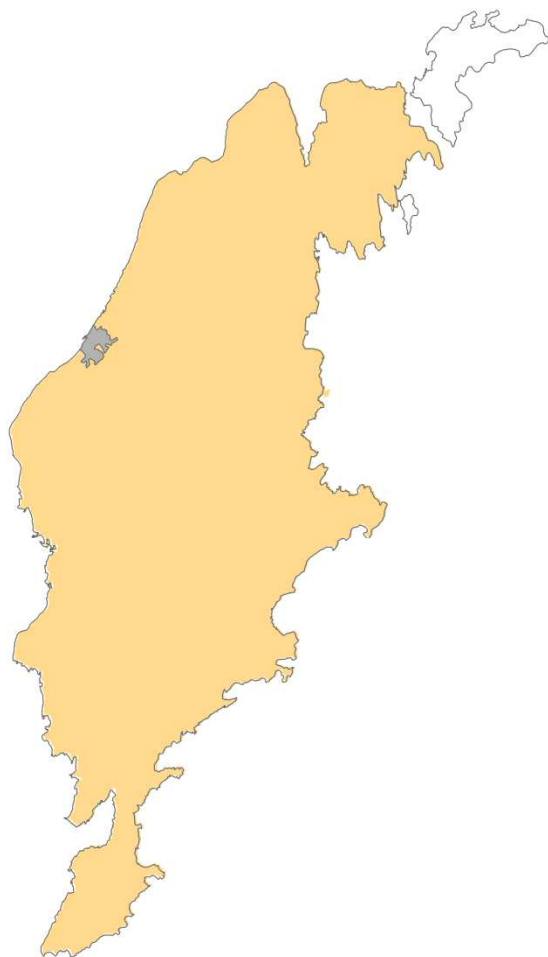
25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 6 – Gotlands län



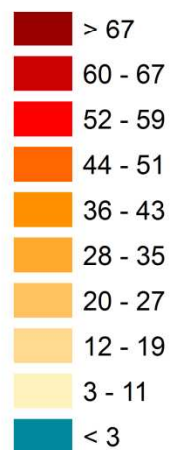


Gotlands län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

 Tätort

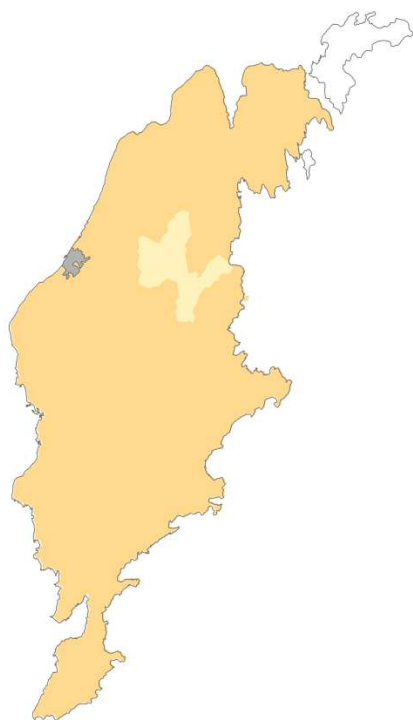
Medianvärden



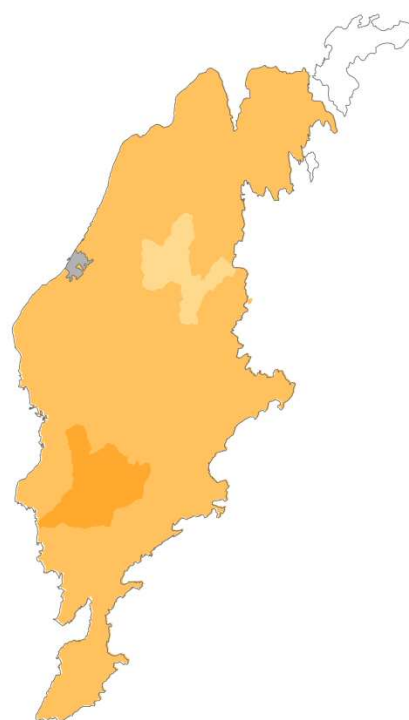
SMHI



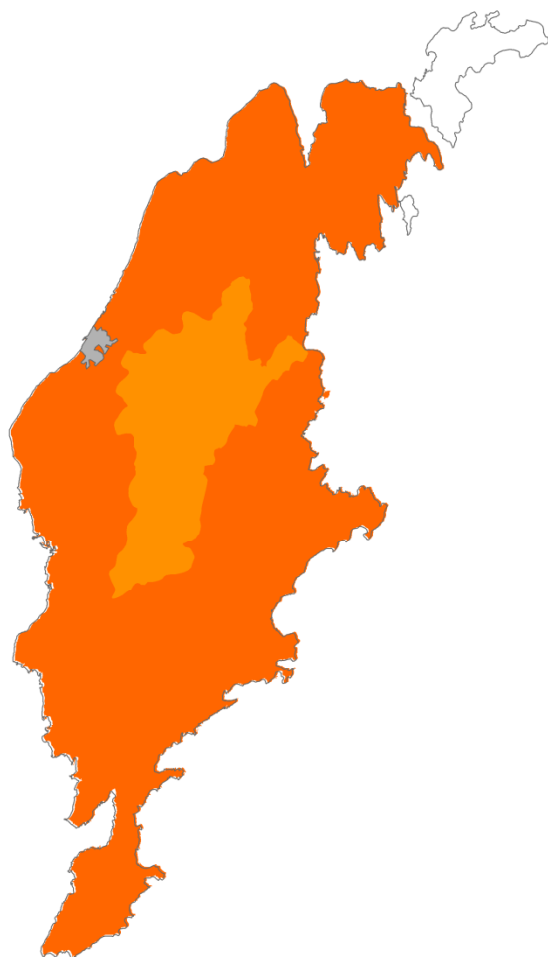
0 5 10 20 km



25 Percentil



75 Percentil

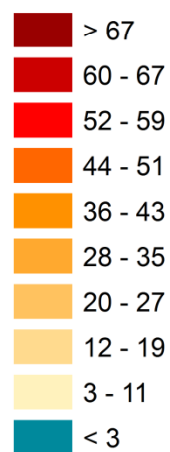


Gotlands län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

 Tätort

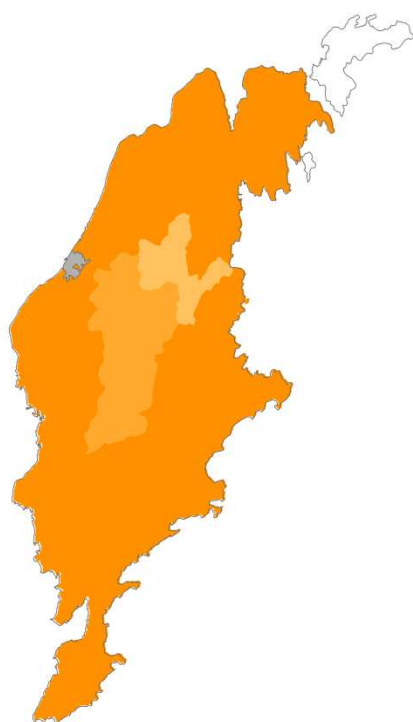
Medianvärden



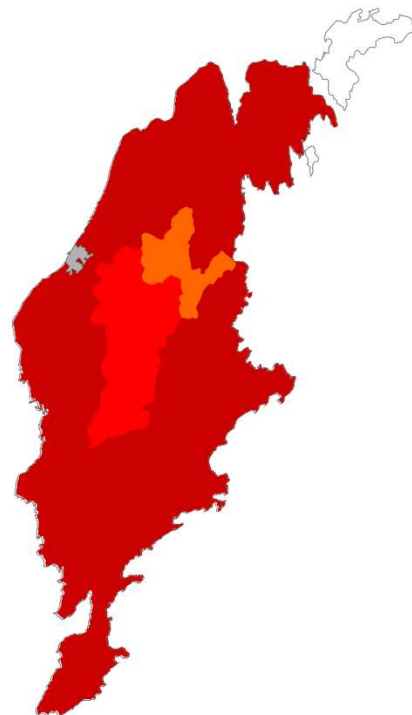
SMHI



0 5 10 20 km

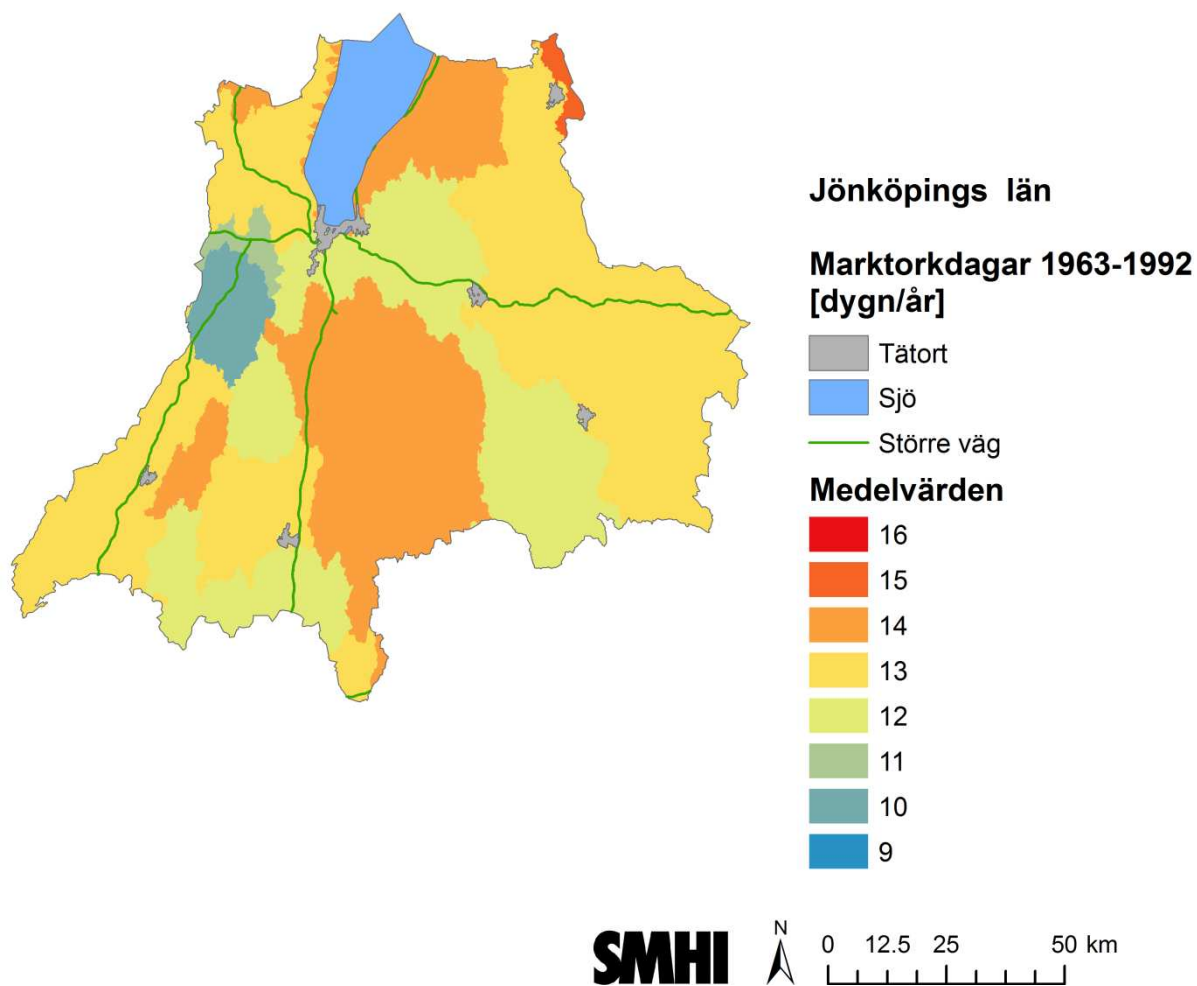


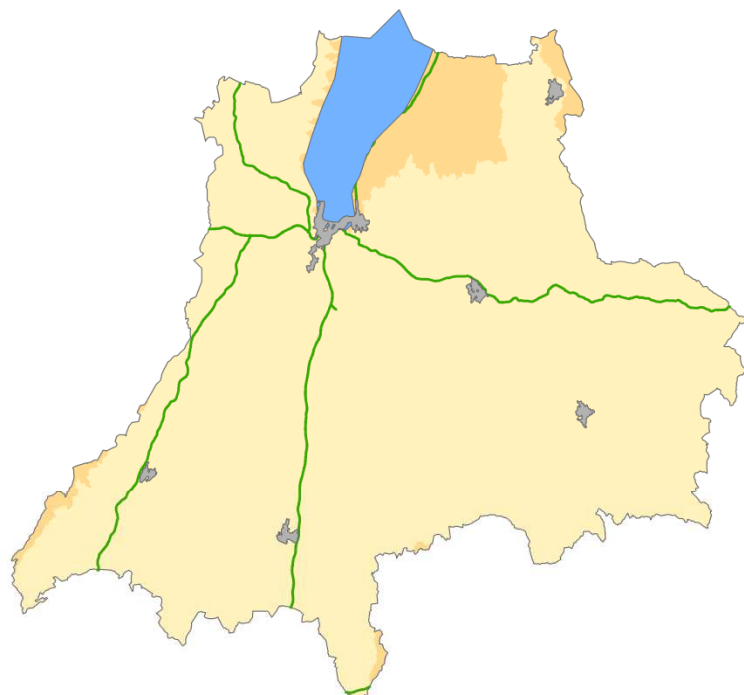
25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 7 – Jönköpings län





Jönköpings län

**Skillnad i marktork dagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

■ Sjö

— Större väg

Medianvärden

■ > 67

■ 60 - 67

■ 52 - 59

■ 44 - 51

■ 36 - 43

■ 28 - 35

■ 20 - 27

■ 12 - 19

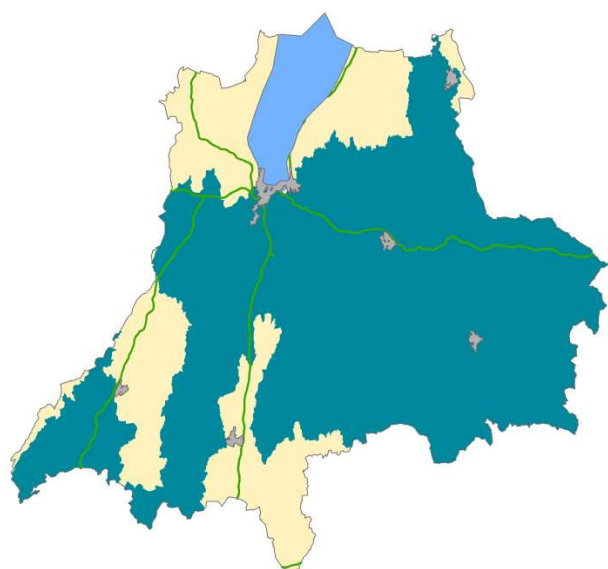
■ 3 - 11

■ < 3

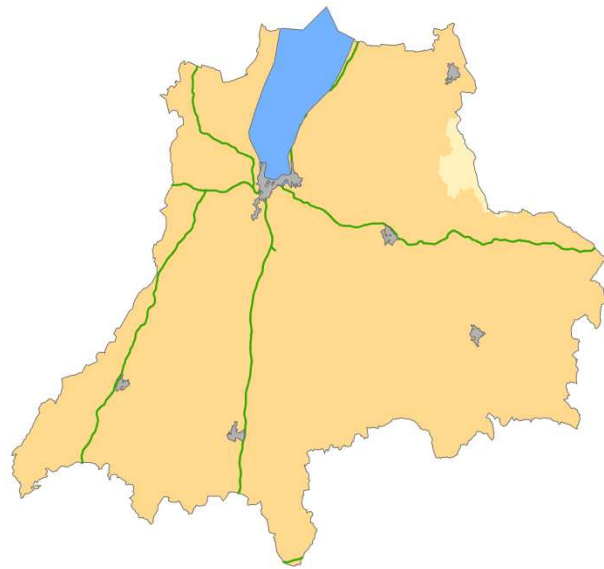
SMHI



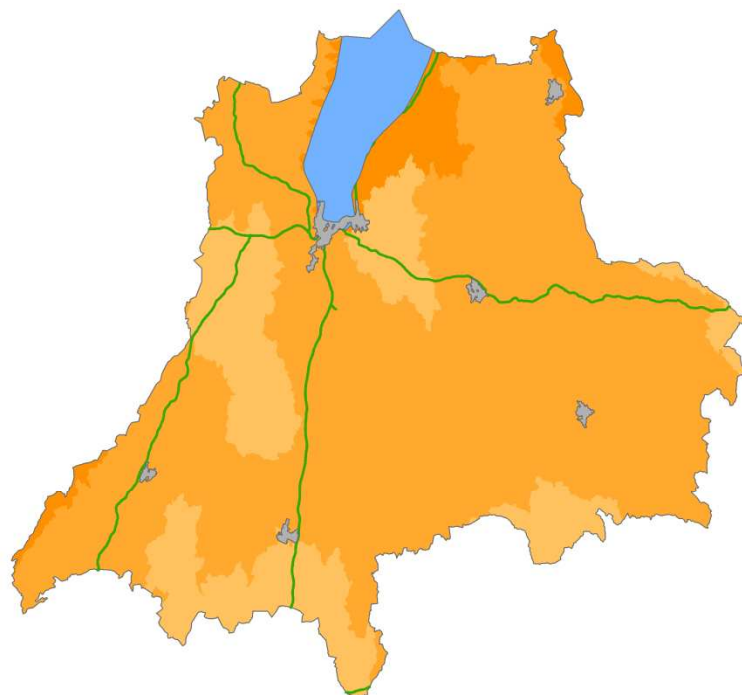
0 12.5 25 50 km



25 Percentil



75 Percentil



Jönköpings län

**Skillnad i marktork dagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

■ Sjö

— Större väg

Medianvärden

■ > 67

■ 60 - 67

■ 52 - 59

■ 44 - 51

■ 36 - 43

■ 28 - 35

■ 20 - 27

■ 12 - 19

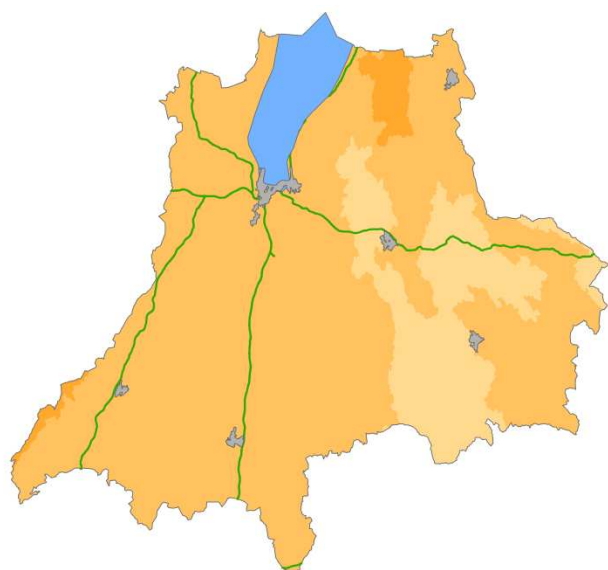
■ 3 - 11

■ < 3

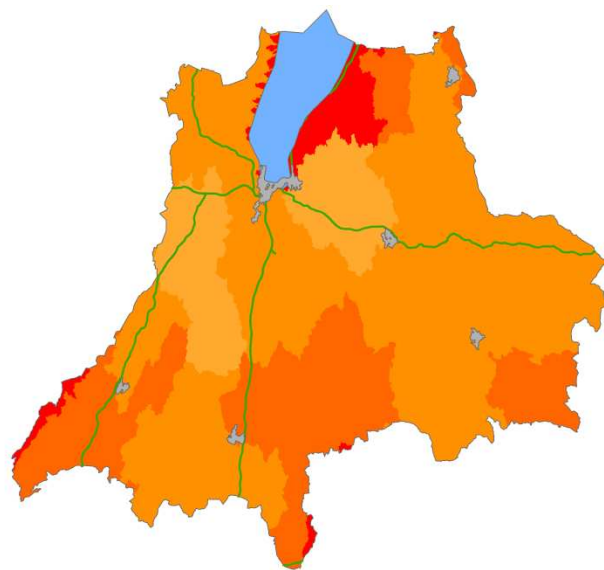
SMHI



0 12.5 25 50 km

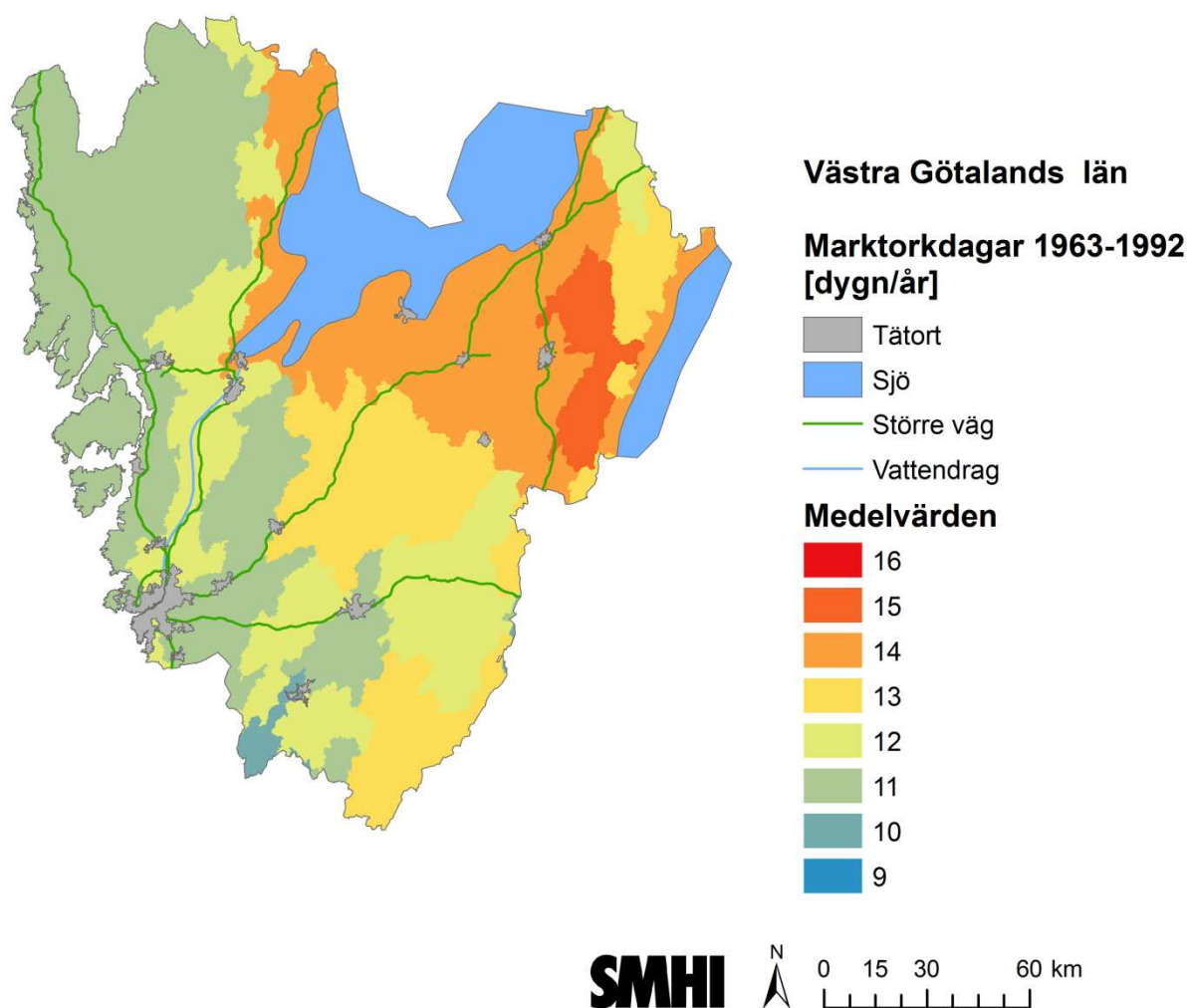


25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 8 – Västra Götalands län



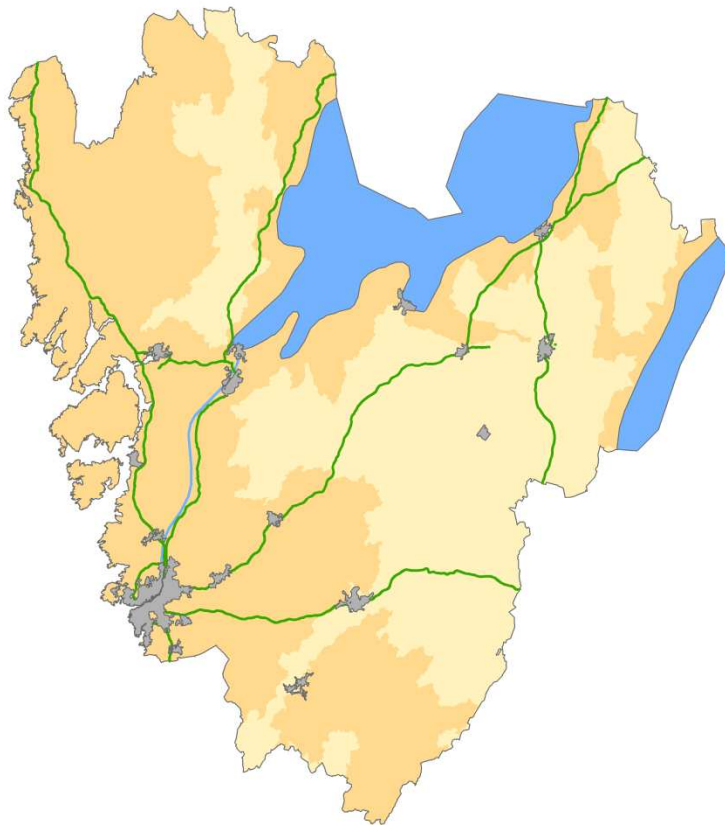
Västra Götalands län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

-  Tätort
-  Sjö
-  Större väg
-  Vattendrag

Medianvärden

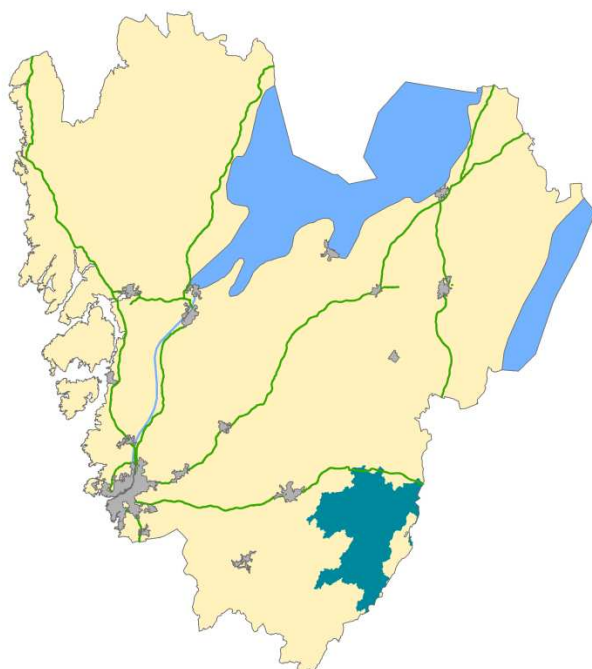
-  > 67
-  60 - 67
-  52 - 59
-  44 - 51
-  36 - 43
-  28 - 35
-  20 - 27
-  12 - 19
-  3 - 11
-  < 3



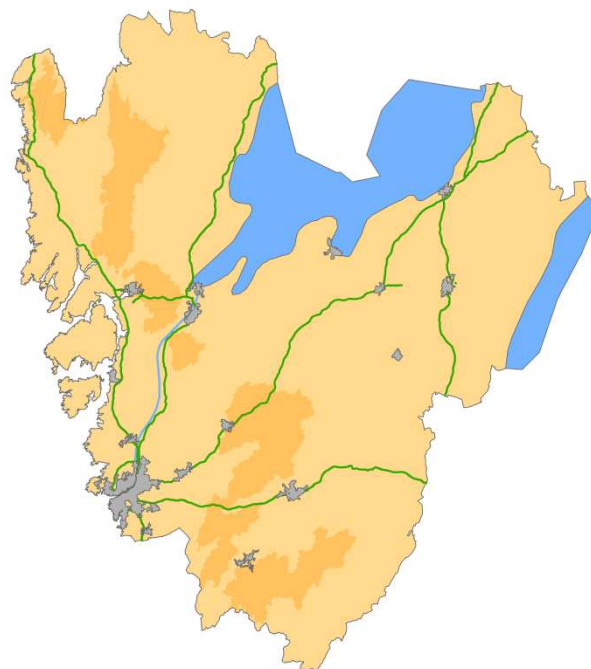
SMHI



0 15 30 60 km



25 Percentil



75 Percentil

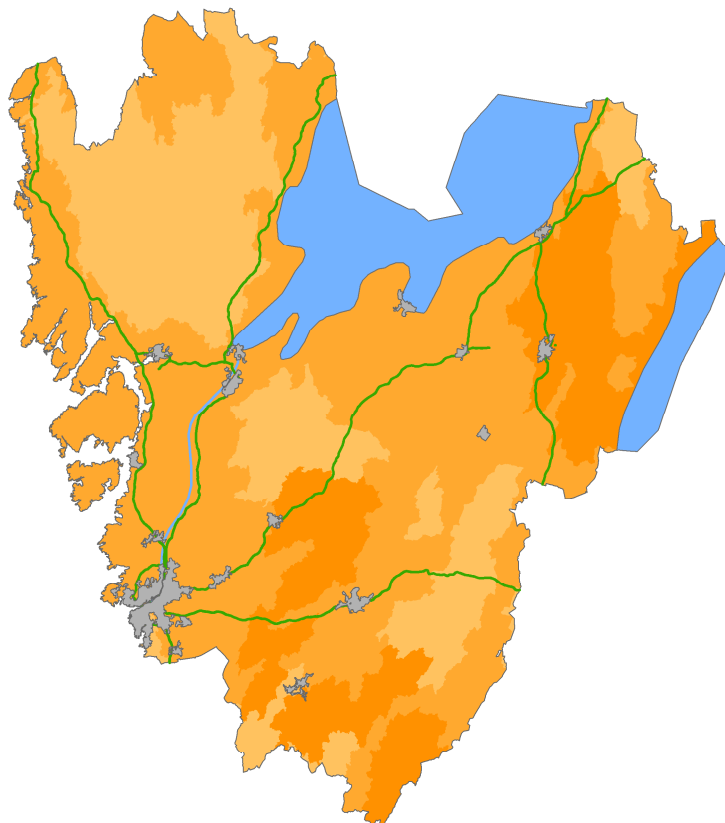
Västra Götalands län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

-  Tätort
-  Sjö
-  Större väg
-  Vattendrag

Medianvärden

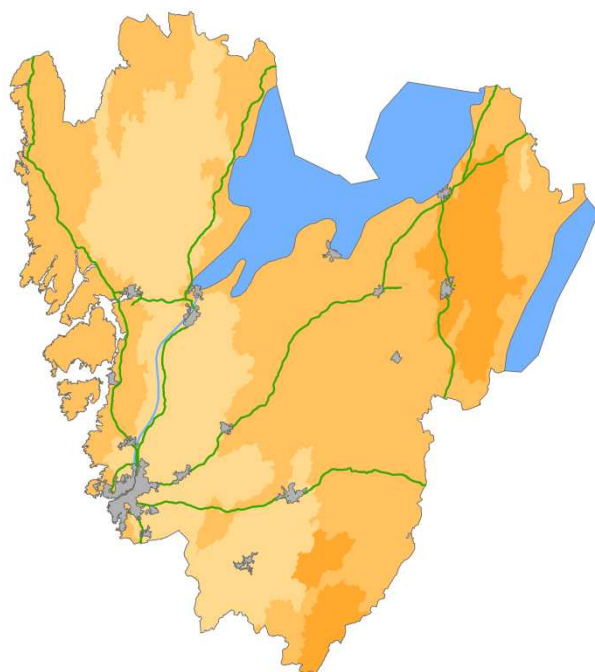
-  > 67
-  60 - 67
-  52 - 59
-  44 - 51
-  36 - 43
-  28 - 35
-  20 - 27
-  12 - 19
-  3 - 11
-  < 3



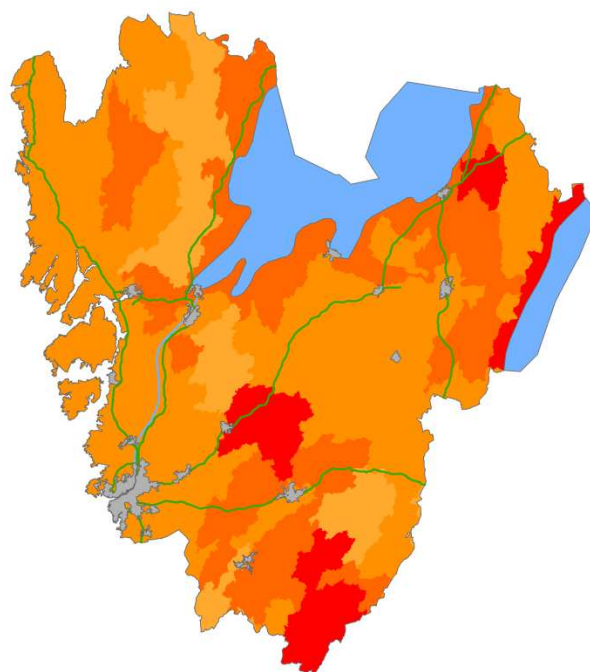
SMHI



0 15 30 60 km

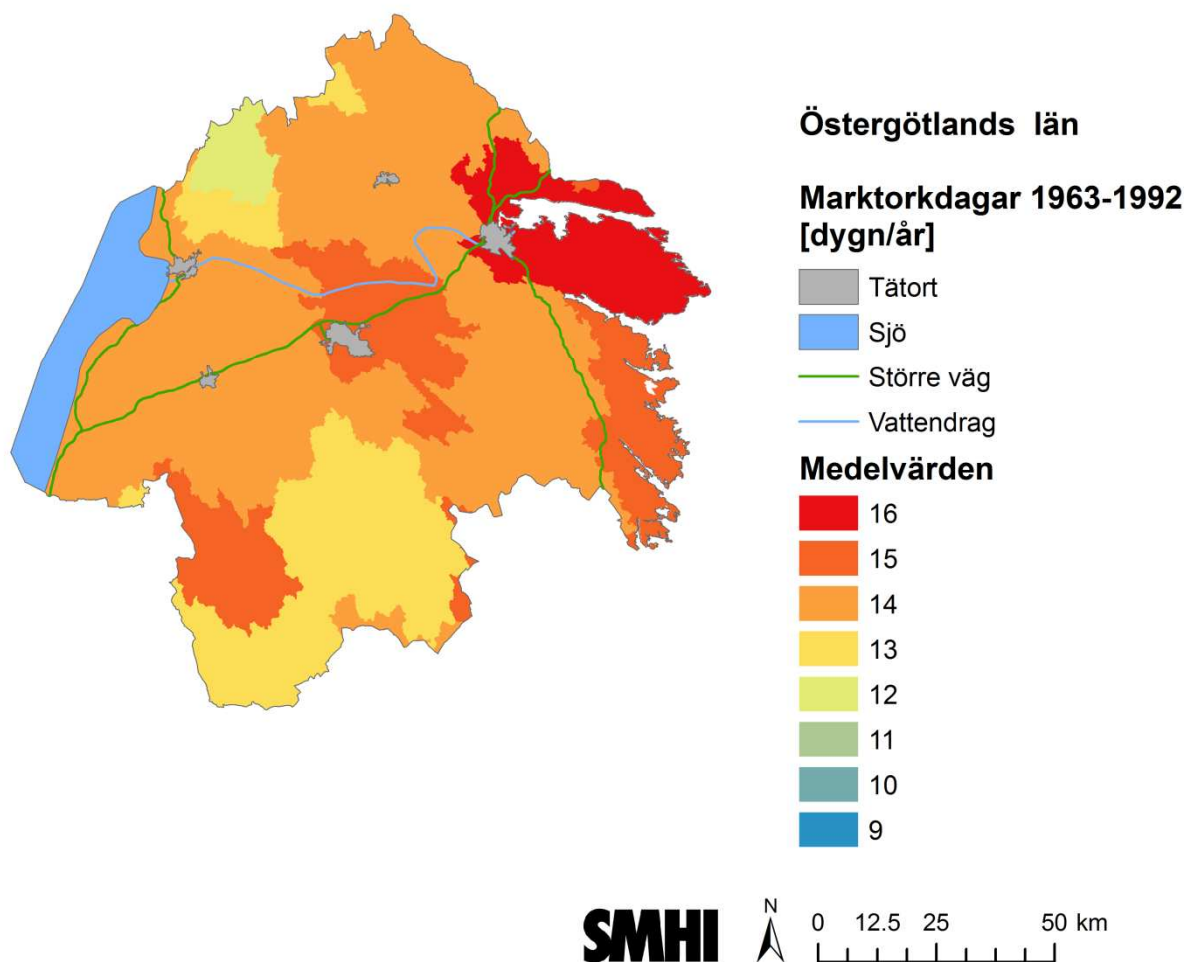


25 Percentil



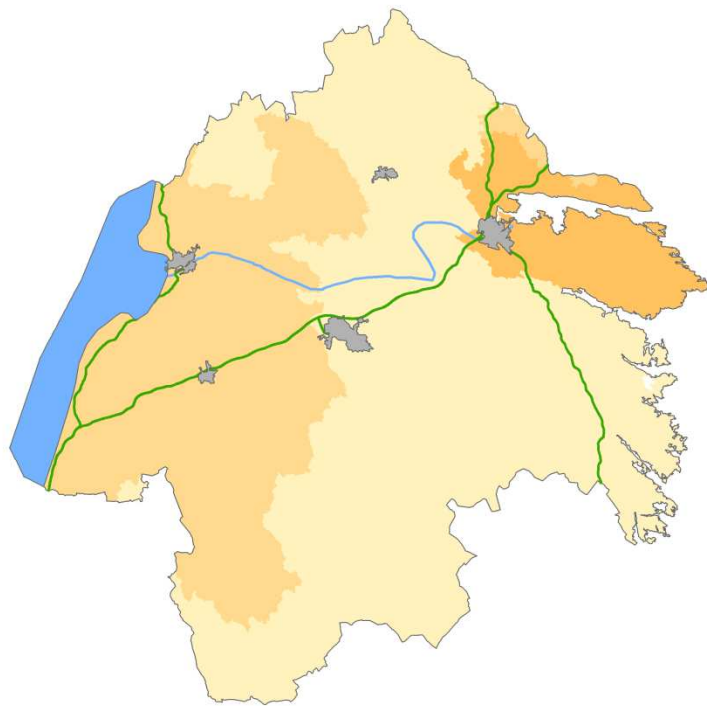
75 Percentil

Bilaga 9 – Östergötlands län



Östergötlands län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**



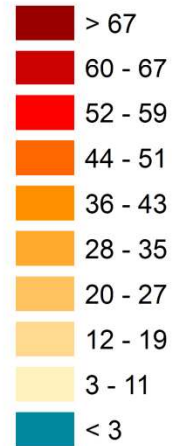
Tätort

Sjö

Större väg

Vattendrag

Medianvärden



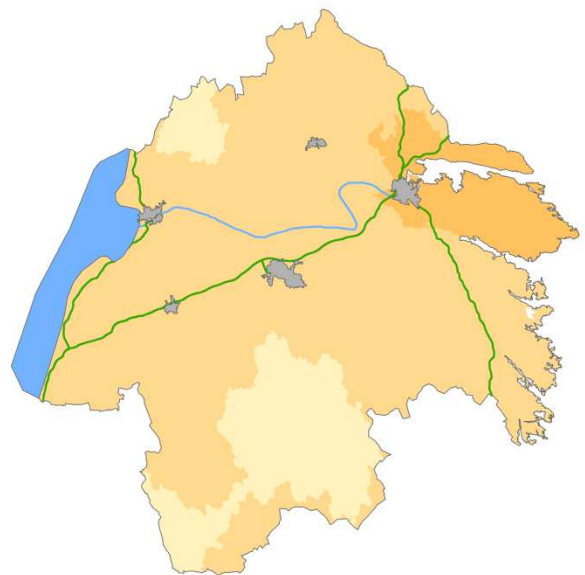
SMHI



0 12.5 25 50 km



25 Percentil



75 Percentil

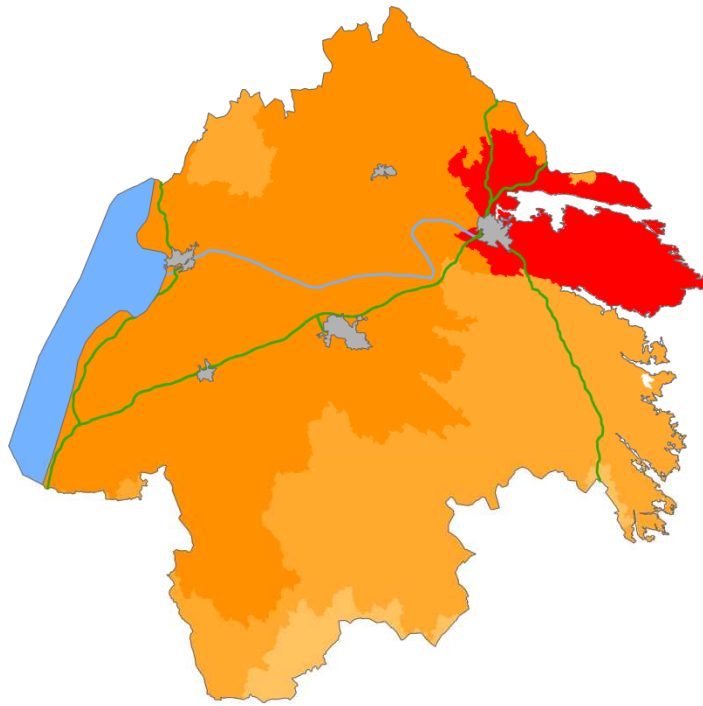
Östergötlands län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

- Tätort
- Sjö
- Större väg
- Vattendrag

Medianvärden

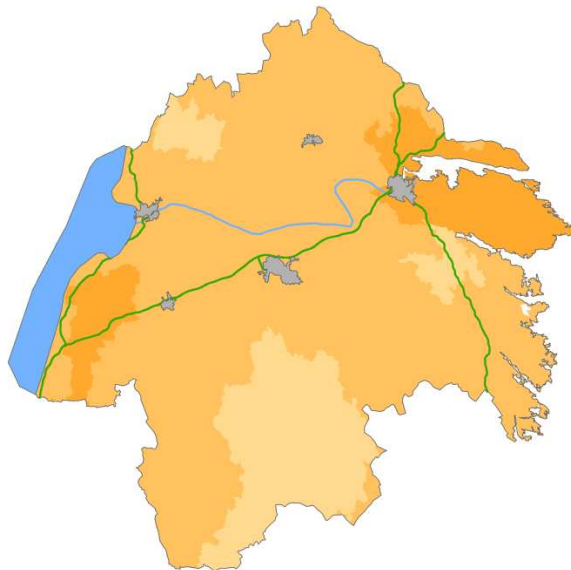
- > 67
- 60 - 67
- 52 - 59
- 44 - 51
- 36 - 43
- 28 - 35
- 20 - 27
- 12 - 19
- 3 - 11
- < 3



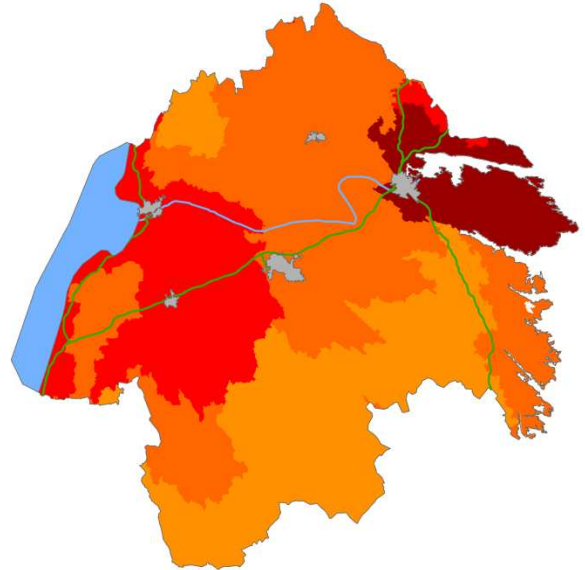
SMHI



0 12.5 25 50 km

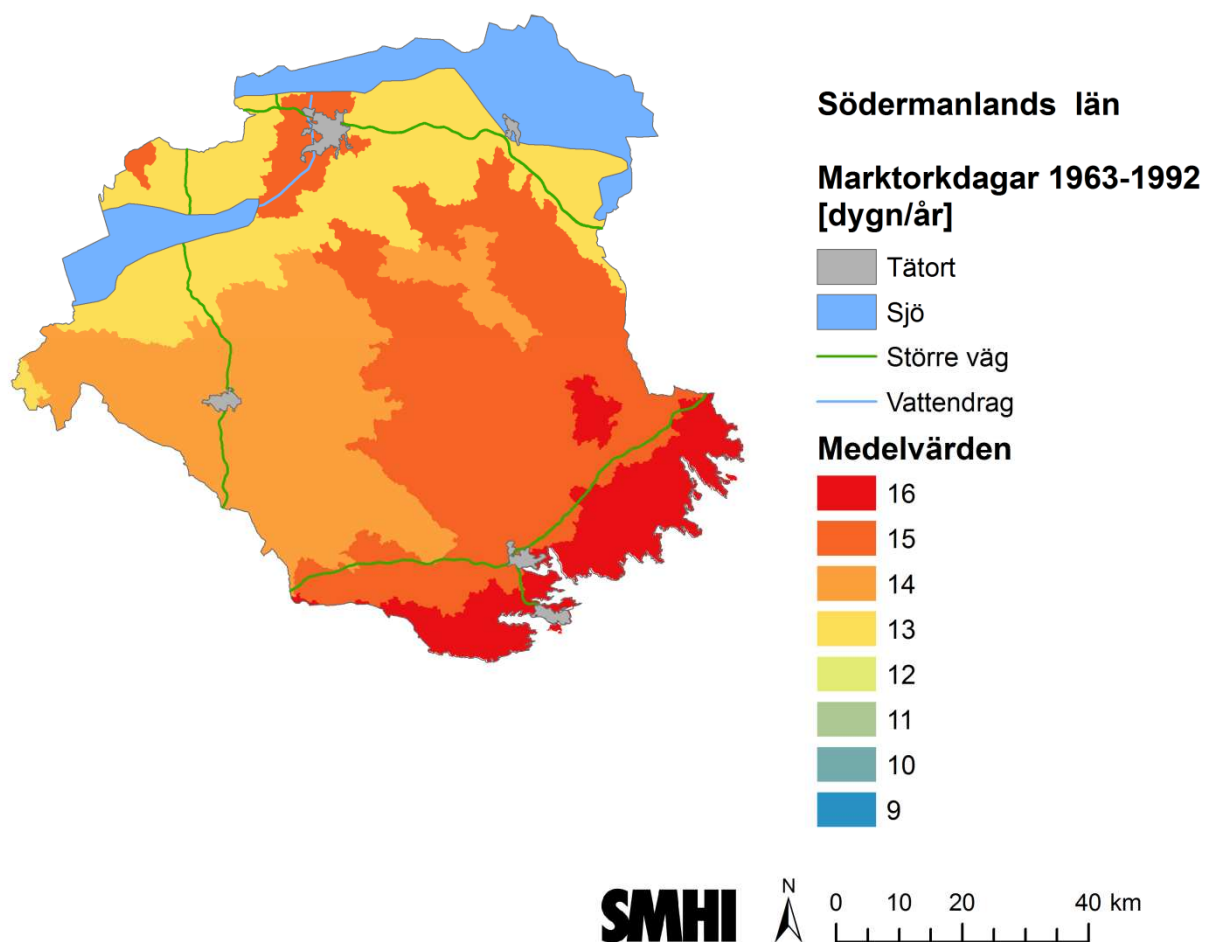


25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 10 – Södermanlands län



Södermanlands län

Skillnad i marktorkdagar 2021-2050 vs 1963-1992 [dygn/år]

- Tätort
- Sjö
- Större väg
- Vattendrag

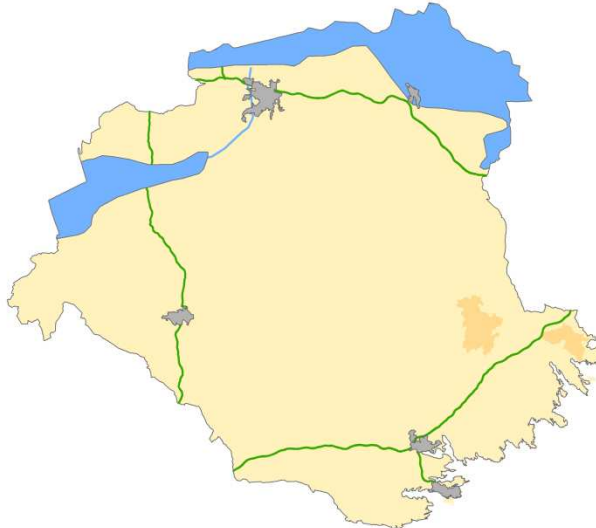
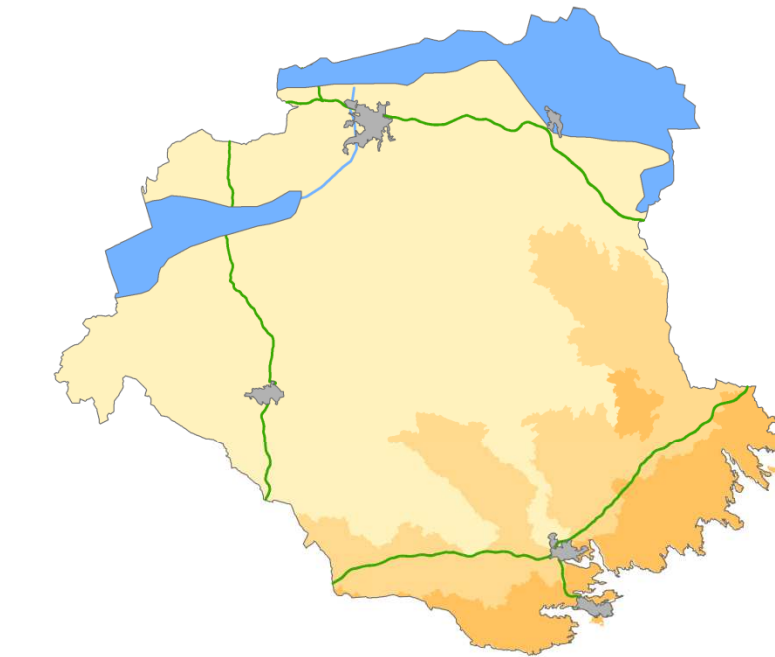
Medianvärden

- > 67
- 60 - 67
- 52 - 59
- 44 - 51
- 36 - 43
- 28 - 35
- 20 - 27
- 12 - 19
- 3 - 11
- < 3

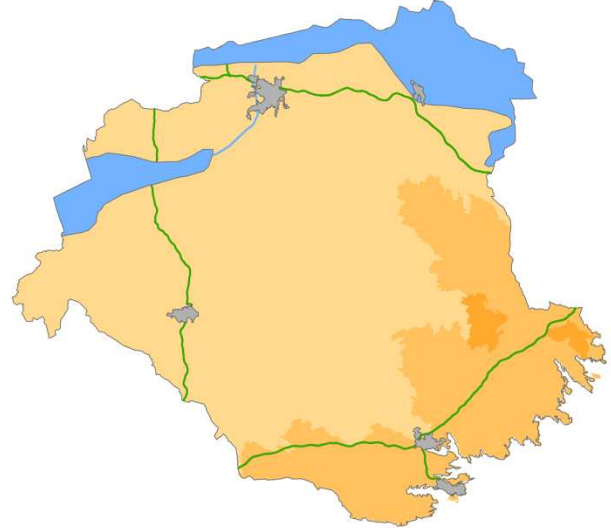
SMHI



0 10 20 40 km



25 Percentil



75 Percentil

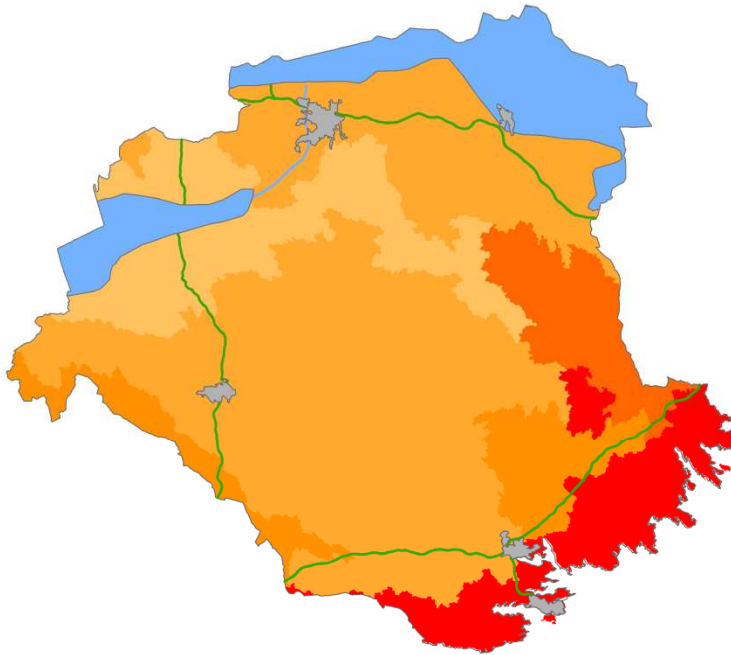
Södermanlands län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

- Tätort
- Sjö
- Större väg
- Vattendrag

Medianvärden

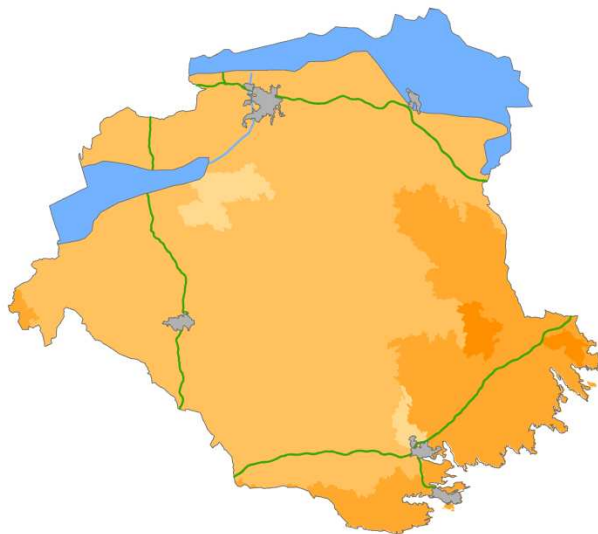
- > 67
- 60 - 67
- 52 - 59
- 44 - 51
- 36 - 43
- 28 - 35
- 20 - 27
- 12 - 19
- 3 - 11
- < 3



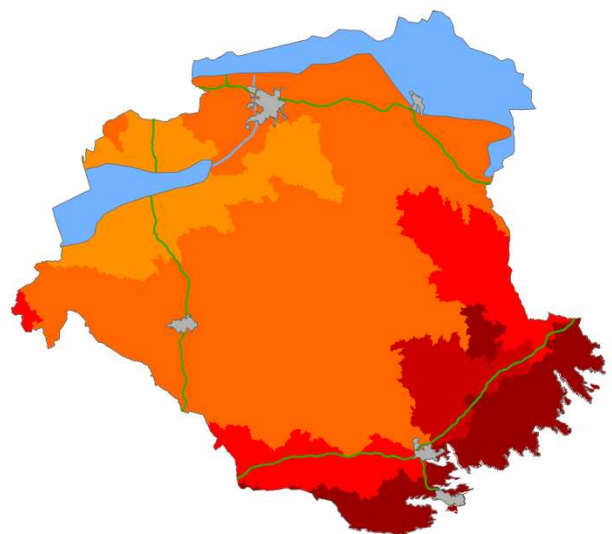
SMHI



0 10 20 40 km

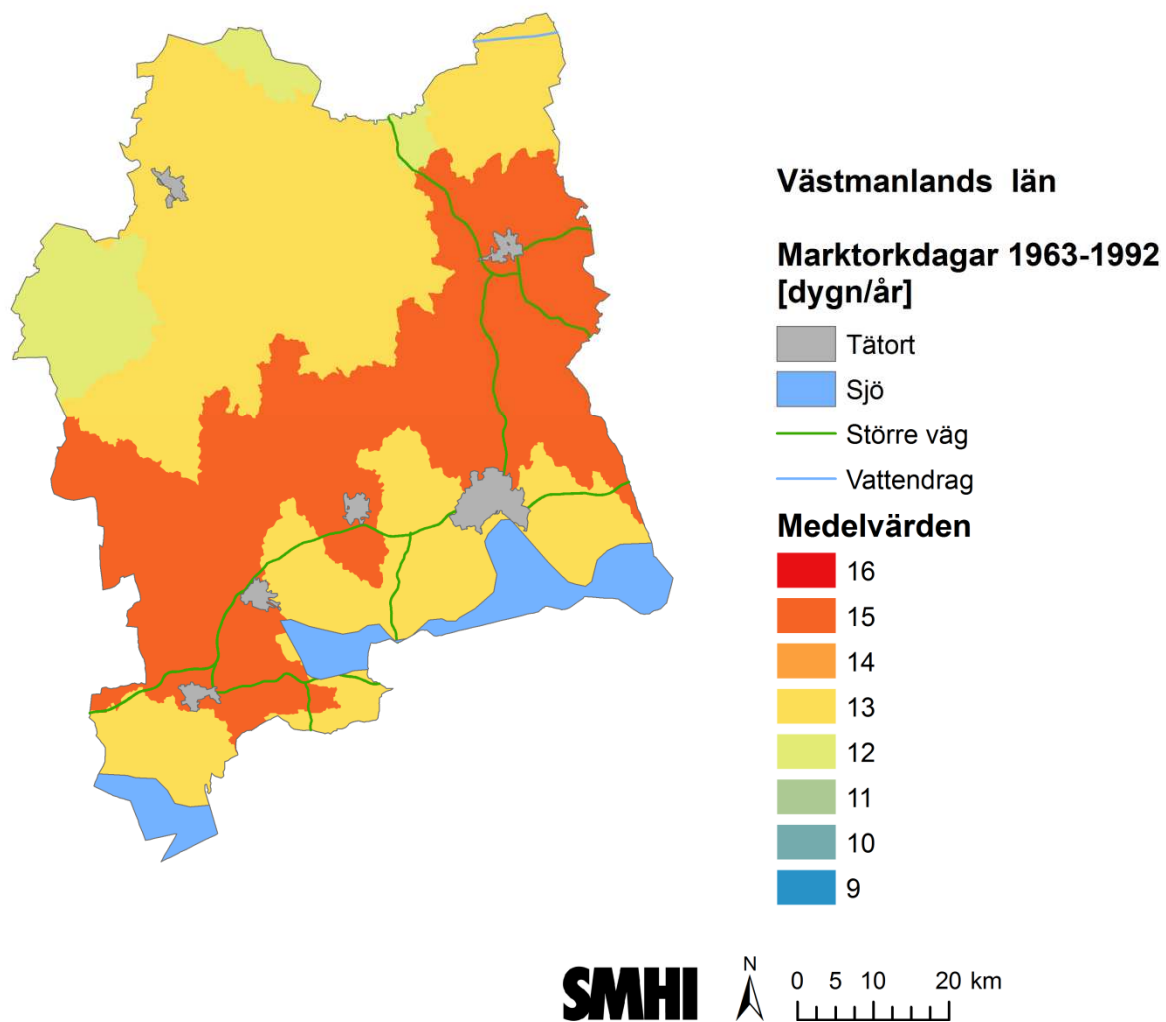


25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 11 – Västmanlands län



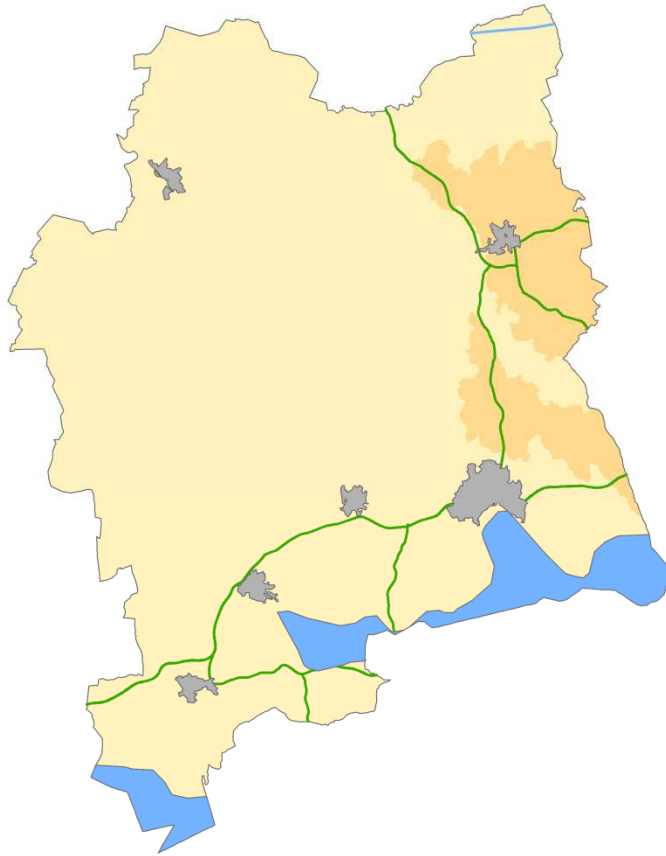
Västmanlands län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

- Tätort
- Sjö
- Större väg
- Vattendrag

Medianvärden

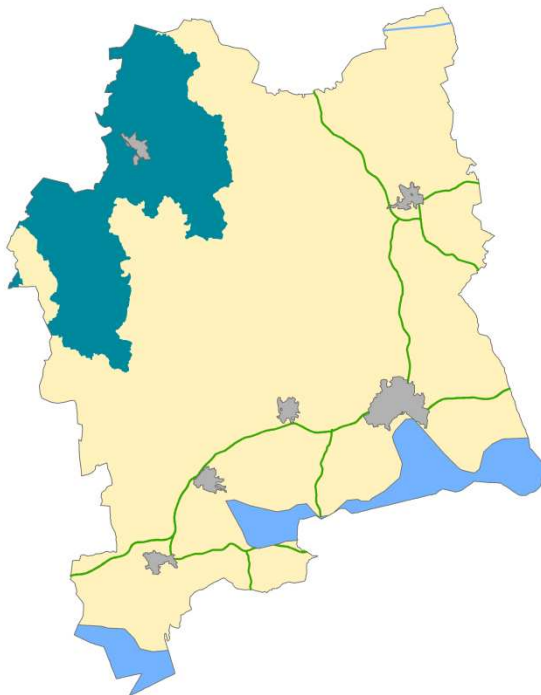
- > 67
- 60 - 67
- 52 - 59
- 44 - 51
- 36 - 43
- 28 - 35
- 20 - 27
- 12 - 19
- 3 - 11
- < 3



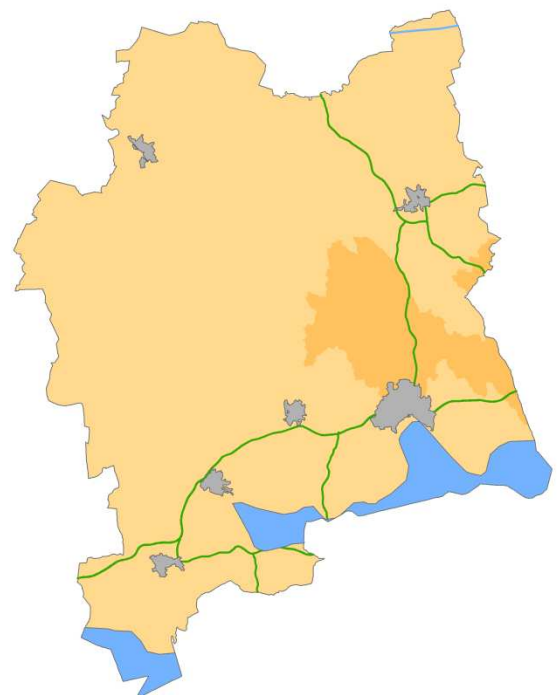
SMHI



0 5 10 20 km



25 Percentil



75 Percentil

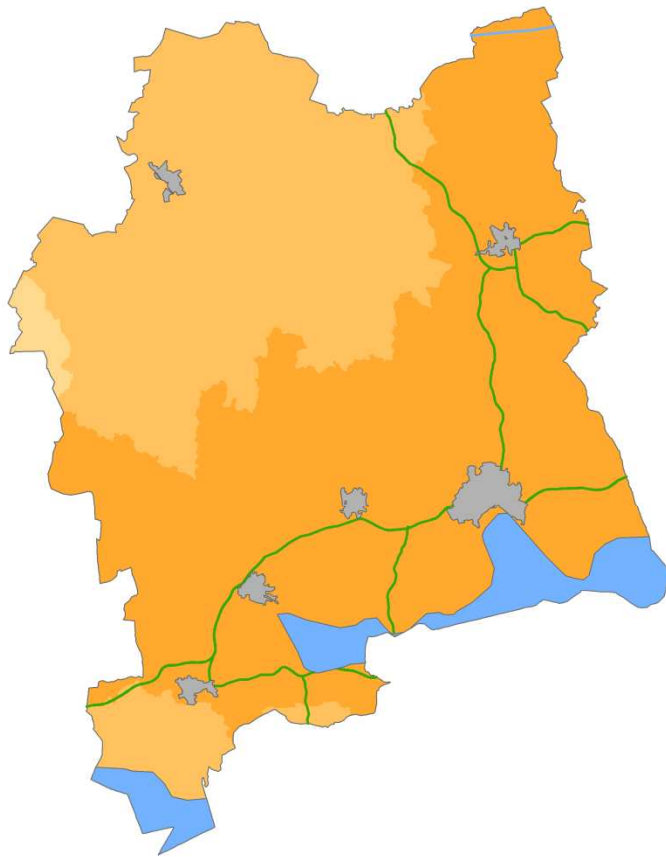
Västmanlands län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

-  Tätort
-  Sjö
-  Större väg
-  Vattendrag

Medianvärden

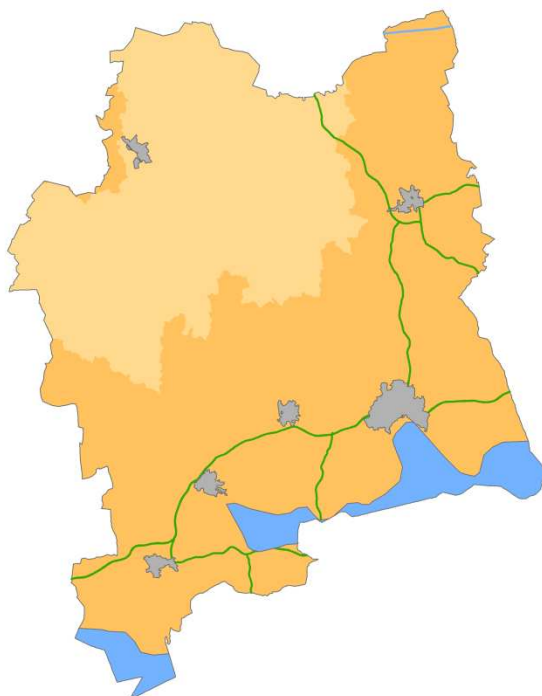
-  > 67
-  60 - 67
-  52 - 59
-  44 - 51
-  36 - 43
-  28 - 35
-  20 - 27
-  12 - 19
-  3 - 11
-  < 3



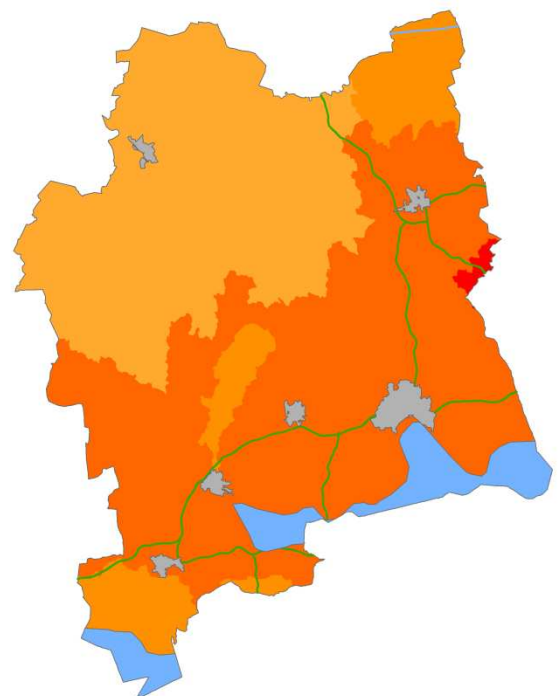
SMHI



0 5 10 20 km

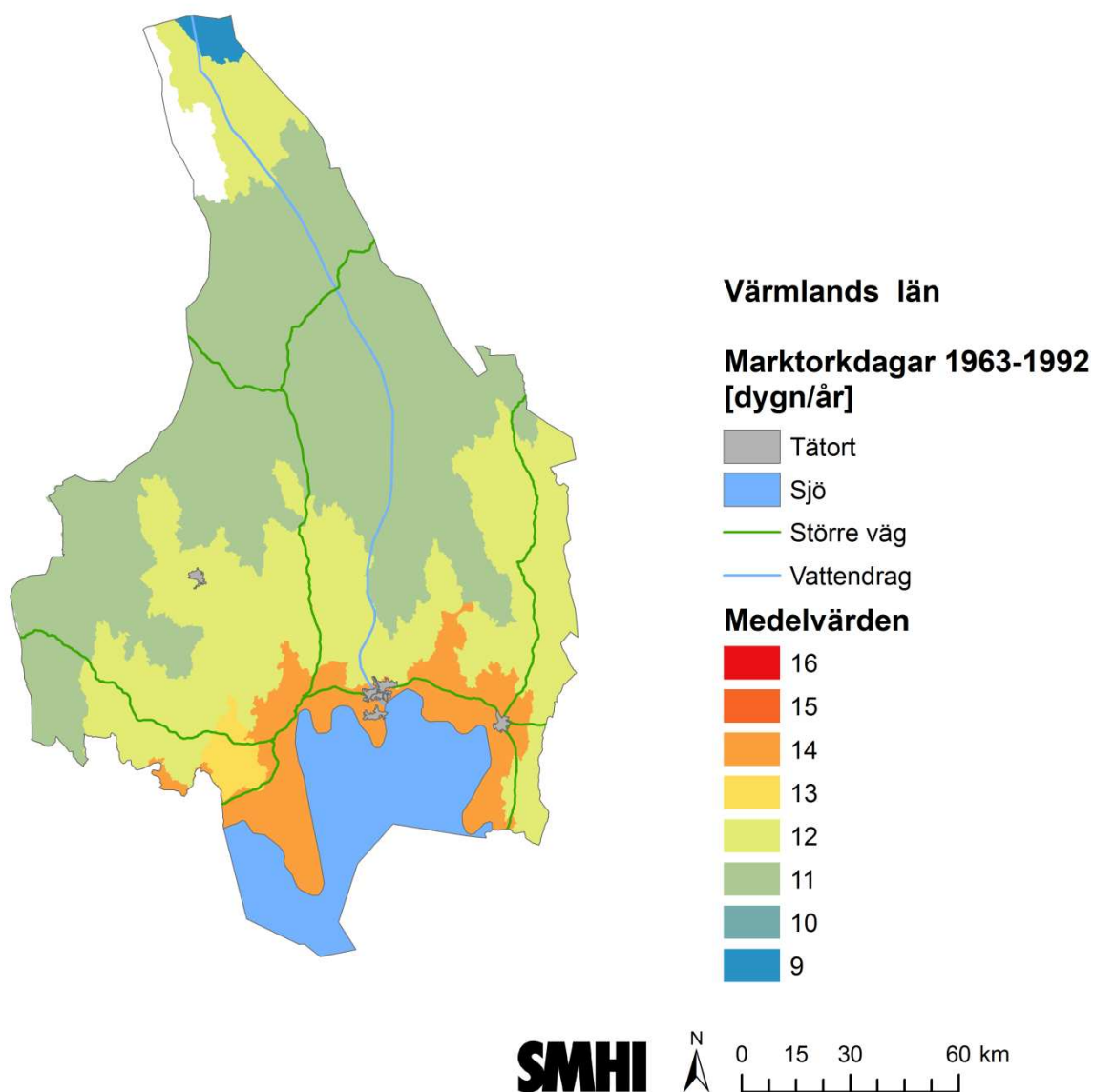


25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 12 – Värmlands län





Värmlands län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

- Tätort
- Sjö
- Större väg
- Vattendrag

Medianvärden

- > 67
- 60 - 67
- 52 - 59
- 44 - 51
- 36 - 43
- 28 - 35
- 20 - 27
- 12 - 19
- 3 - 11
- < 3

SMHI



0 15 30 60 km



25 Percentil



75 Percentil



Värmlands län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

- Tätort
- Sjö
- Större väg
- Vattendrag

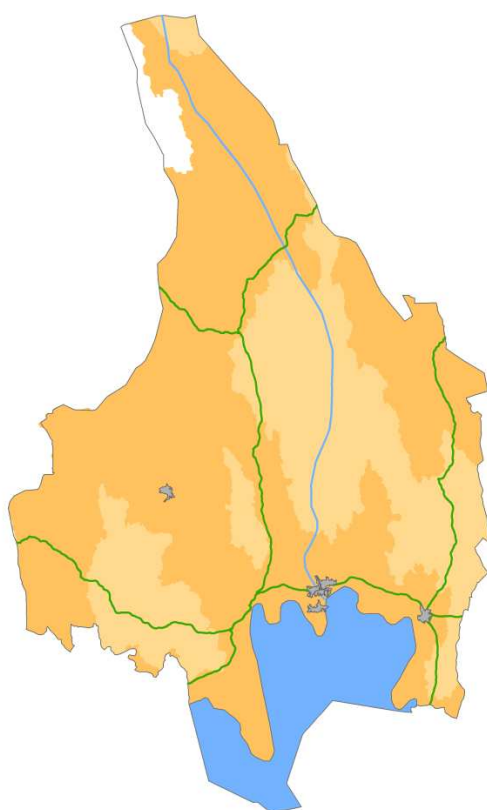
Medianvärden

- > 67
- 60 - 67
- 52 - 59
- 44 - 51
- 36 - 43
- 28 - 35
- 20 - 27
- 12 - 19
- 3 - 11
- < 3

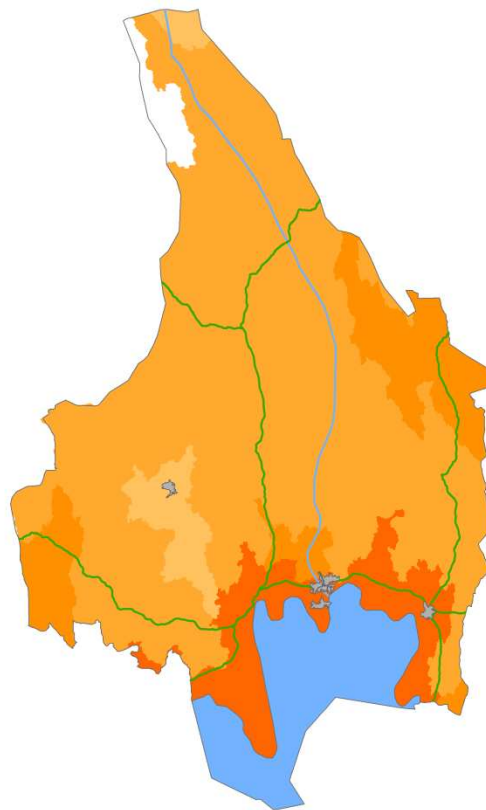
SMHI



0 15 30 60 km

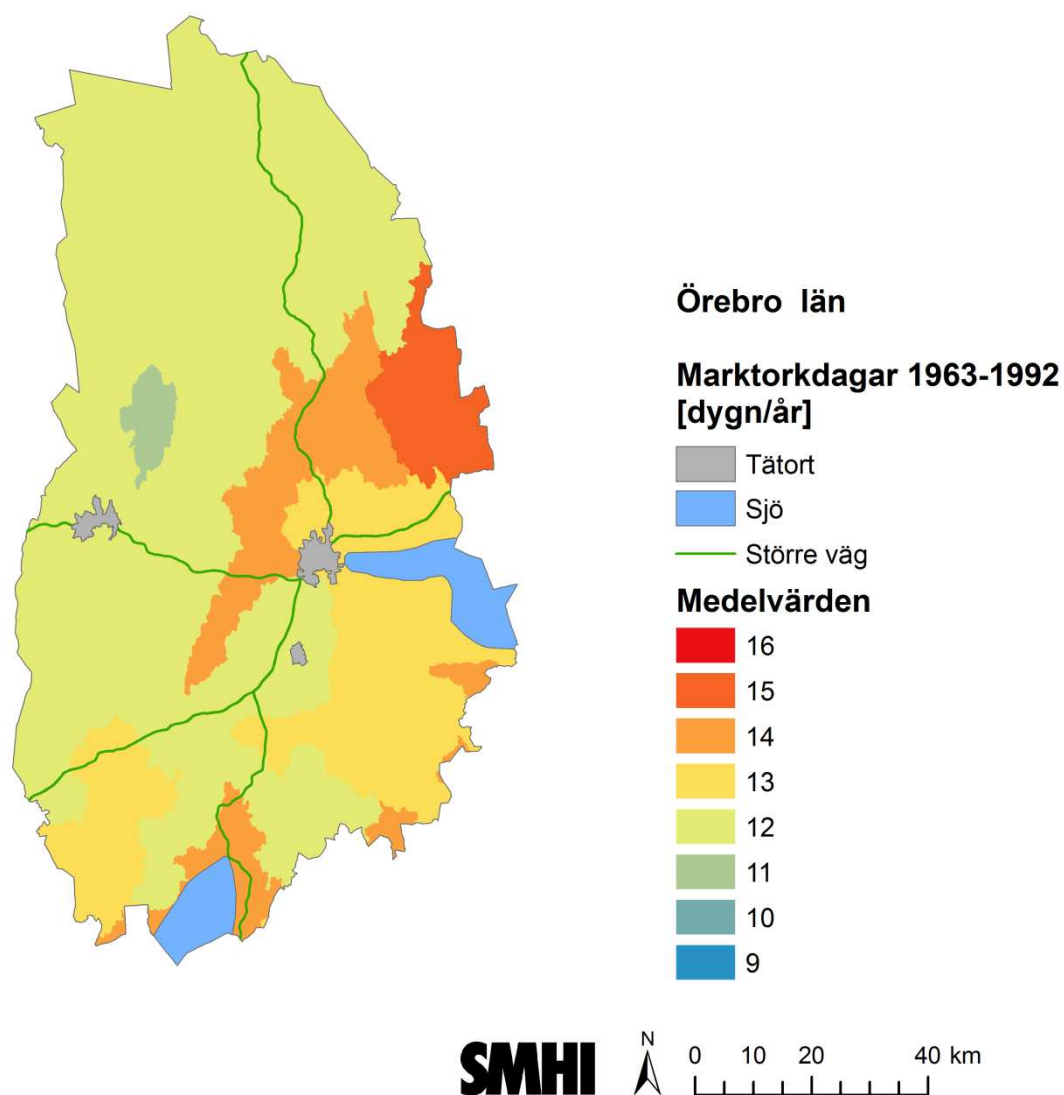


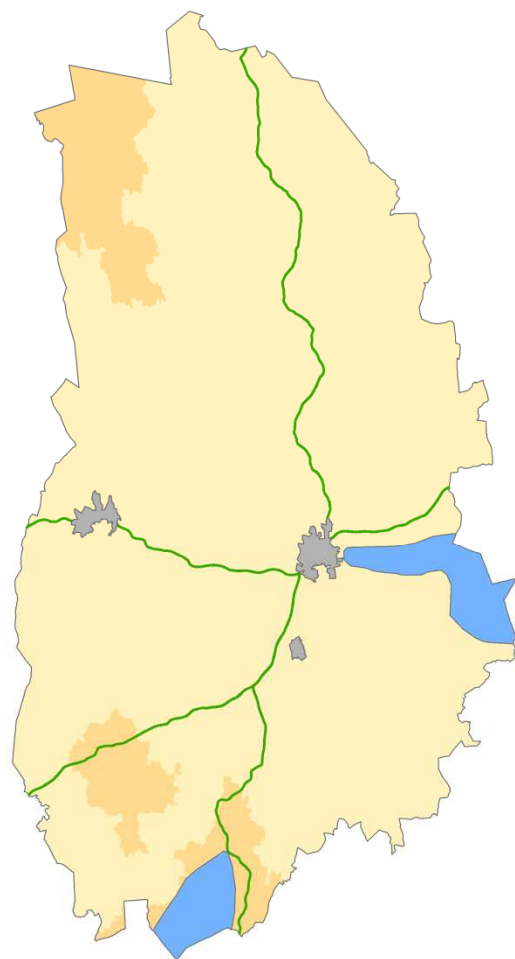
25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 13 – Örebro län





Örebro län

**Skillnad i marktork dagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

■ Sjö

— Större väg

Medianvärden

■ > 67

■ 60 - 67

■ 52 - 59

■ 44 - 51

■ 36 - 43

■ 28 - 35

■ 20 - 27

■ 12 - 19

■ 3 - 11

■ < 3

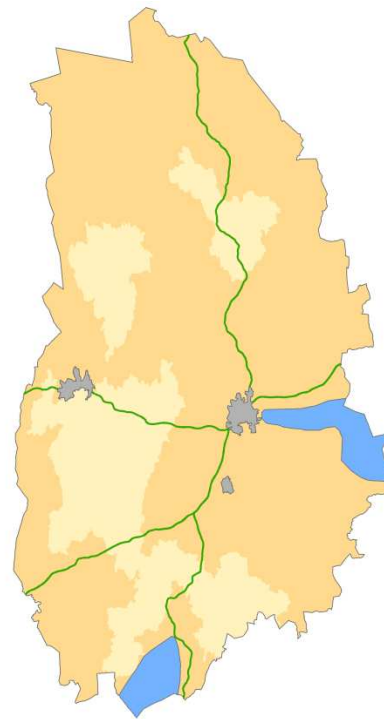
SMHI



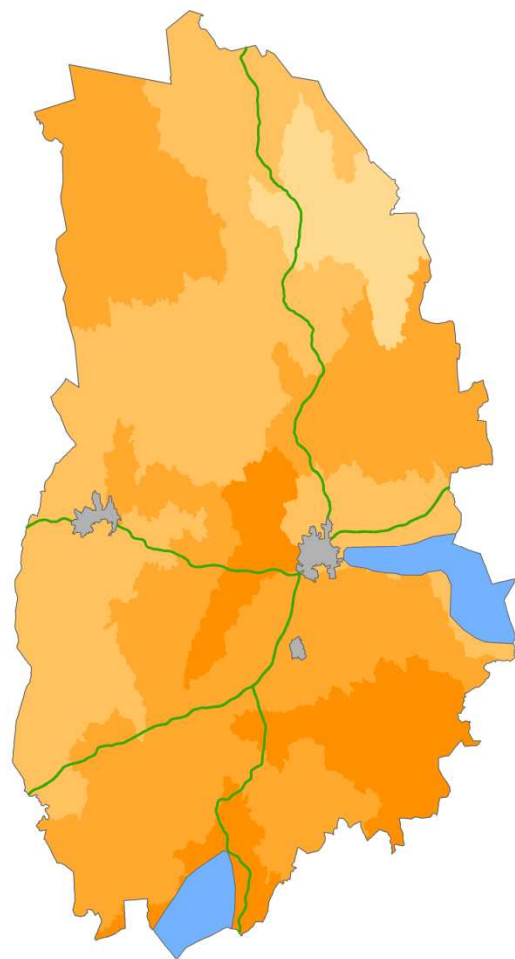
0 10 20 40 km



25 Percentil



75 Percentil



Örebro län

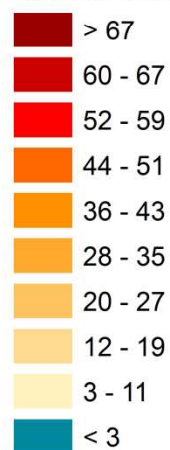
**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

■ Tätort

■ Sjö

— Större väg

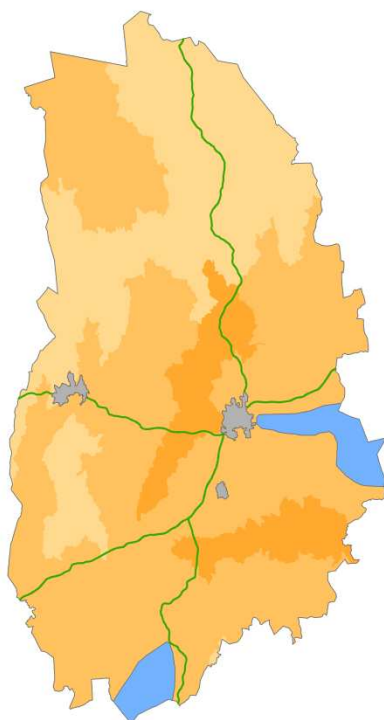
Medianvärden



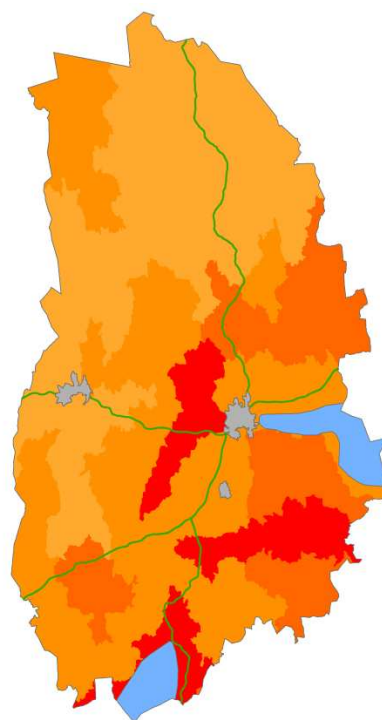
SMHI



0 10 20 40 km

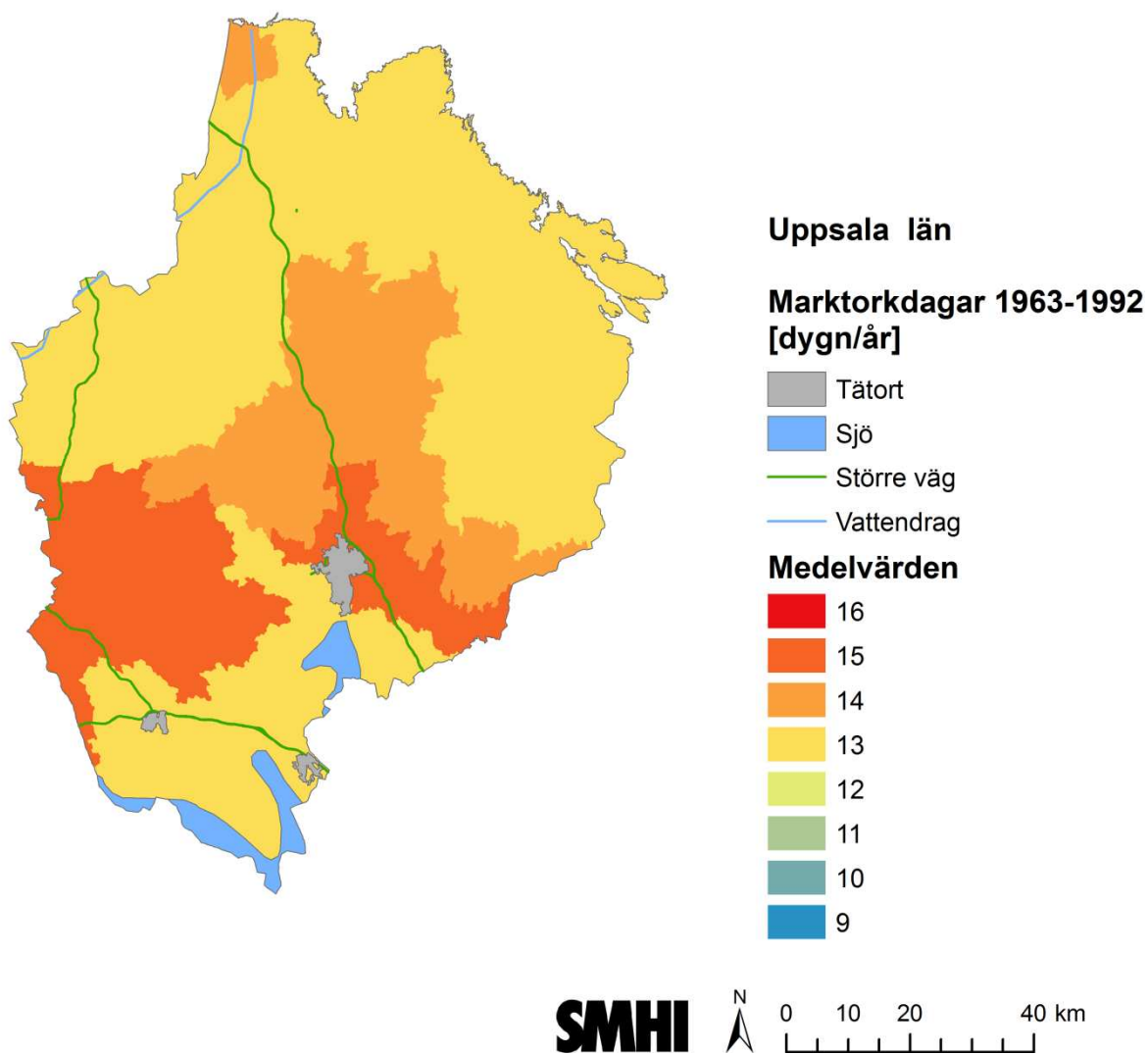


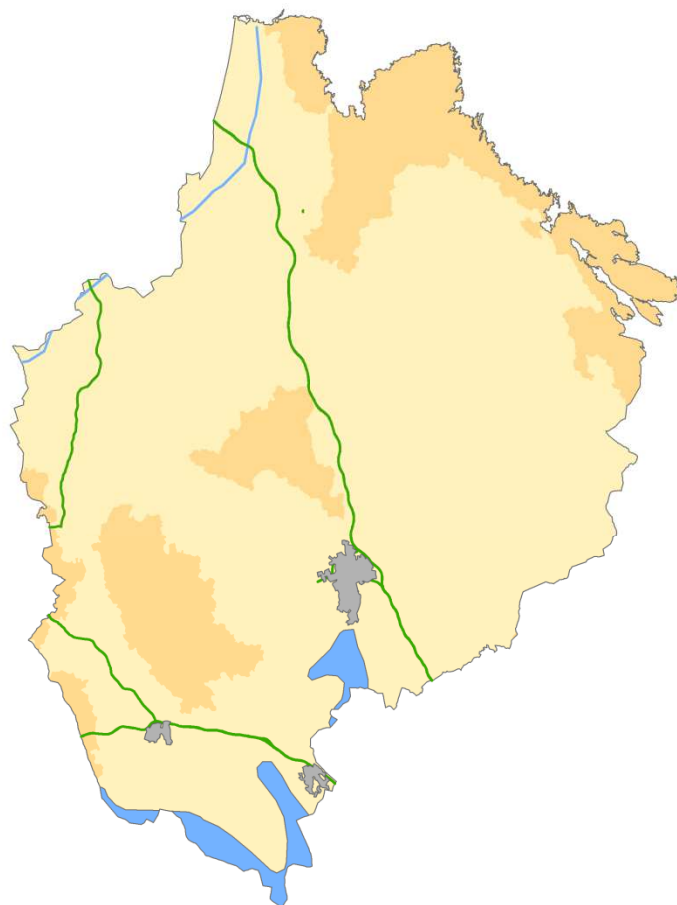
25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 14 – Uppsala län





Uppsala län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

- Tätort
- Sjö
- Större väg
- Vattendrag

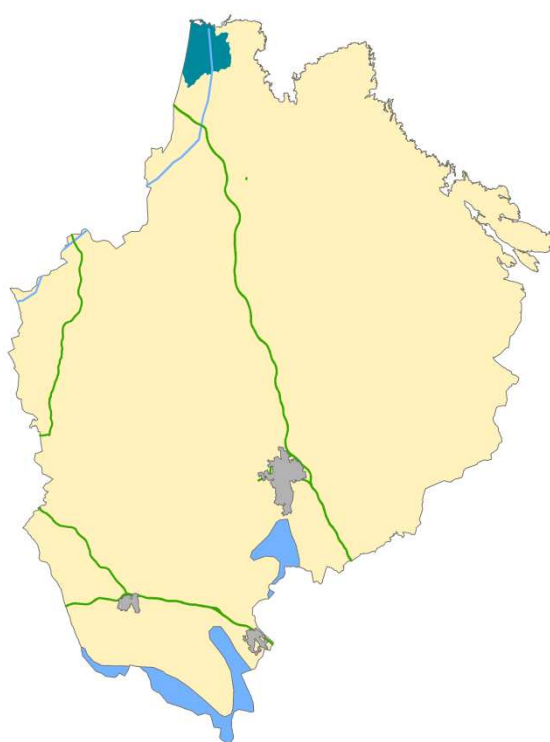
Medianvärden

- > 67
- 60 - 67
- 52 - 59
- 44 - 51
- 36 - 43
- 28 - 35
- 20 - 27
- 12 - 19
- 3 - 11
- < 3

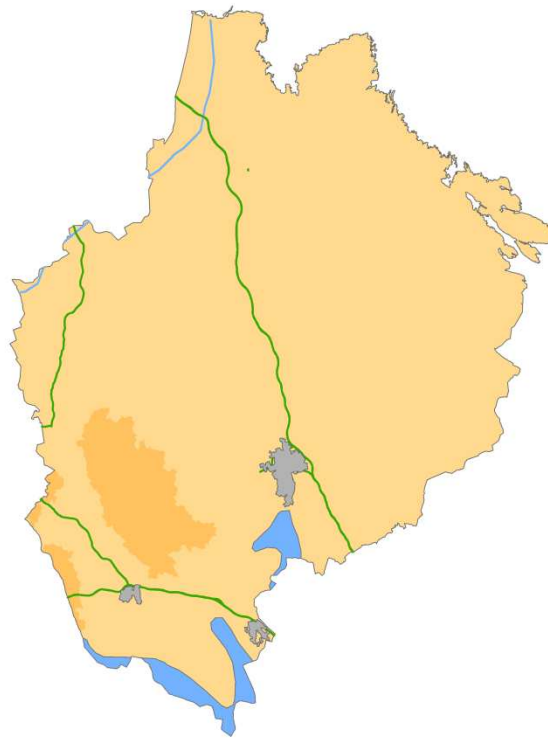
SMHI



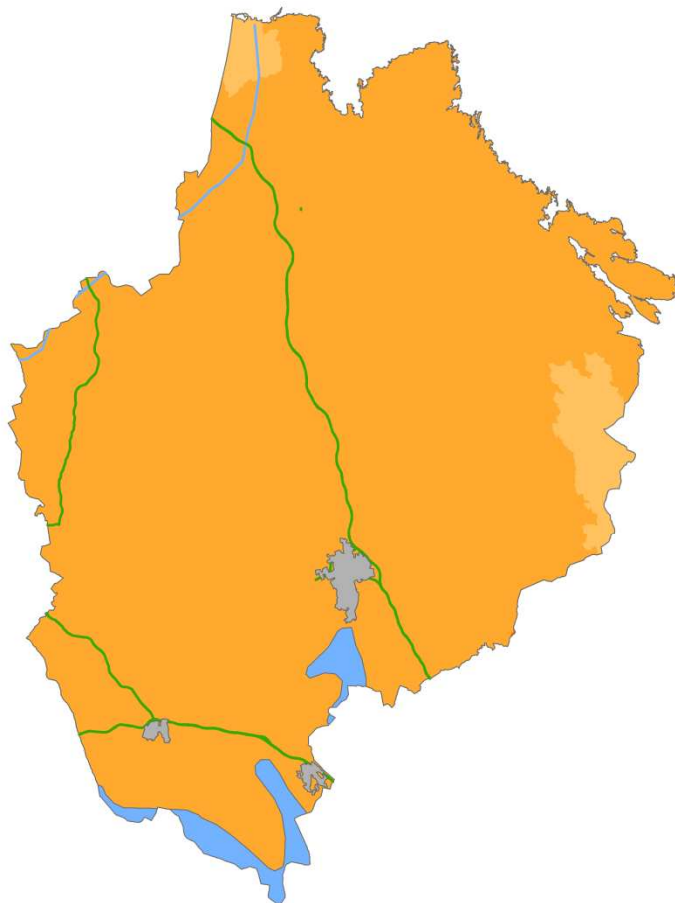
0 10 20 40 km



25 Percentil



75 Percentil



Uppsala län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

- Tätort
- Sjö
- Större väg
- Vattendrag

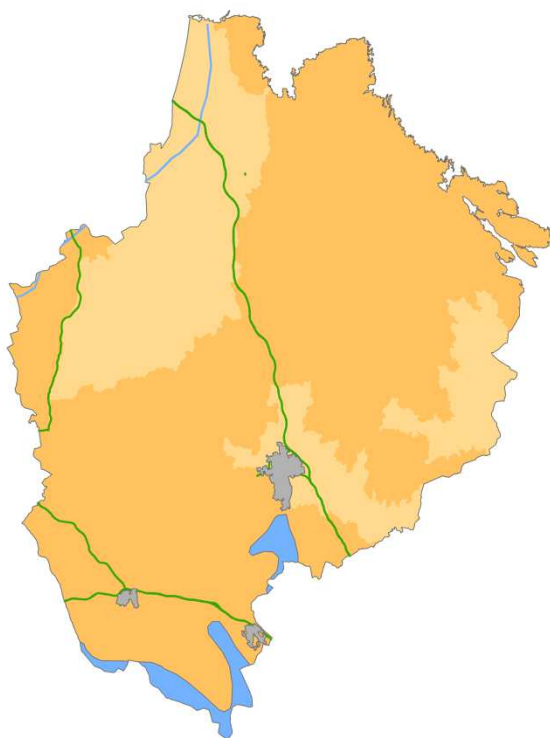
Medianvärden

- > 67
- 60 - 67
- 52 - 59
- 44 - 51
- 36 - 43
- 28 - 35
- 20 - 27
- 12 - 19
- 3 - 11
- < 3

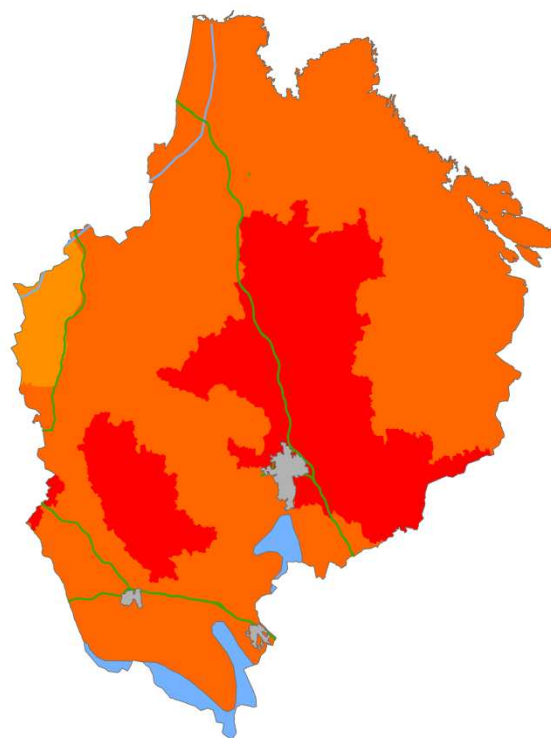
SMHI



0 10 20 40 km

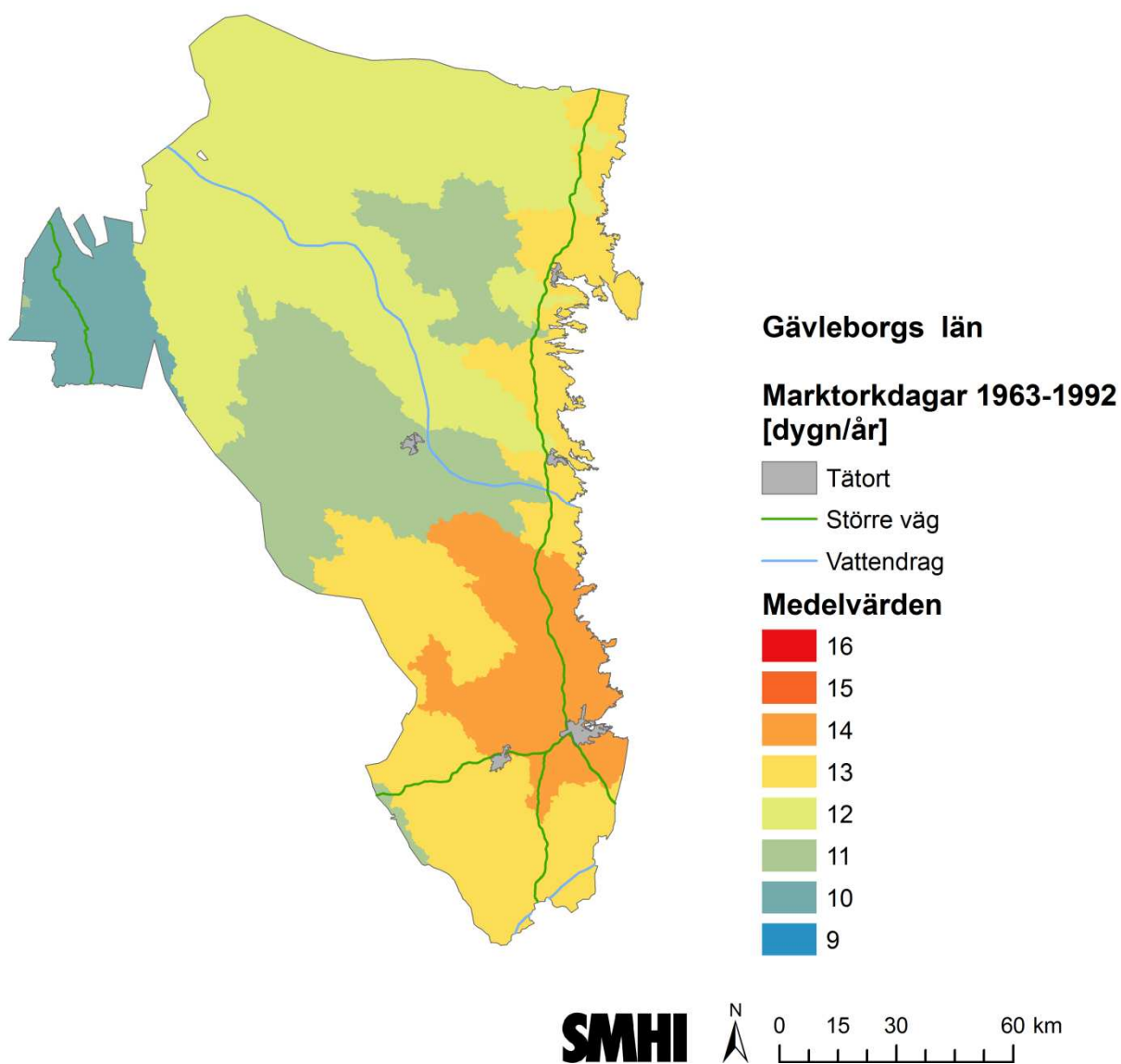


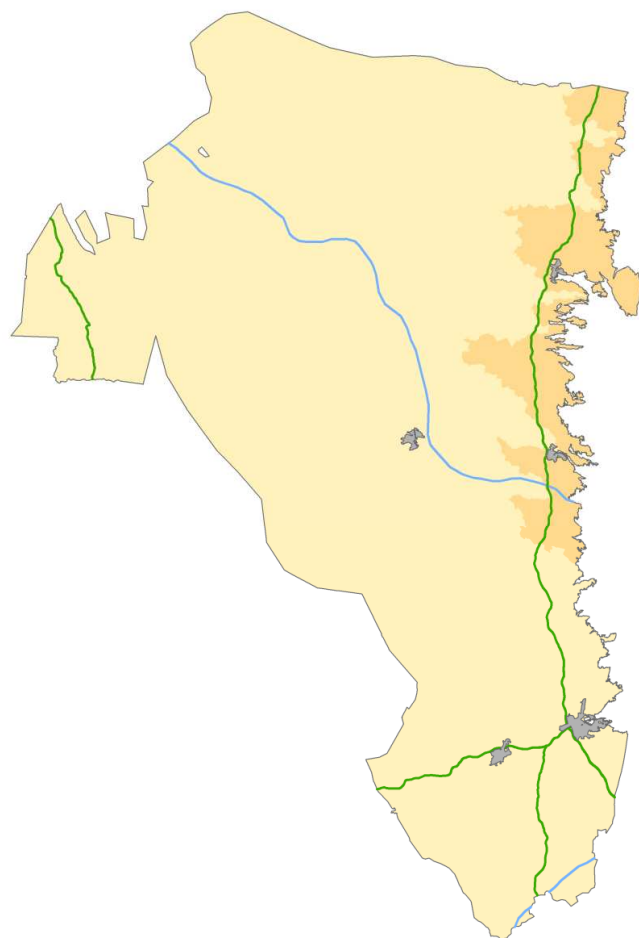
25 Percentil



75 Percentil

Bilaga 15 – Gävleborgs län





Gävleborgs län

**Skillnad i marktorkdagar
2021-2050 vs 1963-1992
[dygn/år]**

- Tätort
- Större väg
- Vattendrag

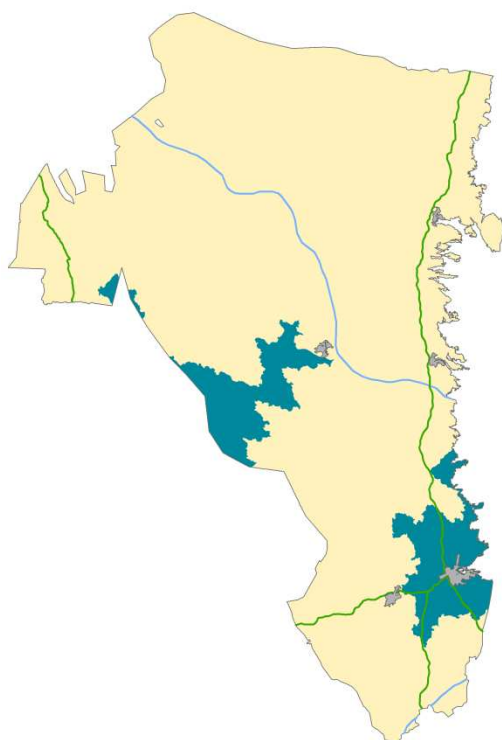
Medianvärden

- > 67
- 60 - 67
- 52 - 59
- 44 - 51
- 36 - 43
- 28 - 35
- 20 - 27
- 12 - 19
- 3 - 11
- < 3

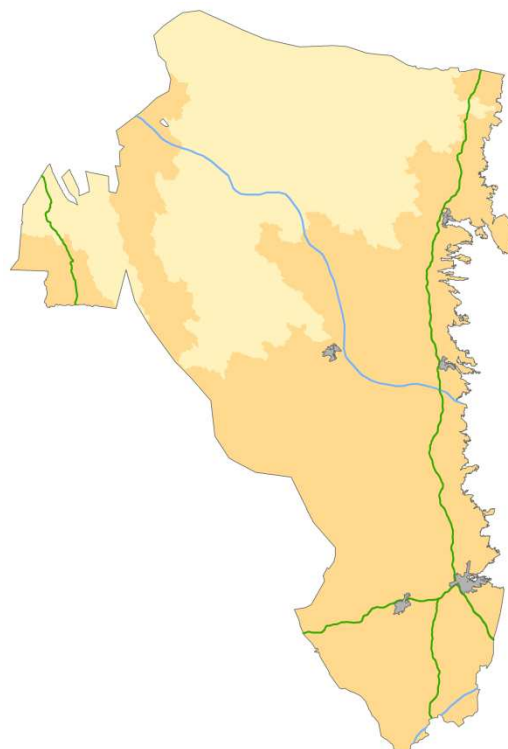
SMHI



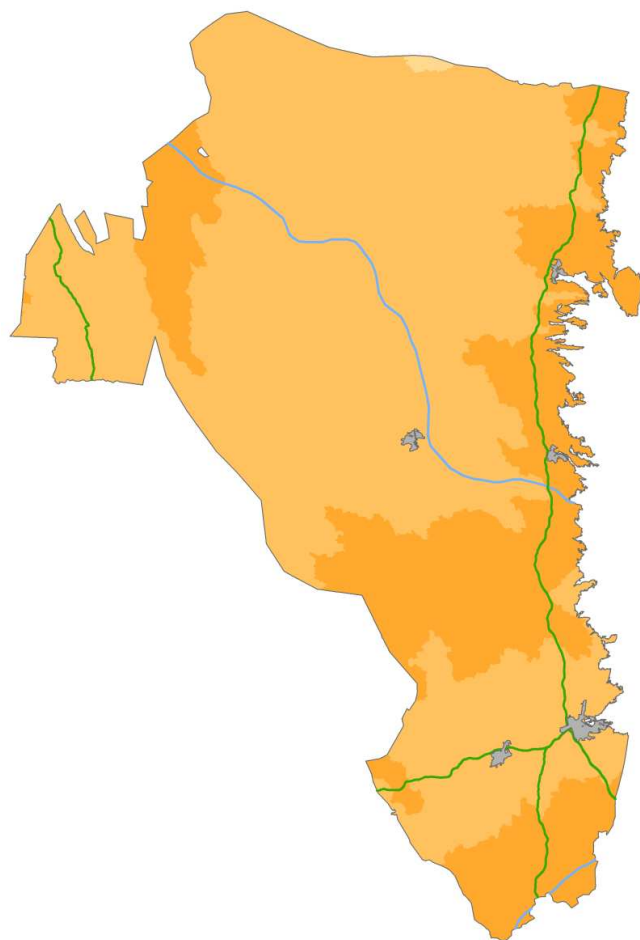
0 15 30 60 km



25 Percentil



75 Percentil



Gävleborgs län

**Skillnad i marktorkdagar
2069-2098 vs 1963-1992
[dygn/år]**

-  Tätort
-  Större väg
-  Vattendrag

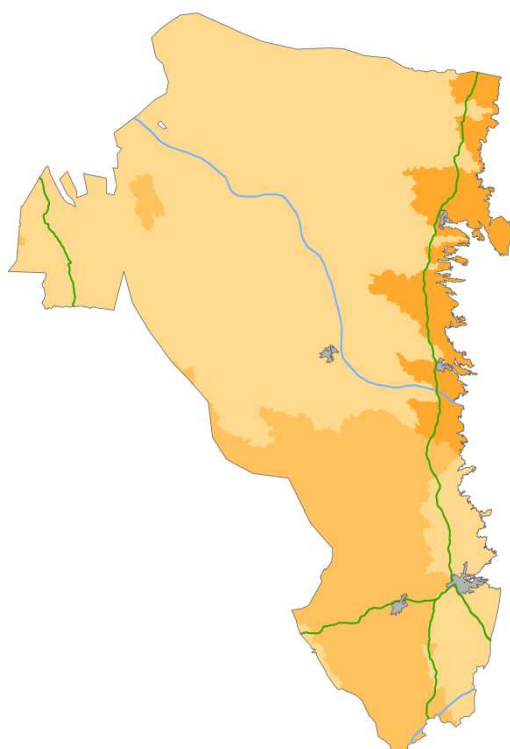
Medianvärden

-  > 67
-  60 - 67
-  52 - 59
-  44 - 51
-  36 - 43
-  28 - 35
-  20 - 27
-  12 - 19
-  3 - 11
-  < 3

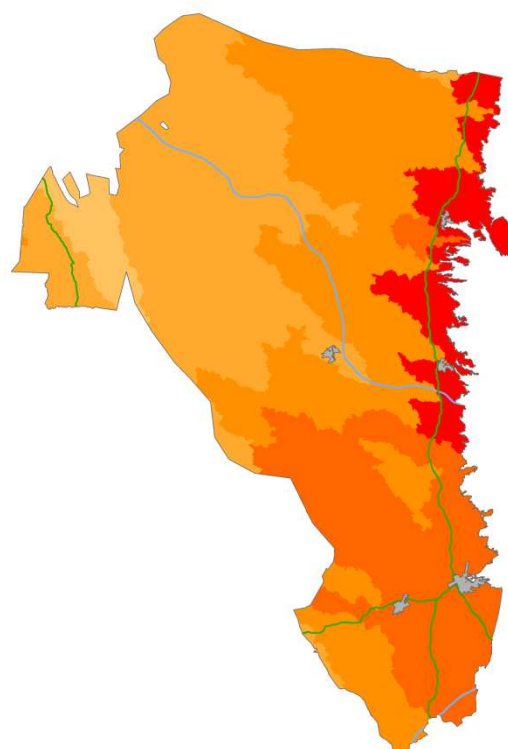
SMHI



0 15 30 60 km



25 Percentil



75 Percentil

