



Riskbild 3

Södermanland

Extrema vädersituationer
Klimatförändringar och lokala effekter



Länsstyrelsen i Södermanlands län har tagit fram ett planeringsunderlag som avser att underlätta arbetet med klimatanpassning inom fysisk planering. Rapporten beskriver extrema vädersituationer och lokala effekter som kan uppstå vid ett förändrat klimat i Södermanland.

Rapporten är ett samverkansprojekt mellan Länsstyrelsen i Södermanland och SMHI (Sveriges meteorologiska institut).

Projektledare från Länsstyrelsen har varit Kaj Hellner och Magnus Rödin har lett arbetet från SMHI.

I projektgruppen har följande personer deltagit:
Från SMHI:
Magnus Rödin, David Segersson, Elin Sjökvist, Jorge Amorim.

Från Länsstyrelsen har följande personer varit behjälpliga vid granskning av rapportarbetet: Torbjörg Sekse och Kaj Hellner.

Vid frågor kontakta:
Kaj Hellner, Plan och Byggfunktionen
Samhällsbyggnadsenheten, Länsstyrelsen
Telefon: 010-223 43 31

Utgivningsår: 2016

ISSN-nummer: 1400-0792

ISBN-nummer: 978-91-88044-50-1

Rapportnummer: 2016:3

Källa, kartor (om inget annat anges):
© SMHI/Länsstyrelsen i Södermanland

Grafisk form och produktion:
Ditt Kreativa Team, www.kream.se

Förord

Värme, för en frusen nordbo ger själva ordet en känsla av välbehag. Vi åker på semester till sydliga breddgrader för att uppleva värme och sol. Väl hemma igen är vi som pånyttfödda och fulla av energi, redo att möta vardagens alla göromål. Kanske har vi också tillbringat några dagar vid havet längs någon strand och upplevt solens värmande strålar. Någon gång har värmen kanske upplevts besvärande, men ett litet parasoll eller något träd som ger skugga och en svalkande dryck ger snabbt välbefinnandet tillbaka. Där och då tänker vi kanske inte på att vi faktiskt genom våra naturliga reaktioner ägnar oss åt lokal klimatanpassning för oss själva och våra närmaste.

Att värme under en längre tid kan vara farligt, rent av dödligt, är för en nordbo förmodligen lite långsökt. Tyvärr visar det sig att klimatförändringarna kommer att utmana vår hittillsvarande uppfattning om värme som enbart en behaglig företeelse. Södermanland kommer att uppleva en avsevärd värmökning till följd av klimatförändringar och värmeböljor förväntas uppträda allt oftare och med längre varaktighet än vi varit vana vid. Effekten kommer att visa sig olika mycket beroende på hur väl världssamfundet klarar att minska utsläppen av växthusgaser. Två olika utsläppsscenarier har beaktats i en av SMHI nyligen utförd analys för länet: en utvecklingsbana för utsläpp av växthusgaser som redovisar låga respektive höga utsläpp. Låg scenariot ger lägre värmepåslag (RCP 4,5) och pågående utveckling ger högre värmepåslag (RCP 8,5).

Föreliggande rapport behandlar översiktligt några konsekvenser av ett varmare klimat som kan behöva studeras mer ingående framöver t.ex. fler s.k. nollgenomgångar som ger ”jojo” liknande vintrar, ökad brandrisk, värmeböljor och blixtoväder. En mer detaljerad studie av värmökningens inverkan vid värmebölja redovisas utförligt för länets största tätort, Eskilstuna. Ett stort antal kartor visar hur den s.k. strålningsvärmen varierar inom tätorten. Analysen är genomförd med hjälp av bl.a. höjddata från lantmäteriet och en svensk beräknings modell för strålningsvärme som utvecklats på Universitetet i Göteborg. Avsikten med rapport arbetet är att ge länets kommuner ett underlag för det kommunala klimatanpassningsarbetet, och bidra till förståelsen av klimatförändringarnas lokala effekter. Strålningsanalysen ger tydliga indikationer på behovet av offentliga platser som kan ge våra invånare svalka vid värmeböljor. Torg, gator och parker kan behöva ses över och kompletteras utifrån insikten om hur klimatförändringarnas effekter i närmiljön kan mötas genom planeringsåtgärder.

Ett personligt minne från sydligare breddgrader av hur påtaglig upplevelsen av förändrad strålningsvärme kan vara hade jag i Sorrento i södra Italien. En park med citron lundar och bersåer var belägen alldeles intill en hårt trafikerad plats präglad av hårdgjorda ytor.

Upplevelsen av vad en park kan vara gör mig också nyfiken på hur våra kommuner kommer att ta sig an utmaningen att utforma parker som är anpassade till ett förändrat klimat.

NYKÖPING MARS 2016



LISELOTTE HAGBERG
LANDSHÖVDING

Innehåll

1	Sammanfattning	5
2	Bakgrund.....	7
3	Extrema vädersituationer i ett framtida klimat	9
3.1	Scenarier för framtiden	9
4	Blixtar	11
5	Nollgenomgångar.....	14
6	Skogsbrand.....	19
7	Värmebölja	25
7.1	Värme och hälsa	26
7.2	Den urbana värmeön.....	27
7.3	Värmeböljor i ett framtida klimat.....	28
7.3.1	Tillbakablickar	28
7.3.2	Varaktighet.....	29
7.3.3	Varma dagar	31
7.4	Strålningstemperatur	33
7.5	Värmekartläggning i Eskilstuna	35
7.5.1	Digital terrängmodell och beskrivning av växtlighet	36
7.5.2	Meteorologiska förhållanden	38
7.5.3	Strålningsvärme under sommaren 2014	40
7.5.4	Sommaren 2014 i ett två grader varmare klimat	40
8	Slutsatser	43
8.1	Extremväder	43
8.2	Värmebölja	44
9	Referenser	45

Sammanfattning

På uppdrag av Länsstyrelsen i Södermanland har SMHI beskrivit utvalda extrema vädersituationer i nutid och i framtida klimatscenarier.

De vädersituationer som studerats är:

- Blixtar
- Nollgenomgångar
- Skogsbrand
- Värmebölja

Huvudsyftet är att beskriva de tendenser som kan ses i analyser av klimatscenarier, men även att belysa risker utifrån nuvarande klimat.

Huvudsyftet är att beskriva de tendenser som kan ses i analyser av klimatscenarier, men även att belysa risker utifrån nuvarande klimat.

Blixtar

Kunskapen kring blixtar är relativt begränsad. En orsak är den korta tid som mer kompletta mätningar pågått, en annan är den lokala karaktären hos åska som gör det svårt att fånga fenomenet i de relativt sett storskaliga beräkningsmodeller som används. Utifrån dessa förutsättningar har en genomgång gjorts av blixtförekomst. Uppmätta blixtar visar att nedslag kan förekomma var som helst i länet. Det är ett rimligt antagande att ett varmare klimat kan orsaka kraftigare åskväder och vi kan därför förvänta oss att antalet blixtar ökar i framtiden.

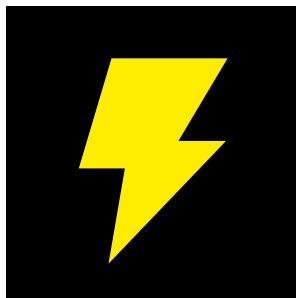
Nollgenomgångar

En nollgenomgång definieras som ett dygn då temperaturen befinner sig på båda sidor om noll, dvs. når både negativa och positiva värden under ett dygn. Antal nollgenomgångar används ofta för att få ett mått på frostrisk och inträffar under vinter och vår i södra Sverige. Frostrisk är av naturliga skäl intressant t.ex. inom jordbruket och inom väghållning. De klimatscenarier som analyserats i denna sammanställning visar på en minskning med upp till 30 dagar med nollgenomgångar per år i Södermanland.

Skogsbrand

Skogsbränder förekommer som en naturlig del av ekosystemet men den vanligaste orsaken till brand är människors aktiviteter. Följderna av en skogsbrand kan bli

De vädersituationer som studerats är:



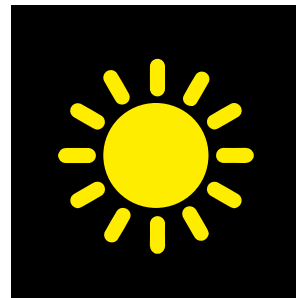
Blixtar



Nollgenomgångar



Skogsbrand



Värmebölja

I ett varmare klimat kan värmeböljorna förlängas med upp till 20 dagar i slutet av seklet.

stor, både avseende räddningsinsatser och skador. I takt med ökad medeltemperatur blir marktorka allt vanligare och skogsbrandrisken i Södermanland väntas öka i ett framtida klimat. Både säsongen för brandrisk och frekvensen av högriskperioder kan komma att fördubblas till slutet av seklet.

Värmebölja

Värmebölja är en vädersituation som ofta ger positiva signaler i Sverige. Ur ett hälsoperspektiv är det dock tydligt att höga temperaturer kan medföra en risk. Främst drabbas äldre människor, där långvarande höga temperaturer kan medföra en förhöjd risk för förtida dödsfall på över 10 %. Under de senaste åren har en rad omfattande värmeböljor inträffat runt om i världen. Senast under 2015 drabbades flera länder i Centraleuropa. Den mest omfattande värmeböljan inträffade dock under 2003, och drabbade Frankrike hårdast. Upp till 70 000 förtida dödsfall bedöms ha inträffat i Europa under denna värmebölja. Med insikt om att temperaturen förväntas stiga i ett framtida klimat, är det relevant att fundera på vilka ökade hälsorisker detta innebär. Särskilt relevant blir denna frågeställning vid fysisk planering som kommer att påverka boendemiljöer och stadsmiljön långt in i framtiden.

Antal varma dagar per år, med dygnsmedeltemperatur över 20°C, är ganska sällsynta i dagens klimat i Södermanland. Ännu mer sällsynta är värmeböljorna, där de varma dagarna kommer i följd, även om det finns ett par tillfällen observerade. I ett varmare klimat kan värmeböljorna förlängas med upp till 20 dagar i slutet av seklet.

Som exempel på hur den upplevda temperaturen varierar inom en stad presenteras en kartläggning av strålningstemperatur inom Eskilstuna tätort. Strålningstemperaturen är en ekvivalent temperatur på samma sätt som köldeffekt, men istället för vind så tas hänsyn till strålningsförhållandena. En kritisk faktor i detta sammanhang visar sig vara tillgång till skugga. I delar av staden med direkt närhet till träd eller på skuggsidan av byggnader, överskrider strålningstemperaturen aldrig de risknivåer som identifierats. Detta sker däremot regelbundet under sommartid på solbelysta ytor, såsom parkeringsplatser, öppna fält eller vid fasader i söderläge.

Beräkningar av strålningstemperaturen presenteras dels för sommaren 2014, och dels för ett 2 grader varmare scenario baserat på denna sommar. En jämförelse visar på en markant ökning av antalet tillfällen då strålningstemperaturen når nivåer som innebär en ökad hälsorisk för äldre. För att visa hur strålningstemperaturen varierar inom bebyggd miljö, ge ett kvalitativt underlag för att bedöma närhet till svalka, samt identifiera särskilt utsatta miljöer, presenteras ett detaljerat kartunderlag över strålningstemperaturen i ett 2 grader varmare klimat längst bak i rapporten.

Bakgrund

Länsstyrelsen i Södermanland vill tillhandahålla ett brett underlag för klimatanpassning för fysisk planering inom länet.

Länsstyrelsen har tidigare publicerat Riskbild Södermanland (Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2012), vilken ger en övergripande beskrivning av framtida klimat i Södermanland. En fördjupning med fokus på skyfall, avrinningsförhållanden och extremt havsvattenstånd presenterades ett år senare i Riskbild 2 Södermanland (Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2013).

För att få stöd i arbetet med klimatanpassning så har Länsstyrelsen i Södermanland bitt SMHI om en fortsättning på den tidigare publicerade Riskbild 2, där fokus låg på risker kopplade till vatten. De risker som identifierats är värmeböljor, blixtnedslag, nollgenomgångar och skogsbrand.



BILD 1.

Länsstyrelsen har tidigare publicerat Riskbild Södermanland (Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2012).

Med insikt om att temperaturen förväntas stiga i ett framtida klimat, är det relevant att fundera på vilka ökade hälsorisker detta innebär. Särskilt relevant blir denna frågeställning vid fysisk planering som kommer att påverka boendemiljöer och stadsmiljön långt in i framtiden.

Extrema vädersituationer i ett framtida klimat

Inom klimatanpassning prioriteras ofta risker kopplade till förändringar i nederbörd, vattenflöden och vattenstånd. De påtagliga och direkta konsekvenserna av dessa förändringar gör det lätt att förstå de risker som följer med klimatförändringarna.

Denna genomgång syftar till att belysa andra extrema vädersituationer och beskriva hur de förväntas påverkas av ett varmare klimat, samt i viss mån deras konsekvenser. De vädersituationer som beskrivs är blixtar, nollgenomgångar, skogsbrand och värmebölja.

3.1 Scenarier för framtiden

När det gäller tidshorisonter som sträcker sig till slutet av detta sekel är framtida utsläpp av växthusgaser den enskilt största osäkerheten. Klimatforskningen utvecklas hela tiden, så också metoder som ligger till grund för antaganden om framtida utsläpp. FN:s klimatpanel sammanställer klimatforskningen vart 6:e år. I sammanställningarna 2001 (TAR) och 2007 (FAR) användes de s.k. SRES-scenarierna (Nakićenović, 2000), som beskriver möjliga samhällsutvecklingar och dess utsläppsnivåer. I klimatpanelens senaste sammanställning (AR5, 2013) antogs de s.k. RCP-scenarierna (ICONICS, 2013), som enbart beskriver strålningsbalansen i atmosfären, d v s konsekvensen av olika utsläppsnivåer, utan förutbestämd samhällsutveckling. De två olika scenariogrupperna visas i Figur 1.

Beroende på vilket grundmaterial som finns tillgängligt används olika scenarier i de kommande analyserna för extremväder.

För analysen av nollgenomgångar, värmebölja och varma dagar har två RCP-scenarier använts. RCP8.5 innebär fortsatta utsläppsökningar och RCP4.5 innefattar kraftfull klimatpolitik och utsläppsminskningar inom närtid, se den övre bilden i Figur 1. De index som presenteras för värmebölja och varma dagar finns publicerade i databasen SCID (Sjökvist, 2015).

Analysen av Skogsbrand baseras på resultat från studien Framtida scenarier med hög risk för skogsbrand (MSB, 2013) Här används SRES-scenarier med tyngdpunkt

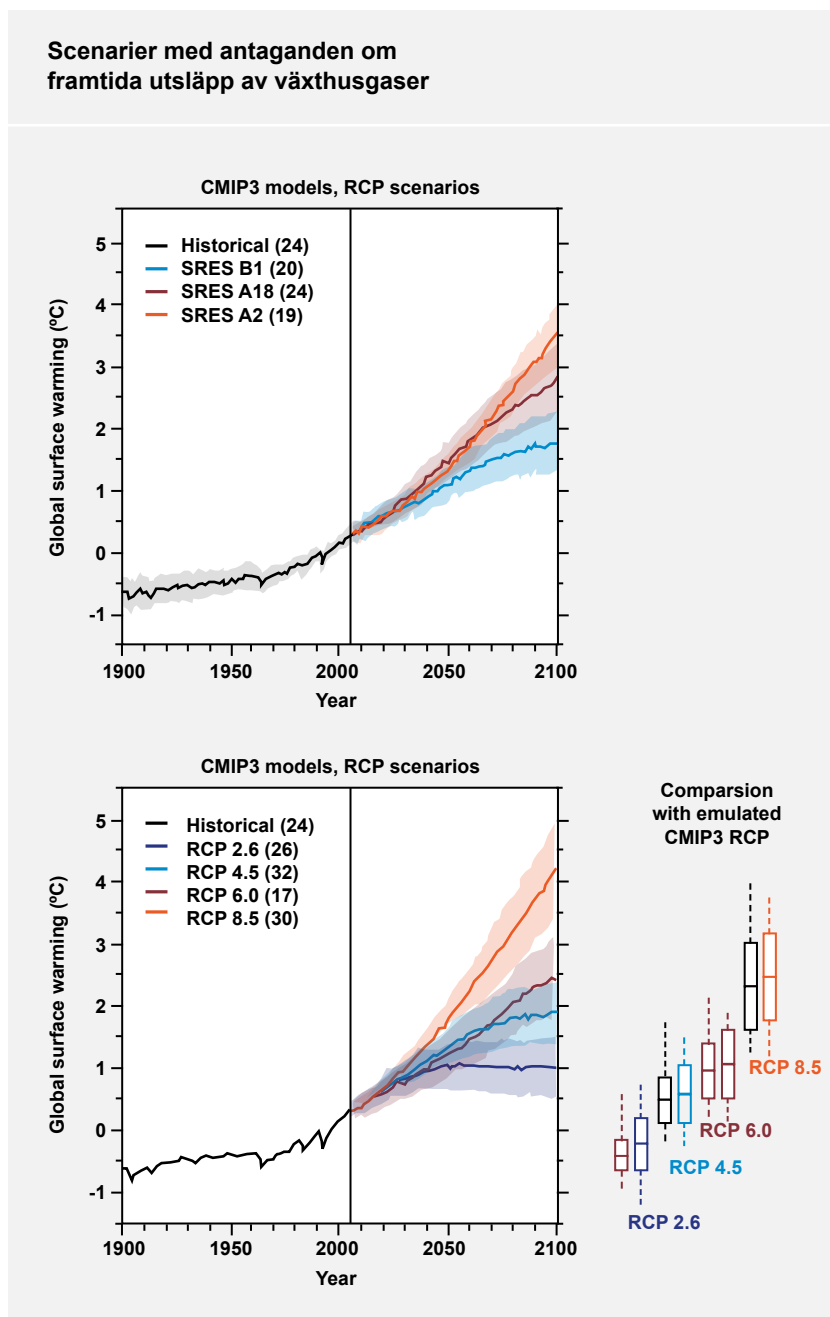
När det gäller tidshorisonter som sträcker sig till slutet av detta sekel är framtida utsläpp av växthusgaser den enskilt största osäkerheten.

FIGUR 1.

Scenarier med antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser.

Övre figuren:
SRES-scenarier som användes i IPCC's utvärderingar 2001 och 2004

Under figuren:
RCP-scenarier från AR5 (2013).



på scenario A1B, se den vänstra bilden i Figur 1. Scenariot hamnar ungefär mitt emellan RCP4.5 och RCP8.5 i framtida utsläppsnivåer. En studie på framtida brandrisk baserat på RCP-scenarier pågår vid SMHI och presenteras våren 2016.

Analyserna har utförts med fokus på tidsperioderna som används i databasen SCID: 1961-1990 (av WMO definierad som standardreferensperiod), 1991-2013, 2021-2050 och 2069-2098. Nio orter studeras närmare: Eskilstuna, Strängnäs, Vingåker, Katrineholm, Flen, Gnesta, Trosa, Nyköping och Oxelösund. För de analyser som presenteras med kartor är dessa orter markerade.

För värmeböljor görs en fördjupning där risker och hälsorelaterade konsekvenser beskrivs mer i detalj. En fallstudie över upplevd värme i utomhusmiljön görs över Eskilstuna baserat på observationer från år 2014 och relaterade hälsorisker kvantifieras med hänsyn till ett två grader varmare klimat. Det kan jämföras med nivån på scenarierna SRES A1B eller RCP6.0 i Figur 1 i slutet av seklet.



BILD 2 Blixtar © iStock.com



Blixtar

Blixtar uppstår i kraftiga åskmoln, där olika delar av molnet får olika elektriska laddningar. När spänningen inom molnet eller mellan marken och molnet blir tillräckligt stor sker en urladdning i form av en blixt. Blixtar kan orsaka stora skadeverkningar på samhället, de kan antända en brand, orsaka överspänning i elektronik eller i värsta fall skada människor och djur.

Fakta IMPACT

SMHI har sedan 2002 haft tillgång till ett blixlokaliseringssystem som bland annat registrerar information om blixurladdningarnas tidpunkt, position, strömstyrka och polaritet (negativ eller positiv urladdning).

→ Läs mer

www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/2.1308

För att beskriva var, när och hur ofta blixtnedslag har förekommit i Södermanland har data från SMHIs blixlokaliseringssystem IMPACT använts. Systemet har varit aktivt sedan 2002, därmed har data från 13-årsperioden 2002-2014 använts i analysen.

IMPACT-systemet detekterar blixurladdningens kraftiga elektromagnetiska puls och ger information om tidpunkt, position, strömstyrka och polaritet (negativ eller positiv). I Figur 2 visas mätstationerna för Östersjöregionen. I analysen ingår endast urladdningar som når marken.



FIGUR 2.
Ingående sensorer i blixlokaliseringssystemet i Östersjöområdet med omnejd.

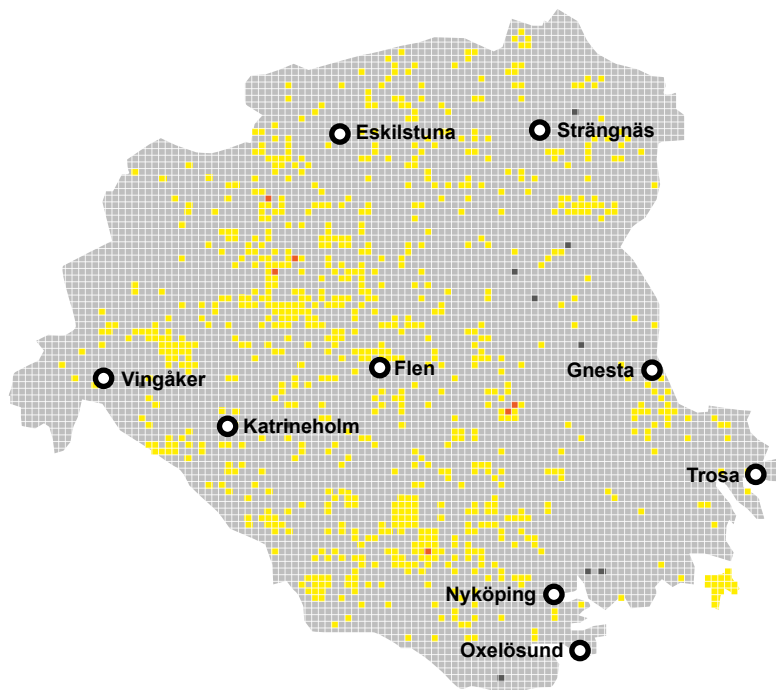
Det fenomen vi normalt kallar ”blix” består i själva verket ofta av flera separata blixurladdningar. Men eftersom alla dessa urladdningar sker inom ca 1 sekund hinner det mänskliga ögat inte uppfatta dem som enskilda händelser utan samlar ihop dem som fenomenet ”blix”. Blixlokaliseringssystemets sensorer registrerar dock enskilda urladdningar, vilket medför att antalet urladdningar som presenteras i analysen är större än det antal blixar vi människor uppfattar.

För att illustrera var i Södermanland blixtnedslag är vanligast och hur ofta de förekommer presenteras i Figur 3 en karta över densiteten av blixurladdningar. Denna densitet är ett mått på hur många blixurladdningar som normalt når marken under ett år inom ett område av 1 km² storlek. Som framgår av Figur 3 varierar blixtdensiteten i Södermanland i medeltal mellan 0 och 3 blixurladdningar/år/km². Fördelningen är mycket jämt spridd över länet, i princip kan blixar förekomma var som helst i länet. Ingen av de nio analysorterna utmärker sig, blixtdensiteten är mellan 1 och 2 blixar per år och km². Densiteten är något högre i länets inre delar, främst i ett stråk mellan Nyköping och Eskilstuna.

Åskans fördelning över året visas i Figur 4 som en frekvensfördelning av blixurladdningar per månad för Södermanlands län. Det är tydligt att åska är vanligast under sommarmånaderna med ett maximum i juli. Under vintermånaderna förekommer normalt ingen åska överhuvudtaget.

Förändringen av blixar i framtida klimat är osäker eftersom blixar är ett mycket småskaligt väderfenomen, för att simulera ett åskmoln kan modellupplösning på meternivå vara nödvändig. Dagens klimatmodeller (RCM:s) har en upplösning på mellan 10 och 50 km, vilket är långt ifrån tillräckligt. Åska är dock ofta kopplat till

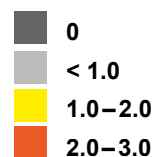
Densitet av blixurladdningar för Södermanland (antal blixurladdningar/år/km²).



FIGUR 3.

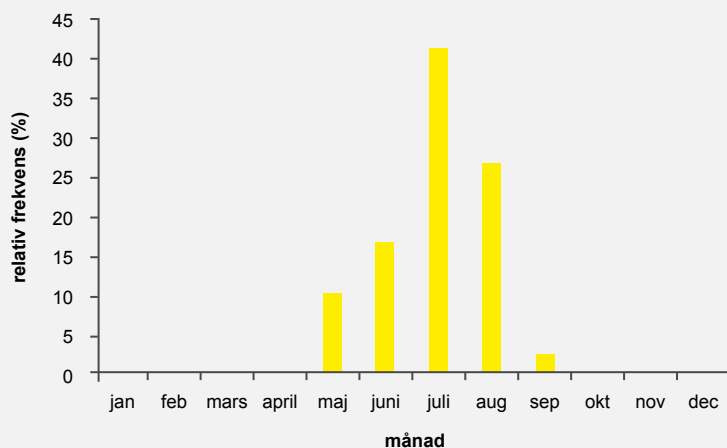
Densitet av blixurladdningar för Södermanland (antal blixurladdningar/år/km²). Kartan visar Södermanland indelat i 1 × 1 km rutor som var och en redovisar den årliga frekvensen av blixurladdningar i medeltal. Vit ruta betyder att ingen blixurladdning förekommit i rutan under hela 13-årsperioden 2002-2014.

Antal blixurladdningar per år



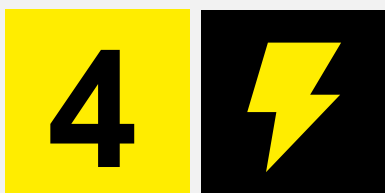
kraftig nederbörd, vilket modellerna kan ge information om. Eftersom den kraftiga nederbörden väntas öka är det rimligt att anta att antalet blixtrar ökar i framtiden. Åskans geografiska fördelning bestäms i första hand av topografin och därmed väntas lokaliseringen av blixtrar i framtiden vara ungefär densamma. Juli kommer troligtvis även i fortsättningen vara den månad med flest blixtrar, men i och med ett varmare klimat kan risken för åskväder på vår- och höstmånaderna öka.

Frekvensfördelning av blixurladdningar per månad för Södermanlands län



FIGUR 4.

Frekvensfördelning av blixurladdningar per månad för Södermanlands län.



SAMMANFATTNING

Blixтар

Förändringar av blixтар i ett framtida klimat är osäker, eftersom blixтар är ett mycket småskaligt väderfenomen. För att simulera ett åskmoln kan modellupplösning på meternivå vara nödvändig. Dagens klimatmodeller (RCM:s) har en upplösning på mellan 10 och 50 km, vilket är långt ifrån tillräckligt. Åska är dock ofta kopplat till kraftig nederbörd, vilket modellerna kan ge information om. Eftersom den kraftiga nederbörden väntas öka är det rimligt att anta att antalet blixтар ökar i framtiden.



BILD 3 Nollgenomgångar © iStock.com



Nollgenomgångar

När temperaturen ofta växlar omkring noll grader får det konsekvenser för bland annat vinterväghållning och för jordbruk. Det kan handla om ishalka när blöta vägbanor fryser till eller frostsador på grödor. Antal nollgenomgångar används ofta för att få ett mått på frostrisk och inträffar under vinter och vår i södra Sverige. En nollgenomgång definieras som ett dygn då temperaturen befinner sig på båda sidor om noll, dvs. när både negativa och positiva värden under ett dygn.

För att beräkna nollgenomgångar i historiskt klimat behövs observerad max- och mintemperatur under ett dygn. De stationer som registrerat data relevanta för Södermanland samt har tidsserier med tillräckligt hög kvalitet för båda perioderna 1961-1990 och 1991-2013 visas i Figur 5.

FIGUR 5.
De nio analysorterna (ringsymbol)
samt SMHI:s stationer
som använts för analys av
nollgenomgångar (svarta).

En nollgenomgång definieras som ett dygn då temperaturen befinner sig på båda sidor om noll.

Analysorter samt
SMHI:s stationer



Tabell 1 visar beräknade nollgenomgångar för observationsstationer i eller i närheten av Södermanland. För att säkerställa att dataunderlaget är representativt tar beräkningarna endast hänsyn till år då minst 90 % av dagarna har temperaturdata mellan september och maj.

Gustaf Dalén och Landsort är kuststationer och har färre nollgenomgångar än de på land. Det beror på att havet är bra på att jämna ut temperaturskillnader. Över land varierar temperaturen mer mellan dag och natt. Antalet nollgenomgångar är något fler under perioden 1991-2013 jämfört med 1961-1990 för flera stationer. Observera dock att perioden 1991-2013 bara är drygt 20 år lång.

TABELL 1.
Beräknat antal nollgenomgångar per
år för SMHI:s observationsstationer
i eller i närheten av Södermanland.
Medelvärden över respektive
tidsperiod.

Station	Medel 1961-1990	Medel 1991-2013	Förändring
Eskilstuna	85	91	+6
Gustaf Dalén (kust)	41	50	+9
Landsort (kust)	54	55	+1
Oxelösund	76	65	-11
Södertälje	80	81	+1
Valla	88	91	+3

För att studera nollgenomgångar i framtida klimat har data från SMHI:s klimatforskningsenhet Rossby Centre använts. För att minimera osäkerheten i resultaten har 5 gridrutor på vardera 50x50 km från klimatmodellerna valts ut för att representera Södermanland, och resultatet presenteras som ett medelvärde av dessa rutor.

Tabell 2 visar förändringen av antal dagar per år med nollgenomgångar från referensperioden 1961-1990 till seklets slut. Scenarierna visar på en tydlig minskning av antalet nollgenomgångar. RCP4.5 visar en minskning med 19 dagar, medan RCP8.5 visar en minskning med 30 dagar.

Scenario	Förändring (dagar)
RCP4.5	-19
RCP8.5	-30

TABELL 2.

Förändring i antal nollgenomgångar per år för perioden 2069-2098 jämfört med 1961-1990 för Södermanland.

För respektive observationsstation blir resultatet enligt Tabell 3, där förändringen för de två scenarierna är adderad på statistiken från perioden 1961-1990. För RCP8.5 blir resultatet vid kuststationerna Gustaf Dalén och Landsort 11 respektive 24 nollgenomgångar per år, medan inlandsstationerna väntas få 40-60 tillfällen per år.

	RCP4.5	RCP8.5
Eskilstuna	66	55
Gustaf Dalén	22	11
Landsort	35	24
Oxelösund	57	46
Södertälje	61	50
Valla	69	58

TABELL 3.

Beräknat antal nollgenomgångar per år för perioden 2069-2098 enligt scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.



SAMMANFATTNING

Nollgenomgångar

En nollgenomgång definieras som ett dygn då temperaturen befinner sig på båda sidor om noll, dvs. når både negativa och positiva värden under ett dygn. De klimatscenarier som analyserats i denna sammanställning visar att antalet nollgenomgångar i Södermanland minskar i ett framtida klimat.



BILD 4 Skogsbrand © iStock.com



Skogsbrand

Skogsbränder förekommer som en naturlig del av ekosystemet men den vanligaste orsaken till brand är människors aktiviteter. Risken för att bränder ska uppstå och deras förlopp beror på miljön och vädret. Följderna av en skogsbrand kan bli stor, både avseende räddningsinsatser och skador.

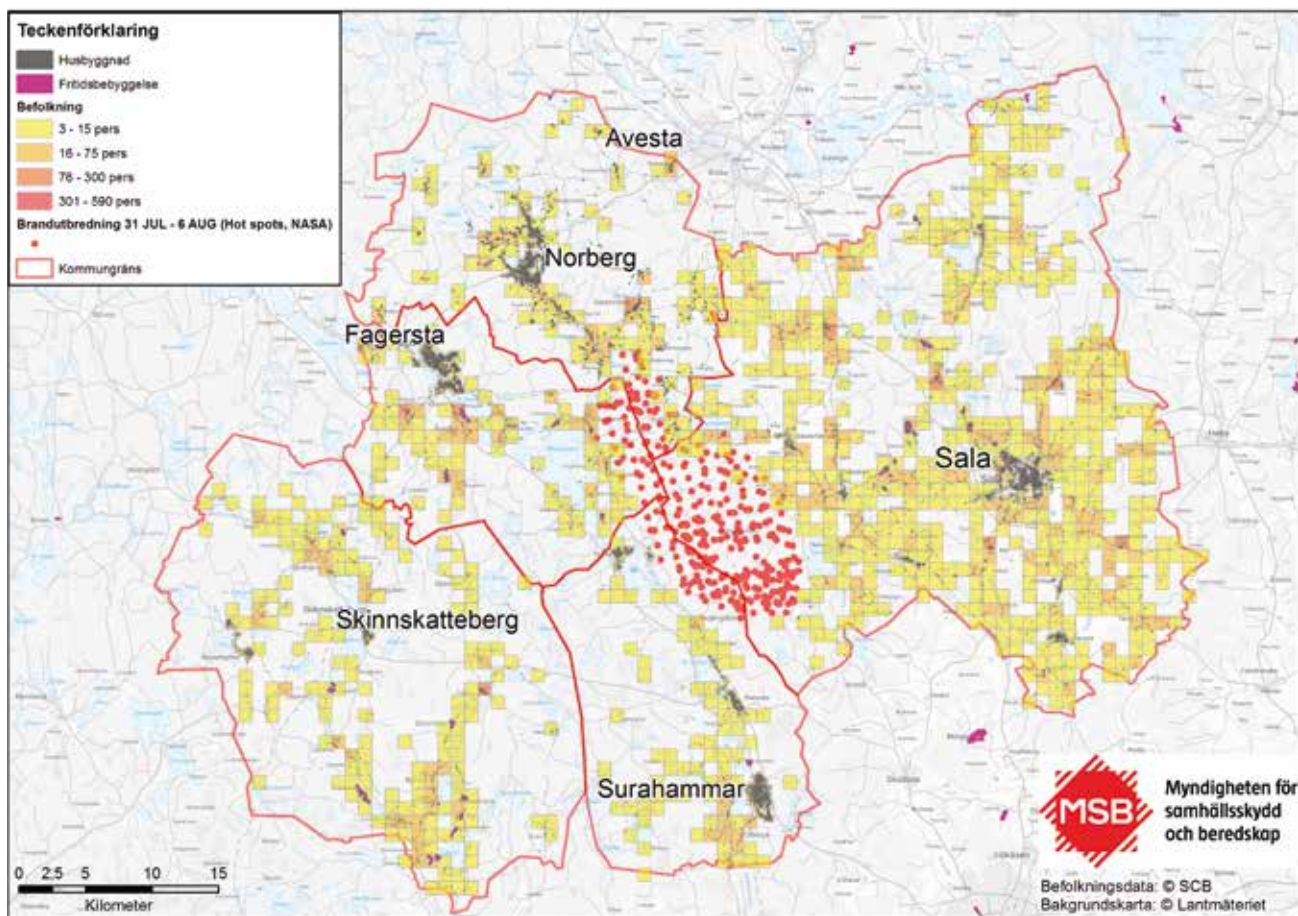


FIGUR 6 A.

Ett år efter skogsbranden i
Västmanland, september 2015.
© Elin Sjökvist

År 2014 drabbades Västmanland av en omfattande skogsbrand, där 13 800 hektar påverkades av stora skador, både materiellt och mänskligt. Juli 2014 var en torr och varm månad i Västmanland, temperaturen nådde under flera dagar över 30 grader. Branden startade i samband med markberedning utanför Seglingsberg och spred sig snabbt under lördagen den 31 juli 2014. Under måndagen tilltar den sydostliga vinden och branden sprids mer än 10 km, upp till sjön Snyten. Det brinner så kraftigt att lågorna hoppar flera hundra meter över sjön och antänder skog och en byggnad på norra sidan. Franska och Italienska vattenbombplan kallas in och tisdagen den 11 augusti förklaras branden under kontroll. Tusen personer evakueras från sina hem och en person avlider till följd av branden. Det är den största skogsbranden i Sverige sedan mitten av 1900-talet. Figur 6 visar området ett år efter branden.

Torr mark väntas bli vanligare i ett framtida klimat på grund av att temperaturen ökar och därmed ökar även avdunstningen från mark och vegetation. SMHI utförde på uppdrag av MSB analyser av framtida perioder med hög risk för skogsbrand i



FIGUR 6B

Kartbilden visar en sammanställning av data från branden i Västmanland 2014. Tätorter och övrig bebyggelse redovisas, samt hur branden spreds mellan 31 juli t.o.m. 6 augusti.
© MSB, SCB, Lantmäteriet

Sverige (MSB, 2013). För antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser användes SRES-scenariot A1B (Nakićenović, 2000), vilket hamnar mitt i mellan RCP4.5 och RCP8.5 till slutet av seklet (se Figur 1). I studien användes resultat från två olika hydrologiska modeller: FWI och HBV-Skogsbrand. FWI är en Kanadensisk modell som tar hänsyn till vind och ger ett mått på spridningsrisk. HBV-Skogsbrand beräknar markfuktigheten och ger ett mått på antändningsrisk. FWI-modellens krav på indata göra att utvalda stationer från SMHI måste användas. Därför presenteras resultaten som punkter för respektive station.

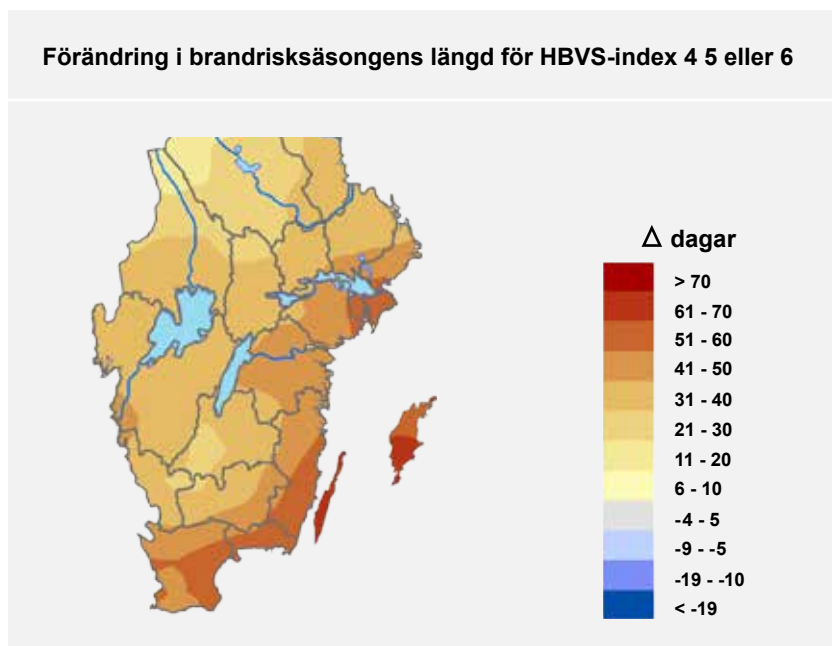
Resultatet från modellerna översätts till ett index som går från 1 till 6, där 1 motsvarar mycket blött/mycket liten brandrisk och 6 extremt torrt/extremt stor brandrisk. I följande stycke presenteras resultat för högriskperioder, perioder med ett antal dagar i följd med brandriskindex 4 eller mer. Under branden i Västmanland 2014 uppnåddes index 6 flera gånger. Den 4 augusti, då branden spred sig mycket snabbt, beräknades både HBVS och FWI till index 6, d v s Extremt stor brandrisk.

Fakta Skogsbranden i Västmanland 2014

Skogsbranden i Västmanland 2014 var en skogsbrand som bröt ut 31 juli 2014 på ett kalhygge i nordöstra delen av Surahammars kommun, nära gränsen till Sala kommun. Det var den största skogsbranden i Sverige sedan 1950-talet med 13 800 hektar drabbad skog och ungefär 25 nedbrunna eller brandskadade byggnader. Branden krävde ett dödsoffer.

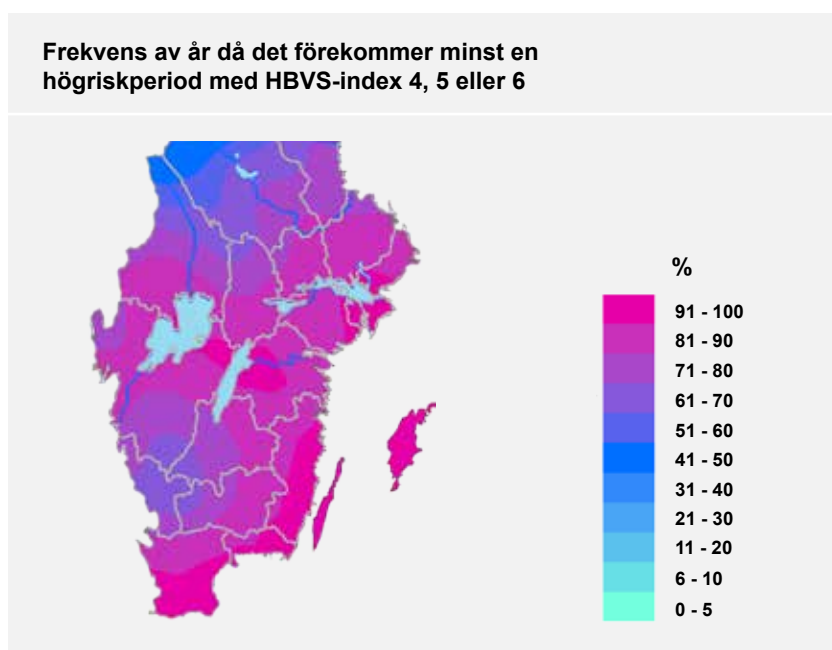
FIGUR 7.

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



FIGUR 8.

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

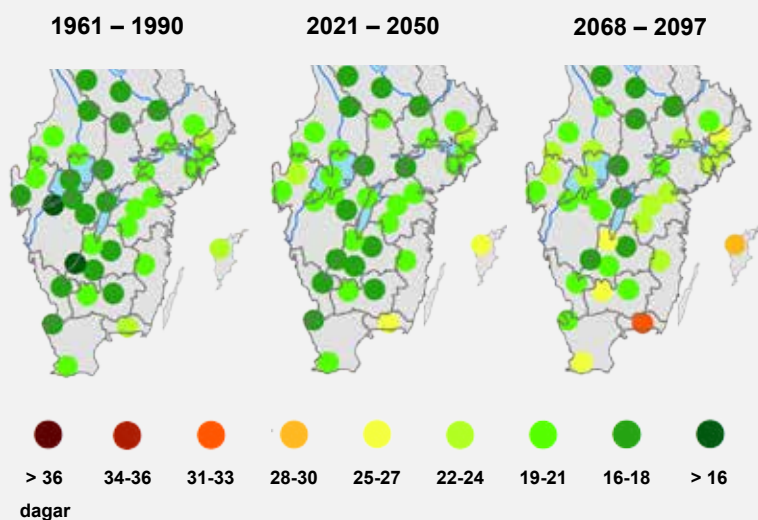


I Figur 7 visas förändringen av brandrisksäsongens längd. Brandrisksäsongen definieras som tiden mellan den första och sista högriskperioden varje år. Under referensperioden 1961-1990 varade brandrisksäsongen i Södermanland i ca 40 dagar. Till slutet av seklet väntas den öka med dryga 50 dagar, vilket resulterar i en säsong på 90 dagar.

Figur 8 kompletterar Figur 7, här visas hur ofta högriskperioder förekommer. Under referensperioden 1961-1990 förekom en högriskperiod ungefär vartannat år, vilket betyder att långt från alla år har en brandrisksäsong. Figuren visar att till slutet av seklet väntas högriskperioder förekomma i princip varje år.

I Figur 9 och Figur 10 visas tidsutvecklingen till slutet av seklet av längsta högriskperiod för FWI- respektive HBV-modellen (observera att figurerna har olika färgskalor). I Södermanland varade en högriskperiod under perioden 1961-1990 som längst i drygt 20 dagar. Enligt HBV sker det en gradvis förlängning av perioderna och till slutet av seklet är längsta period ca 30 dagar. Vid kusten kan högriskperioderna vara i upp mot 35 dagar. FWI-modellen visar inte lika stor förändring, även om en förlängning av högriskperioderna är tydlig.

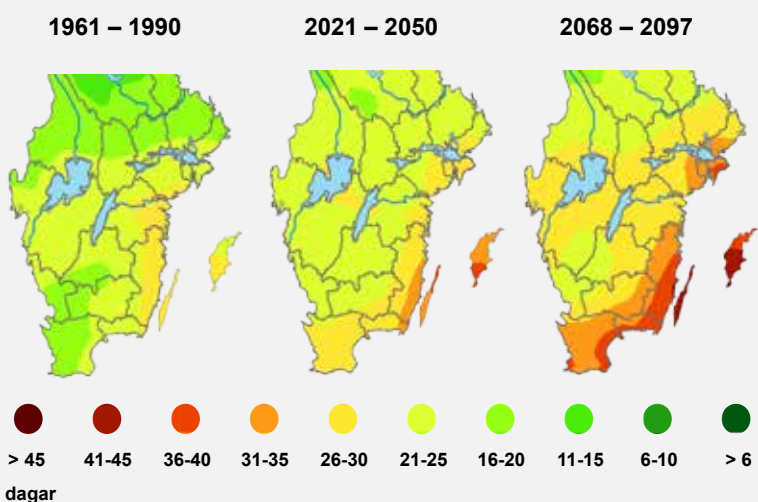
Tidsutveckling av längsta period med hög risk för skogsbrand (FWI-index 4,5 eller 6).



FIGUR 9.

Tidsutveckling av längsta period med hög risk för skogsbrand (FWI-index 4,5 eller 6). Varje karta beskriver ett medelvärde av 9 klimatscenarier över given period.

Tidsutveckling av längsta period med hög risk för skogsbrand (HBVS-index 4,5 eller 6).



FIGUR 10.

Tidsutveckling av längsta period med hög risk för skogsbrand (HBVS-index 4,5 eller 6). Varje karta beskriver ett medelvärde av 6 klimatscenarier över given period.

Fakta FWI & HBV-Skogsbrand

I studien användes resultat från två olika hydrologiska modeller: FWI och HBV-Skogsbrand. FWI är en Kanadensisk modell som tar hänsyn till vind och ger ett mått på spridningsrisk. HBV-Skogsbrand beräknar markfuktigheten och ger ett mått på antändningsrisk.



SAMMANFATTNING

Skogsbrand

Torr mark väntas bli vanligare i ett framtida klimat på grund av att temperaturen ökar och därmed även avdunstningen från mark och vegetation. Två olika hydrologiska modeller används för att ta fram index för bl.a. högriskperioder då brandrisken är extremt stor. Brandrisksäsongen definieras som tiden mellan den första och sista högriskperioden varje år. Under referensperioden 1961-1990 varade brandrisksäsongen i Södermanland i ca 40 dagar. Till slutet av seklet väntas den öka med dryga 50 dagar, vilket resulterar i en säsong på 90 dagar.



BILD 5 Värmebölja © iStock.com



Värmebölja

Förhöjda temperaturer har en rad effekter på samhället. Många av effekterna är indirekta. I en värld där olika delar av samhället är samankopplade i ett komplext nät av beroenden, kan en tråd i nätet som fallerar ge återverkningar på flera olika områden.

Fakta Ökad dödlig**5%**

Studier av variation i antalet dödsfall och dess samvariation med temperaturen visar att man statistiskt för åldersgruppen 47-79 år i Stockholms län varje sommar får 5 % ökad dödlig

Höga temperaturer kan orsaka problem i infrastruktur, t.ex. järnvägsräls och förstörda vägar. Ökad belastning på kylsystem och otillräckligt med kylvatten kan leda till potentiella störningar i produktion av livsmedel och varor (EEA, 2012). Dessa problem kan vara omfattande, men också mycket komplexa att förutse och bedöma. Fokus här är därför i första hand mer direkta hälsorelaterade konsekvenser kring värmeböljor.

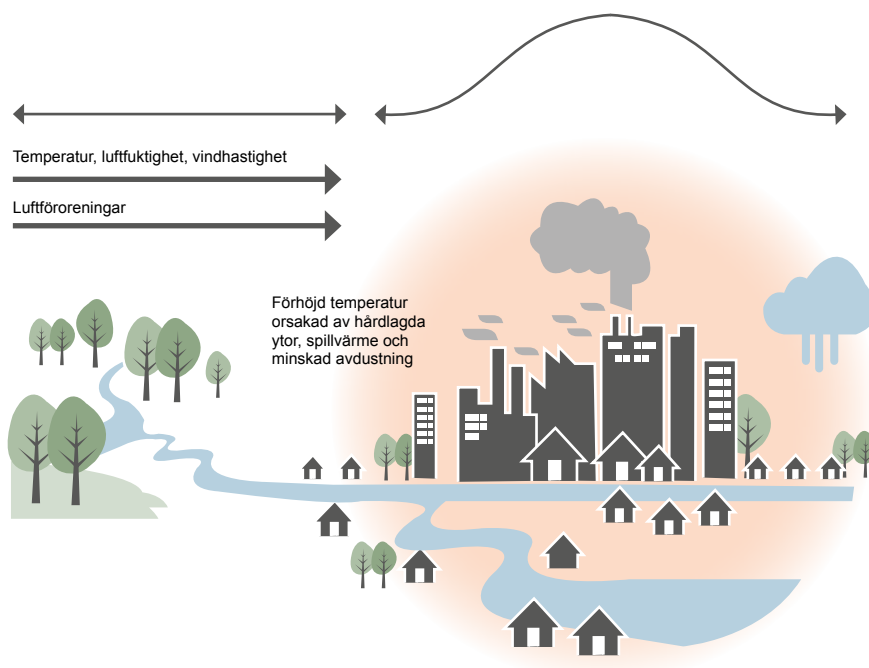
7.1 Värme och hälsa

Under de senaste åren har konsekvenser av en rad värmeböljor uppmärksammats i media. Under sommaren 2015 som ansågs relativt sval i Sverige pågick samtidigt värmebölja i stora delar av Centraleuropa med värmerekord i flera länder. Särskilt Polen drabbades av höga temperaturer och följdproblem för kraftproduktion orsakade av brist på kylvatten. Under våren samma år pågick en extrem värmebölja i Indien med temperaturer över 40° C, många förtida dödsfall, samt påverkan på kraftförsörjning och infrastruktur. En ögonöppnare i många Europeiska länder var annars värmeböljan under 2003, då ca 70 000 förtida dödsfall i Europa kunde härledas till värmen (Robine JM et al. 2008). Studier av samband mellan temperaturen och ökad dödlig

Studier av variation i antalet dödsfall och dess samvariation med temperaturen visar att man statistiskt för åldersgruppen 47-79 år i Stockholms län varje sommar får 5 % ökad dödlig

För att minska hälsoeffekterna av en värmebölja ökar kraven på både fysisk planering och beredskap (sociala myndigheter, kommunal beredskap, vård). Beredskap handlar t.ex. om råd kring hur man bör agera inom vården under en värmebölja. Även den varningstjänst för värmebölja som infördes av SMHI under år 2014 är ett led i beredskapsarbetet (Åström, 2014). För fysisk planering behövs förståelse och information kring hur temperaturförhållandena ser ut i olika delar av den bebyggda miljön, och hur dessa påverkas av byggnader, material, växtlighet och vatten.

För fysisk planering behövs förståelse och information kring hur temperaturförhållandena ser ut i olika delar av den bebyggda miljön, och hur dessa påverkas av byggnader, material, växtlighet och vatten.



FIGUR 11.

Den urbana värmeön innebär en förhöjning av den omgivande temperaturen.

7.2 Den urbana värmeön

Analysen i denna rapport tar inte hänsyn till att temperaturen inom städer normalt är några grader högre än i omgivningen (den s.k. urbana värmeön). Orsaken är att den rumsliga upplösningen i de här använda klimatscenarierna inte är tillräckligt hög för att beskriva denna effekt. Även de observationer som ingår i SMHIs stationsnät missar ofta denna effekt, eftersom de vanligtvis placeras utanför de centrala delarna av städer. Skillnaden i temperatur beror huvudsakligen på (EEA, 2012):

- En stor andel hårdlagda ytor inom staden som absorberar och lagrar värme från solstrålning. Under natten avgår denna värme och höjer temperaturen inom staden.
- Mindre växtlighet och därmed mindre avkylning genom växternas vattenanvändning.
- Spillvärme tillförs från uppvärmning och avkylning av fastigheter, trafik och olika verksamheter inom staden.
- Vatten leds undan och gör städer torrare än omgivningarna, vilket leder till minskad avkylande avdunstning.

På Sveriges breddgrader är temperaturskillnaden mellan stad och landsbygd normalt större under vintern. Effekten är också större nattetid, vilket kan vara särskilt allvarligt på sommaren under värmeböljor eftersom det minskar möjlighet för människor till svalka och återhämtning. Hälsostudier visar att dygnets lägsta temperatur under en värmebölja ibland visar på större hälsorisker än dygnets högsta temperatur (Thorsson et al, 2014).

Inom större tätorter i Södermanland bedöms det rimligt att lufttemperaturen under en värmebölja kan vara ca 1-2 grader högre än i omgivande landsbygd.

På många håll i världen kämpar man intensivt med att begränsa den urbana värmeön. Främst handlar det om att minska uppvärmningen från inkommande solstrålning genom att öka reflexionen av solljus från byggnader och andra ytor, men man inför även gröna tak och planterar träd för att öka avkylning genom växternas transpiration, samt tillför vatten i stadsmiljön (Hoag, 2015). Figur 11 visar en illustration av den urbana värmeön.

Inom större tätorter i Södermanland bedöms det rimligt att lufttemperaturen under en värmebölja kan vara ca 1-2 grader högre än i omgivande landsbygd.

BILD 6.

Människan har en väl utvecklad värmeregleringsförmåga och kroppen signalsystem reagerar på värme, om ytterligare avkyllning behövs. Förmågan eller möjligheten att reagera på kroppens signaler kan dock avta med t.ex. stigande ålder eller vid olika sjukdomstillstånd. I syfte att stödja samhällets värdberedskap, införde SMHI 2014 en varningstjänst för värmebölja.
© iStock.com

För varje dag en värmebölja pågår så ökar hälsoeffekterna signifikant. Detta betyder att varaktigheten hos värmeböljor är viktig i bedömningen av dess konsekvenser.



7.3 Värmeböljor i ett framtida klimat

7.3.1 Tillbakablickar

Typiskt väder vid värmebölja är sol och svag vind. Längs kusterna har havet ofta en avkylande effekt och dessutom blåser det ofta mer. De allra högsta temperaturerna i Sverige har uppmätts i södra Sveriges inland, både Sala i Västmanland (36,0°C) och Malexander i Östergötland (35,8°C) finns bland toppnoteringarna. Eklången, sydost om Eskilstuna, innehar rekordet i antal dagar över 25°C, år 2002 summerades 56 dagar.

I juli 1975 drabbades hela Södra Sverige av en värmebölja och de allra högsta temperaturerna uppmättes i Sörmland med omnejd. Både Oxelösund och Eskilstuna hade två dygn i följd med medeltemperatur över 27°C, vilka listas bland toppnoteringarna i Sverige. Flest antal dagar med dygnsmedeltemperatur över 22°C i Sverige har noterats i Eskilstuna, år 1982 förekom 18 dygn. 10 av dessa dygn noterades i följd i både Eskilstuna och Mariefred. (SMHI Faktablad nr 49/2011)

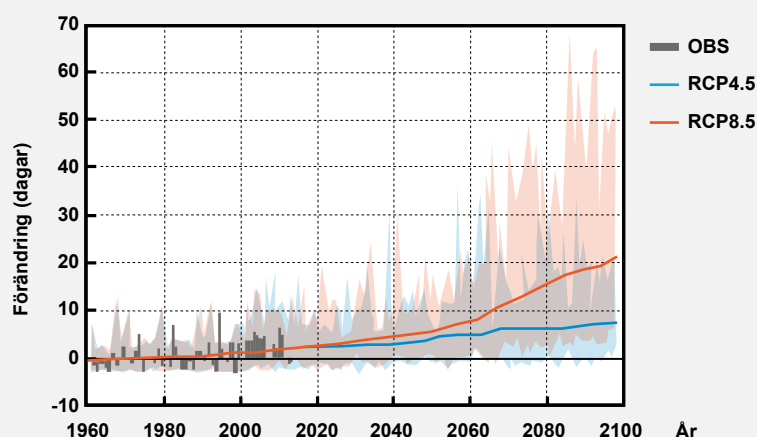
Maximalt antal sammanhängande dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C



FIGUR 12.

Maximalt antal sammanhängande dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C, observerat medelvärde för perioden 1961-1990.

Förändring i antal varma dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C



FIGUR 13.

Förändring i maximalt antal sammanhängande dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C för Södermanland, normaliserat för perioden 1961-1990. Grå staplar visar observerad data. Kurvorna visar 30-års löpande medelvärde av scenarierna RCP4.5 (blå) resp. RCP8.5 (röd). De skuggade fälten visar största och minsta värde hos klimatmodellerna för respektive scenario.

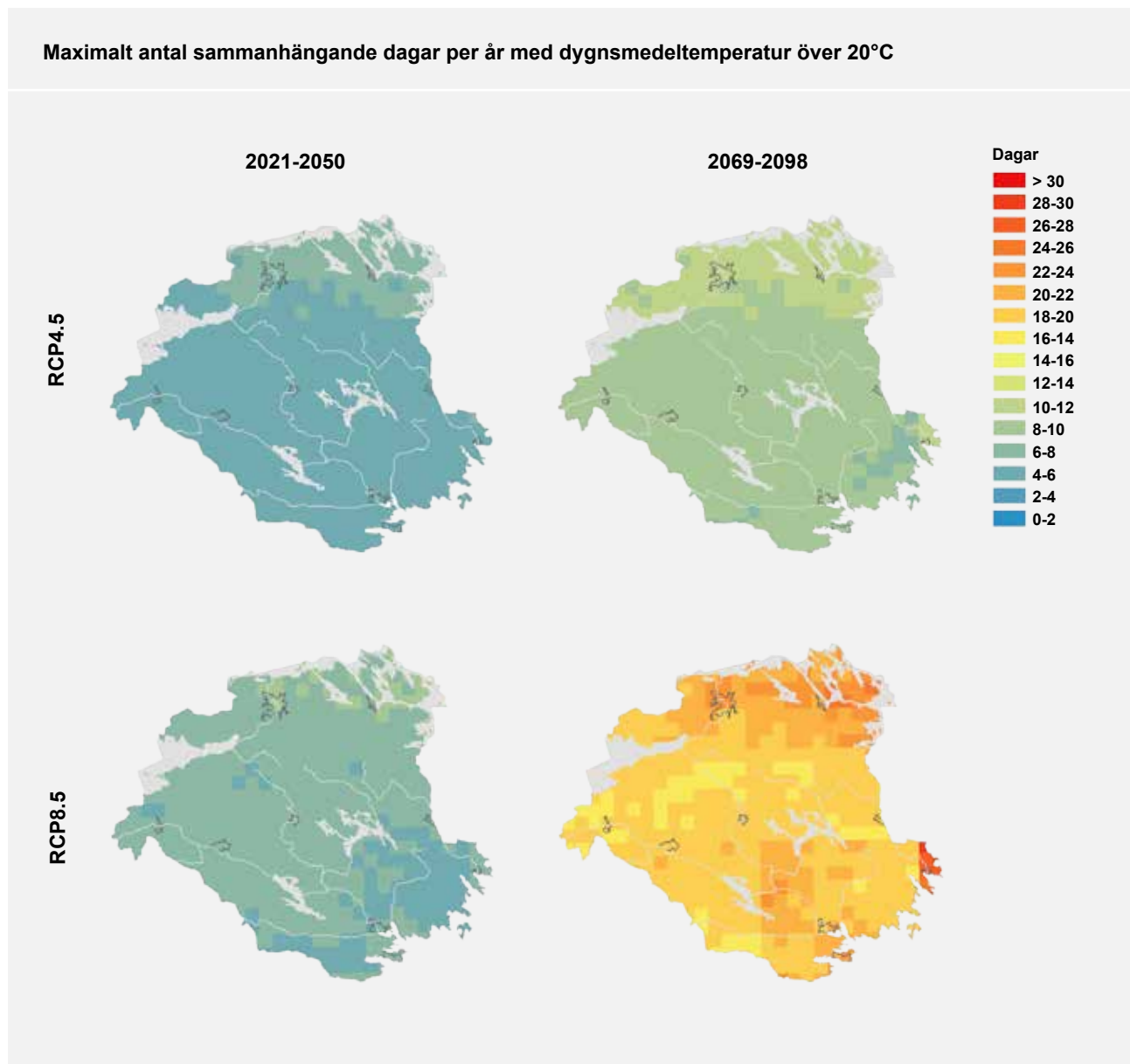
7.3.2 Varaktighet

För varje dag en värmebölja pågår så ökar hälsoeffekterna signifikant (Brooke Andersson och Bell, 2011). Detta betyder att varaktigheten hos värmeböljor är viktig i bedömningen av dess konsekvenser.

Värmebölja är en typ av extremväder, vilket betyder att de är ovanliga. Därför är det också svårt att beskriva klimatet med avseende på värmeböljor. Kartorna i följande stycken kan tolkas som "risk" för värmebölja. Figur 12 visar medelvärdet för perioden 1961-1990 av årets längsta värmebölja, definierad som maximala antalet dagar i följd varje år med dygnsmedeltemperatur över 20°C. Den genomsnittligt längsta årliga värmeböljan låg under perioden på 2,9 dagar. Värmeböljorna förekom knappt alls vid kusten, i inlandet var de 2-4 dagar långa. Viktigt att komma ihåg är att ett enskilt tillfälle kan ge betydligt högre värden, se statistiken i föregående stycken.

Figur 13 visar förändringen av längden på värmeböljor till seklets slut för Södermanland. RCP4.5 visar en ökning på ca 7 dagar och RCP8.5 en ökning på ca 20 dagar. I diagrammet syns att skillnaden mellan enstaka år kan vara stor och den ökar till slutet av seklet.

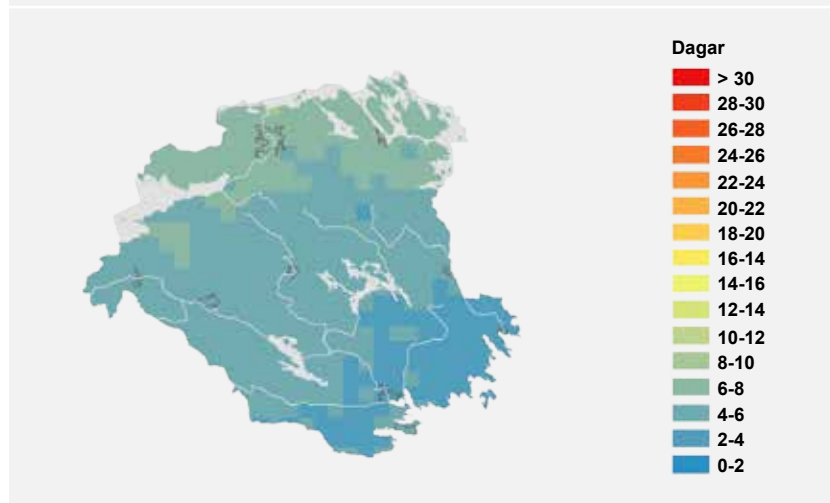
Till slutet av seklet har RCP4.5 ökat till 6-12 dagar för årets längsta värmebölja och RCP8.5 till 16-26 dagar.



FIGUR 14.
Maximalt antal sammanhängande dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C, för perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.

Figur 14 visar utbredningen av värmeböljor i framtiden baserat på scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Till slutet av seklet har RCP4.5 ökat till 6-12 dagar för årets längsta värmebölja och RCP8.5 till 16-26 dagar. Den största ökningen sker i Mälardalen. Trosa får höga värden mot seklets slut i RCP8.5. Vissa beräkningsrutor nära havet kan få överdriven klimatpåverkan i de statistiska efterbearbetningar som gjorts (Sjökvist, 2015). Resultatet för Trosa med RCP8.5 bör därför tolkas med försiktighet.

Antal varma dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C



FIGUR 15.

Antal varma dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C, observerat medelvärde för perioden 1961-1990.

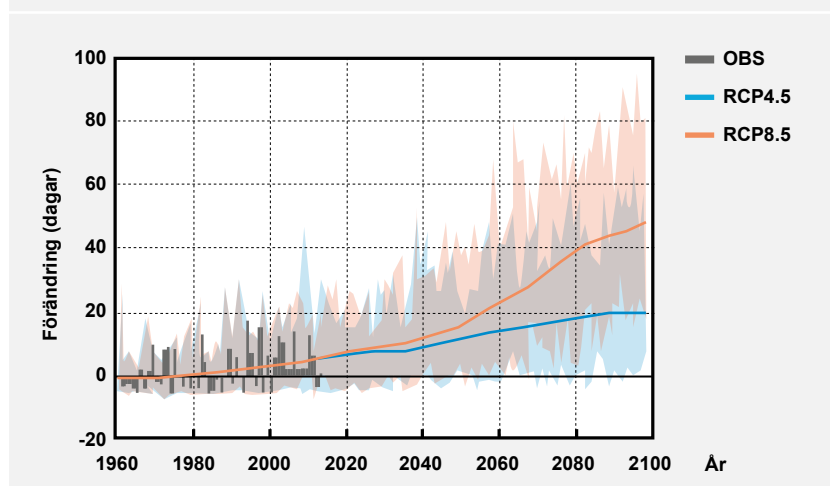
7.3.3 Varma dagar

Varma dagar definieras här som antalet dagar varje år med dygnsmedeltemperatur över 20°C. Det är alltså samma temperaturvillkor som värmebölja, men dagarna behöver inte vara sammanhängande. Figur 15 visar medelvärdet av observerat antal varma dagar för perioden 1961-1990, medelvärdet är 5,4 dagar i Södermanland. Precis som för värmeböljor är varma dagar färre vid kusten, 2-4 per år, medan Mälardalen i genomsnitt har 6-8 per år.

Figur 16 visar förändringen i antal varma dagar till seklets slut. Observationsstaplarna visar att mellanårsvariationen är stor. Referenslinjen i diagrammet representerar medelvärdet för 1961-1990, d.v.s. 5,4°C. Observationsstaplarna visar att 20 dagar med dygnsmedeltemperatur över 20°C är ovanligt men förekommer i dagens klimat. RCP4.5 visar en ökning på ca 20 dagar och RCP8.5 en ökning på drygt 40 dagar till seklets slut.

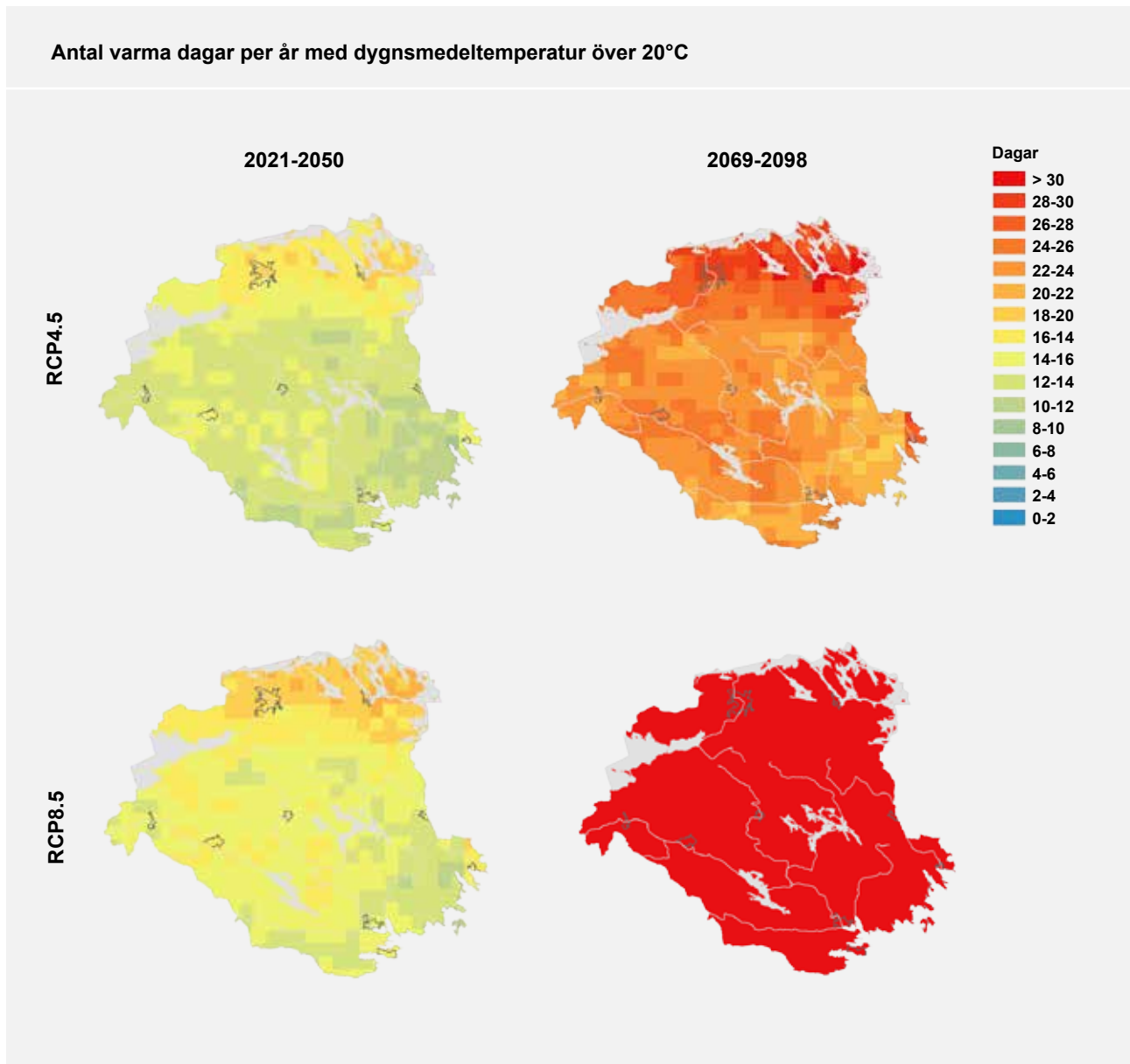
Varma dagar definieras här som antalet dagar varje år med dygnsmedeltemperatur över 20°C. Det är alltså samma temperaturvillkor som värmebölja, men dagarna behöver inte vara sammanhängande.

Förändring i antal varma dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C



FIGUR 16.

Förändring i antal varma dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C för Södermanland, normaliserat för perioden 1961-1990. Grå staplar visar observerad data. Kurvorna visar 30-års löpande medelvärde av scenarierna RCP4.5 (blå) resp. RCP8.5 (röd). De skuggade fälten visar största och minsta värde hos klimatmodellerna för respektive scenario.



FIGUR 17.

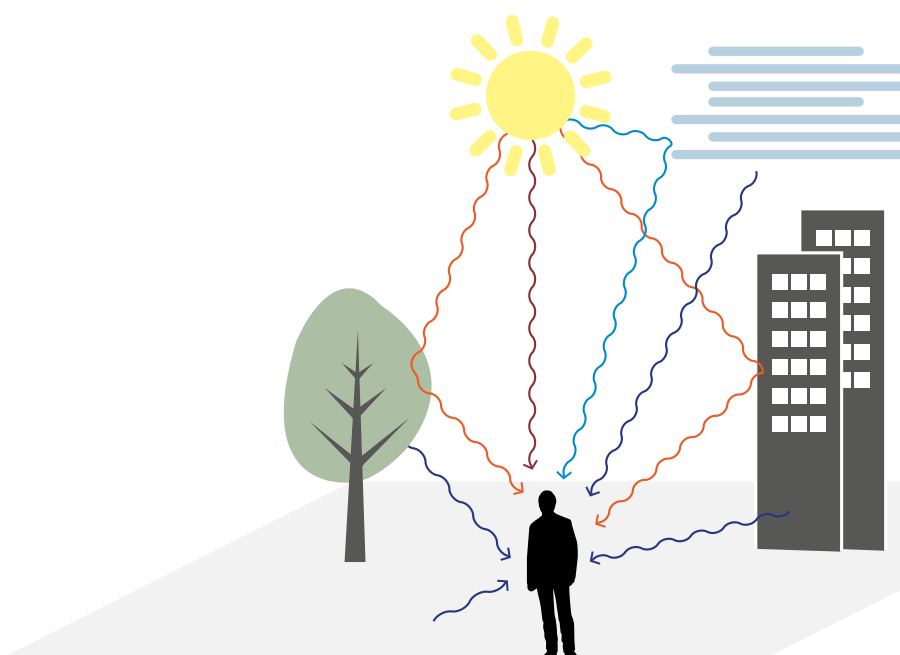
Antal varma dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C, för perioderna 2021-2050 och 2069-2098 enligt scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.

Figur 17 visar utbredningen av varma dagar i framtiden baserat på scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Till slutet av seklet har RCP4.5 ökat till 18-28 dagar, flest i Mälardalen, och RCP8.5 visar mer än 30 dagar för hela länet.

7.4 Strålningstemperatur

Även inom den urbana miljön finns stora skillnader i hur temperaturen upplevs av människor. Förutom luftens temperatur så påverkar även en rad andra faktorer hur man upplever förhållandena:

- Solstrålning (kortvågig strålning)
- Värmestrålning från mark, byggnader och andra ytor (långvågig strålning)
- Luftfuktighet
- Vindhastighet



FIGUR 18 A.

De olika strålningskomponenter som ingår i begreppet strålnings-temperatur (Mean Radiant Temperature).

- Direkt solstrålning
- Reflekterad solstrålning
- Diffus solstrålning
- Värmestrålning

Ett begrepp som används för att beskriva hur människan upplever temperaturen är strålningstemperatur eller Mean Radiant Temperature, T_{MRT} . Precis som köldeffekt ofta används för att beskriva hur temperaturen upplevs när det blåser, så används strålningstemperaturen för att beskriva hur temperaturen upplevs med hänsyn till sol- och värmestrålning. Begreppet kan förklaras som en ekvivalent lufttemperatur, som ger samma effekt på en människa som summan av de strålningskomponenter som kroppen utsätts för. I Figur 18 A visas de olika strålningskomponenter som inkluderas i beräkningarna.

Parametern kan bestämmas genom att man mäter och summerar strålningskomponenter i alla riktningar och tar hänsyn till hur stor andel av strålningen som absorberas av människokroppen. Genom att använda T_{MRT} istället för vanlig temperatur för att beskriva upplevd temperatur, så kan hänsyn tas även till strålningsförhållandena. Detta gör det t.ex. möjligt att ta hänsyn till skillnaden mellan en varm solig södervägg eller en skuggig park. Lufttemperaturen skiljer sig i regel endast någon enstaka grad mellan dessa platser, medan T_{MRT} ofta kan skilja sig 20 grader.

Fakta Mean Radiant Temperature

Begreppet kan förklaras som en ekvivalent lufttemperatur, som ger samma effekt på en människa som summan av de strålningskomponenter som kroppen utsätts för. Genom att använda T_{MRT} istället för vanlig temperatur för att beskriva upplevd temperatur, så kan hänsyn tas även till strålningsförhållandena.



FIGUR 18 B
Värmestrålning upplevs av människan främst genom känsliga nervceller i huden. Strålningen går oftast inte att se då våglängden sällan sammanfaller med det synliga ljusspektrat. Om t.ex. ett stålämne värms upp tillräckligt mycket, kan dock det ökade värmeinnehållet ses med blotta ögat i form av ljus- stålet har börjat glöda. Ett glödigt stålstycke brukar anges som exempel på en s.k. svartkropp, en kropp som inte reflekterar någon strålning utan vars strålning enbart beror av kroppens inre temperatur. © iStock.com

Det finns vissa tydliga begränsningar i begreppet T_{MRT} . Den tydligaste förenklingen är att ingen hänsyn tas till vind. Vinden slätar genom sin värmetransport ut gradienter i temperatur inom staden. Genom att inte inkludera detta så missas t.ex. den kylande effekten av vatten i beräkningarna vilket gör att temperaturen i närheten av större vattenytor överskattas. Vad gäller vegetation så inkluderas endast dess skuggande effekt i beräkningarna och inte den avkylande effekten av deras vattenanvändning. Motiveringen för att ändå använda detta begrepp är att man fokuserar på värmeböljor och då i regel har låga vindhastigheter. Betydelsen av växternas avkylande effekt anses också underordnad deras direkt skuggande effekt. Parametern T_{MRT} kan anses väl återspegla förhållandena i relativt skyddade innerstadsmiljöer.

Det finns tröskelvärden framtagna för strålningstemperatur som motsvarar ökad risk för dödlighet (Thorsson et al, 2014). Olika tröskelvärden har identifierats för olika åldersgrupper befolkningen. I denna studie har de tröskelvärden som avser individer ≥ 80 år tillämpats, se Tabell 4.

TABELL 4.
Tröskelvärden för dygnsmax av strålningstemperatur och relaterad ökad risk för dödlighet i olika åldersgrupper (Thorsson, 2014).
Se även sid 39-41.

Risknivå	Ökad risk [%]	Dygnsmax av strålningstemperatur [°C]		
		Alla åldrar	45-79 år	≥ 80 år
0	0	47.4	46.7	47.6
1	5	57.1	58.8	55.5
2	10	-	-	59.4

7.5 Värmekartläggning i Eskilstuna

För att visa hur upplevd temperatur kan variera inom en stad så har strålnings-temperatur kartlagts inom Eskilstunas centrala delar. Förhoppningen är att en ökad förståelse för hur en värmebölja upplevs i olika delar av staden gör det lättare att beakta denna aspekt vid fysisk planering.

För beräkningarna har modellen SOLWEIG använts (Lindberg et al 2008, Lindberg och Grimmond 2011). Modellen tillåter beräkning av strålningstemperatur med hänsyn till:

- Inkommande direkt och diffus kortvågig strålning (solstrålning), samt molnens effekt på inkommande långvågig och kortvågig strålning.
- Skuggeffekter från byggnader och terräng, samt växtlighet.
- Värmestrålning från byggnader, mark och växtlighet.

Beskrivningen av stadsmiljön görs i modellen genom en digital terrängmodell uppdelad på byggnader och mark, samt vegetation. Meteorologiska mätdata i form av strålningsparametrar samt lufttemperatur används sedan för att driva modellen och utföra beräkningar timme för timme.

Modellen SOLWEIG har huvudsakligen utvecklats inom Göteborgs Universitet och tillämpats och validerats i ett flertal studier på olika platser i världen (se t.ex. Lindberg et al 2012).

Beskrivningen av stadsmiljön görs i modellen genom en digital terrängmodell uppdelad på byggnader och mark, samt vegetation. Meteorologiska mätdata i form av strålningsparametrar samt lufttemperatur används sedan för att driva modellen och utföra beräkningar timme för timme.

SOLWEIG har tillämpats för ett område som omfattar hela Eskilstunas tätort. Den tidsperiod som studeras är juni-augusti under 2014, dels med utifrån de faktiska uppmätta förhållandena och dels i ett två grader varmare framtidsscenario.

Det bör noteras att det finns beräkningsmodeller som tar hänsyn till fler faktorer, såsom vind, avdunstning och växternas transpiration m.m. Dessa modeller är dock främst avsedda för att studera enskilda bostadsområden i detalj och är fortfarande alltför beräkningskrävande för tillämpning över större områden. Syftet är här att ge en övergripande bild av förhållandena inom en hel stad, varför den betydligt enklare modellen SOLWEIG har valts.

Fakta SOLWEIG

Beräkningsmodellen SOLWEIG är förkortning från engelska "Solar LongWave Enviromental Irradiance Geometry model". Beräkningar kan simulera variationer av strålningstemperatur (MRT) i den fysiska miljön. Modellen har utvecklats på Göteborgs universitet.

→ Läs mer

<http://gvc.gu.se/english/research/climate/urban-climate/software/solweig>

FIGUR 19 A

Exempel på beräknad trädhöjd
utifrån Lantmäteriets nya
höjddatabas.
© Lantmäteriet, geodatasamverkan,
SMHI/Länsstyrelsen i Södermanland



7.5.1 Digital terrängmodell och beskrivning av växtlighet

Den terrängmodell som använts har byggts utifrån de laserskanningar som Lantmäteriet tillhandahåller. Dessa data tillåter beskrivning av mark, byggnader och vegetation med ca 2*2 m² upplösning, vilket bedöms som tillräckligt för att fånga betydande skuggeffekter i stadsmiljön. I de ursprungliga punktdata som Lantmäteriet tillhandahåller så har alla punkter på mark och vatten klassificerats och kan lätt urskiljas för att skapa en terrängmodell för markytan. Alla andra punkter är oklassificerade och avser främst byggnader och vegetation, men kan även komma från fordon eller konstruktioner som inte räknas som byggnader. Samtliga punkter på byggnader har urskilts ur denna mängd genom användning av fastighetskartans byggnadslager. Alla punkter som ligger inom fastighetskartans byggnadskonturer har



© Lantmäteriet, geodatasamverkan, SöH/Länsstyrelsen i Södermanland

FIGUR 19 B

Ett fotografi över samma område som redovisas i Figur 19 A.
© Lantmäteriet, geodatasamverkan

alltså använts för att bestämma takhöjd på byggnaderna. Återstående oklassificerade punkter har sedan tolkats som vegetation. För att undvika att bilar och andra låga föremål tolkas som träd så har punkter lägre än 3m över mark uteslutits ur beskrivningen. Dessa låga föremål bedöms inte tillföra någon betydande skugga och påverkar därmed inte resultaten signifikant. I Figur 19 A visas beräknad trädhöjd parallellt med ett flygfoto över samma område.

Det bör noteras att byggnader i enstaka fall har tolkats som växtlighet. Detta beror på att dessa byggnader inte finns inkluderade i fastighetskartan. Ett arbete har lagts ned på att komplettera fastighetskartan för att korrigera detta, men felaktigheter förekommer fortfarande i enskilda fall. Detta påverkar inte resultaten i någon betydande grad i och med att både byggnader och träd har en skuggande effekt.

Fakta STRÅNG

För att bättre kartlägga den rumsliga variationen har SMHI tillsammans med SSM, Strålsäkerhetsmyndigheten, och Naturvårdsverket tagit fram ett modellsystem för att beräkna yttäckande strålning. Systemet har fått namnet STRÅNG.

Modellsystemet gör beräkningar i ett rutnät över nordvästra Europa för varje timme. Varje ruta representerar en yta på 11x11 km. På så sätt får vi information om strålningen mellan våra mätplatser och även ute till havs. Beräkningarna baserar sig på kännedom om bl a molnens, vattenångans och ozonets geografiska fördelning.

→ Läs mer

<http://www.smhi.se/forskning/forskningsomraden/atmosfarisk-fjarranalys/strang-en-modell-for-solstralning-1.329>

7.5.2 Meteorologiska förhållanden

Data från SMHIs mätningar i Eskilstuna under sommaren 2014 har använts för att beskriva lufttemperatur på 2m över marken. Globalstrålningen har inte uppmätts direkt i Eskilstuna utan istället hämtats från SMHIs analysystem STRÅNG, som kombinerar uppmätt och beräknad strålning för att skapa en heltäckande bild av förhållandena i Sverige.

Även om beräkningarna kan ta hänsyn till de detaljer i stadsmiljön som påverkar skuggor och värmestrålning, så görs här ingen korrektion av lufttemperaturen för att ta hänsyn till den urbana värmeö. Detta innebär att lufttemperaturen troligtvis underskattas med ca 1-2 grader i de presenterade resultaten. I utomhusmiljön kan tillskottet från direkt solstrålning och värmestrålning vara betydligt större (upp till ca 30 °C), varför de presenterade resultaten inte påverkas markant av detta. Effekten av en förhöjd lufttemperatur dröjer emellertid kvar även under natten, då direkt solstrålning inte ger något värmetillskott, och kan alltså i högre grad påverka möjlighet till återhämtning och svalka under sömnen.

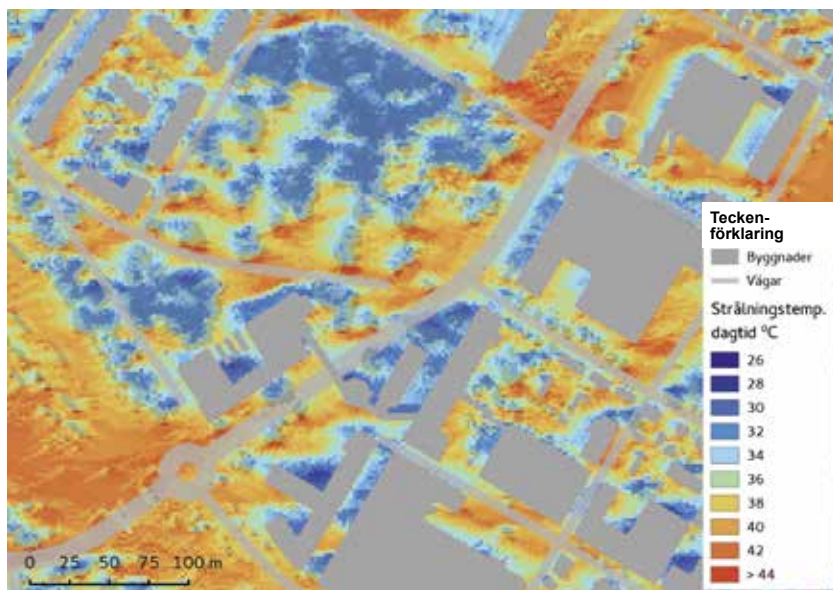
För att beskriva de meteorologiska förhållandena i ett framtida klimat har lufttemperaturen under sommaren 2014 höjts med två grader. Flera olika klimatscenarier visar att en förhöjning av medeltemperaturen med två grader är relativt säkerställd; det är mer en fråga om när detta inträffar. Den inblicken i ett varmare klimat man får bör enkelt tolkas som en vanligt återkommande varm sommar i ett framtida klimat.

Det bör noteras att endast lufttemperaturen justeras för att ta hänsyn till ett varmare klimat. Indirekt kommer detta även att påverka värmestrålning från olika ytor, vilket hanteras av den modell som används för beräkningarna. Däremot tas ingen hänsyn till förändringar i strålningsförhållandena. Detta innebär en viss förenkling, men bedöms inte påverka resultaten signifikant. Lau, et al (2015) har visat att denna effekt uppgår till en skillnad om ca 1 °C.

FIGUR 20.

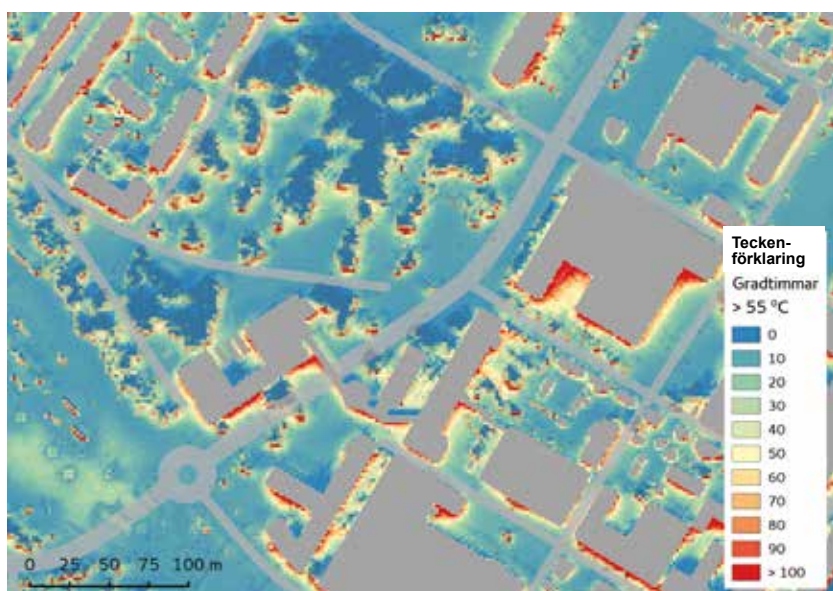
Ett fotografi över samma område som redovisas i Figur 21, 22 och 23.
© Lantmäteriet, geodatasamverkan





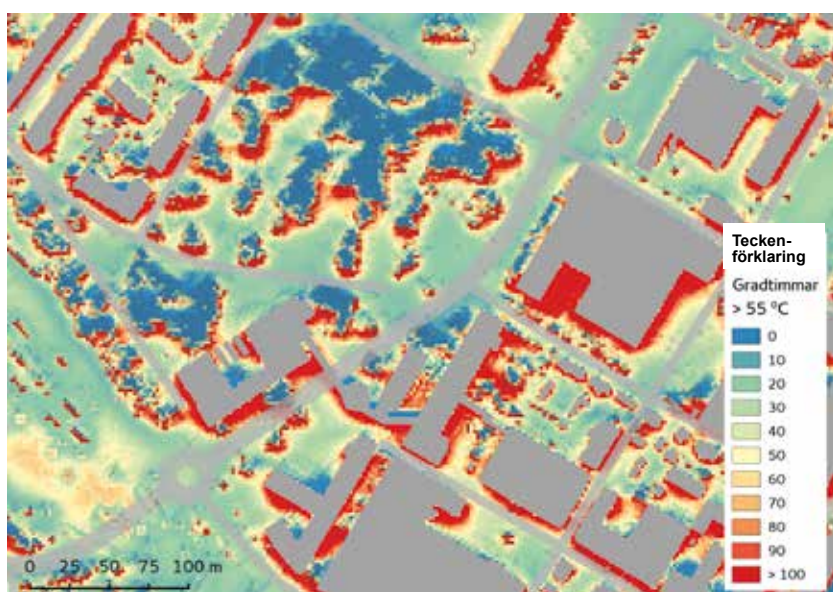
FIGUR 21.

Beräknat medelvärde av strålningstemperatur under dagtid i ett centralt område i Eskilstuna den 4 augusti 2014.
© Lantmäteriet, geodatasamverkan, SMHI/Länsstyrelsen i Södermanland



FIGUR 22.

Antal gradtimmar > 55 °C för strålningstemperatur under juni-augusti 2014.
© Lantmäteriet, geodatasamverkan, SMHI/Länsstyrelsen i Södermanland



FIGUR 23.

Antal gradtimmar > 55 °C för strålningstemperatur under juni-augusti 2014 i ett scenario med ett två grader varmare klimat.
© Lantmäteriet, geodatasamverkan, SMHI/Länsstyrelsen i Södermanland

För att relatera strålnings-temperaturen till hälsorisen så redovisas även antal gradtimmar > tröskelvärde 55°C.

7.5.3 Strålningsvärme under sommaren 2014

Sommaren 2014 har valts för att beskriva nuvarande klimat. Denna sommar kan betraktas som varm, men inte extrem.

Exempel på den beräknade strålningstemperaturen i medel under dagtid den 4 augusti (den dag som hade högst dygnsmedeltemperatur under 2014) visas i Figur 21. För jämförelse så presenteras en flygbild över samma område i Figur 20. Man kan tydligt se den kylande effekten som skugga från bladverk och byggnader ger på strålningstemperaturen. Den högsta temperaturen kan man se på spårområdet i nedre vänstra hörnet, men även parkeringsplatsen i bildens övre högra hörn visar höga temperaturer.

För att relatera strålningstemperaturen till hälsorisen så redovisas även antal gradtimmar > tröskelvärde 55°C. Tröskelvärdet kommer från Tabell 4 och representerar 5 % ökad dödlighet för individer ≥ 80 år (55,5 °C, har här avrundats till 55°C). Avsikten är inte att kvantifiera i detalj hur stor risken är, utan främst att identifiera de områden som utmärker sig som särskilt varma och där vistelse under varma dagar kan medföra en viss hälsorisk.

Man kan se från figurerna att överskridanden av tröskelvärdet förekommer längs södervända fasader och solbelysta utkanter av parker. Även helt öppna vistelsemiljöer utan skuggande växtlighet eller byggnader är utsatta. Ett exempel på detta är spårområdet i sydvästra hörnet av figurerna.

En översikt av hela Eskilstuna tätort ges i Figur 24. Överlag ses tydligt att de delar med skog eller tätare bebyggelse är mindre exponerade för strålningsvärme medan öppna ytor utmärker sig med det högsta antalet gradtimmar. Det bör observeras att ingen hänsyn tas till vinden. Under dagar med blåsiga förhållanden kommer vinden att ge mer svalka över större öppna ytor. Den bild som ges är alltså främst representativ för varma dagar med lite vind.

7.5.4 Sommaren 2014 i ett två grader varmare klimat

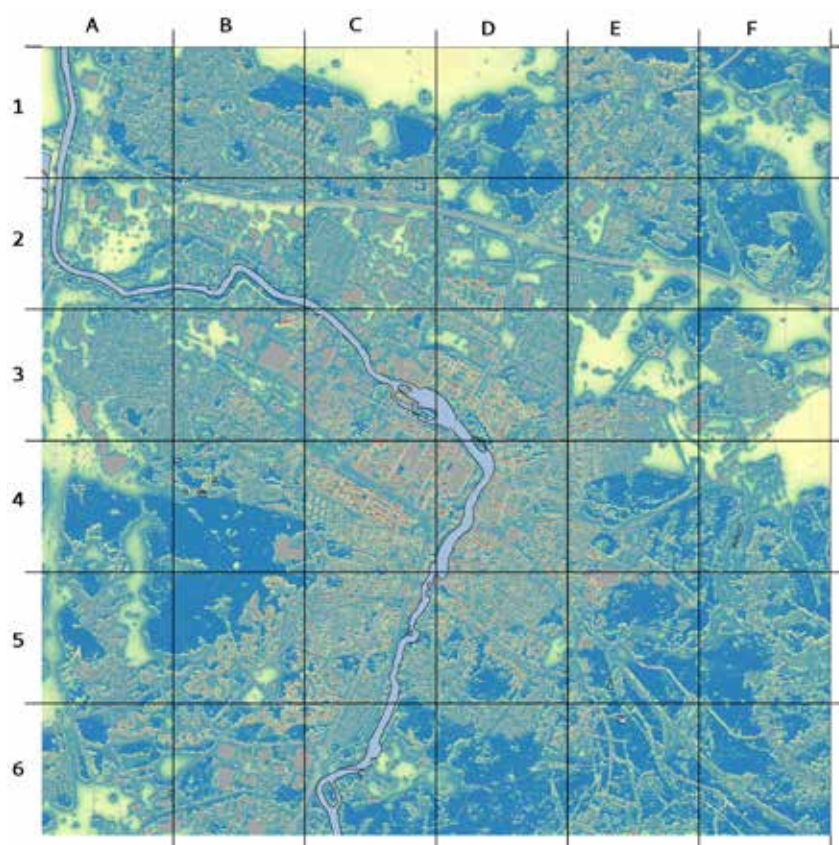
Samma område som presenteras i föregående avsnitt visas i ett scenario med 2 grader högre lufttemperatur. Figur 23 avser antal gradtimmar med strålningstemperatur över tröskelvärdet 60 °C och kan jämföras med Figur 22, som representerar dagens klimat. På samma sätt kan översiktsskilderna i Figur 24 och Figur 25 jämföras. Jämförelsen visar att antalet timmar överskridanden av tröskelvärdet temperatur ökar tydligt. Den stora skillnaden, trots en måttlig förändring av lufttemperaturen, förklaras av att strålningstemperaturen ligger nära tröskelvärdet relativt ofta under sommaren 2014.

Ett mer heltäckande kartmaterial för strålningstemperaturen i Eskilstuna ges sist i rapporten. Mer detaljerade kartor presenteras där för samtliga rutor inom översiktsskilderna i Figur 25.

TABELL 4.

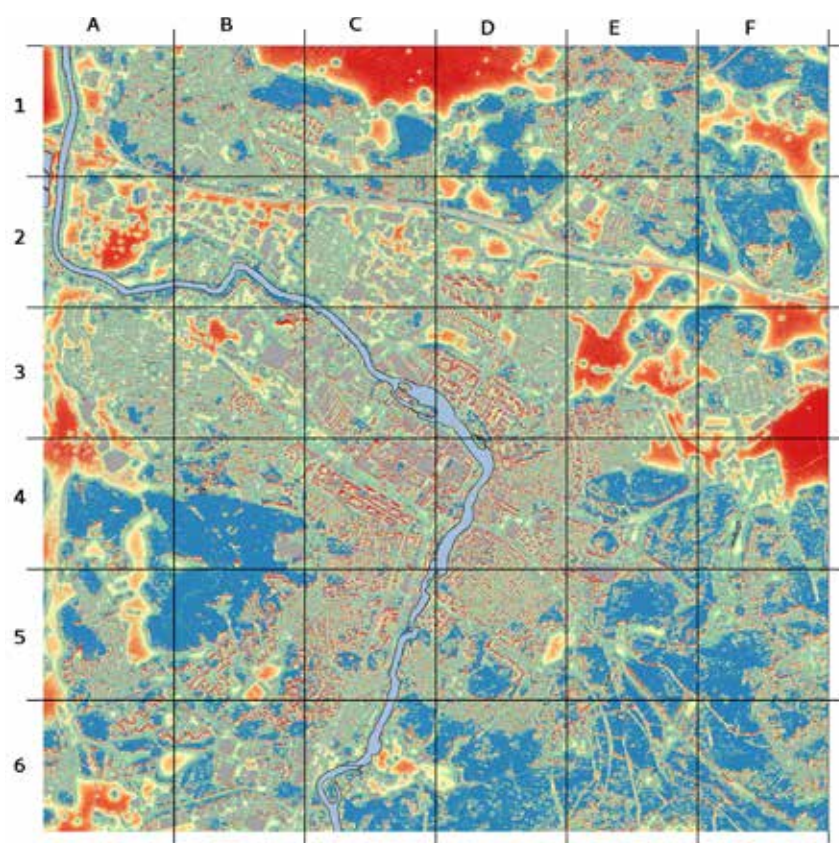
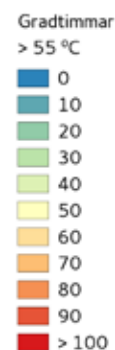
Tröskelvärden för dygnsmax av strålningstemperatur och relaterad ökad risk för dödlighet i olika åldersgrupper (Thorsson, 2014).

Risknivå	Ökad risk [%]	Dygnsmax av strålningstemperatur [°C]		
		Alla åldrar	45-79 år	≥ 80 år
0	0	47.4	46.7	47.6
1	5	57.1	58.8	55.5
2	10	-	-	59.4



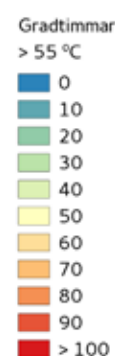
FIGUR 24.

Antal gradtimmar > 55 °C för strålningstemperatur inom Eskilstuna tätort under sommaren 2014.
© Lantmäteriet, geodatasamverkan, SMHI/Länsstyrelsen i Södermanland



FIGUR 25.

Antal gradtimmar > 55 °C för strålningstemperatur inom Eskilstuna tätort i ett 2 grader varmare scenario baserat på sommaren 2014.
© Lantmäteriet, geodatasamverkan, SMHI/Länsstyrelsen i Södermanland





SAMMANFATTNING

Värmebölja

Antal varma dagar per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C, är ganska ovanliga i dagens klimat i Södermanland. Ännu mer sällsynta är värmeböljorna där de varma dagarna kommer i följd, även om det finns ett par tillfällen observerade. I ett varmare klimat kan värmeböljorna förlängas med upp till 20 dagar i slutet av seklet. Det finns ett tydligt samband mellan höga temperaturer och ökade hälsorisker. SMHI har sedan 2014 infört ett varningssystem för värmebölja. För fysisk planering behövs förståelse och information kring hur temperaturförhållanden ser ut i olika delar av den bebyggda miljön, och hur dessa påverkas av byggnader, material, växtlighet och vatten.

Slutsatser

8.1 Extremväder

Analyserna behandlar några av de väderfenomen som kan komma att förändras i ett varmare klimat. Blixtar, värmebölja, varma dagar och skogsbrandrisk förväntas öka eller bli fler, medan nollgenomgångar minskar i Södermanland i framtiden. För många parametrar syns förändringen redan idag.

Hur stor förändringen blir beror på framtida utsläpp av växthusgaser. Denna studie innehåller olika scenarier, både RCP-scenarier och SRES och det är viktigt att ha i åtanke att analyserna baseras på olika framtida utvecklingar. För RCP-scenarierna presenteras resultat från två olika framtida atmosfäriska tillstånd, vilket ger en möjlighet att se effekten av utsläppsbegränsningar. För Skogsbrand presenteras endast ett scenario, A1B, som befinner sig ungefär mitt emellan de två RCP-scenarierna i utsläppsnivåer.

Blixtar uppstår i kraftiga åskväder, vilka kan bli ännu kraftigare i framtiden då en varmare atmosfär ger bättre förutsättningar för sådana vädersituationer. Antalet nollgenomgångar minskar, eftersom vintern blir kortare. Längre värmeböljor och fler varma dagar kommer naturligt av ett varmare klimat. Skogsbrandrisken ökar, trots att regnmängderna ökar. Det beror på den ökade avdunstningen, som gör att marken blir torrare.



Blixtar, värmebölja, varma dagar och skogsbrandrisk förväntas öka eller bli fler, medan nollgenomgångar minskar i Södermanland i framtiden.

BILD 7.

Blixtar kan orsaka stora skadeverkningar på samhället, de kan antända en brand, orsaka överspänning i elektronik eller i värsta fall skada människor och djur.
© iStock.com

Den högsta strålnings-temperaturen ses längs fasader i söderläge, samt i öppna områden utan skuggande växtlighet eller bebyggelse.

8.2 Värmebölja

Temperaturen är den parameter för vilken tydligast trender kan ses i ett framtida klimat. Det mesta tyder på att temperaturen under det närmaste seklet kommer att stiga med 2 grader eller mer. Redan idag innebär värmeböljor vissa hälsorisker, särskilt för äldre och kan orsaka upp till ca 10 % ökad dödlighet under en värmebölja.

Den högsta strålningstemperaturen ses längs fasader i söderläge, samt i öppna områden utan skuggande växtlighet eller bebyggelse. Observervera att vindavkylning och avkylning via avdunstning och växternas vattenanvändning inte inkluderas i resultaten. Under en värmebölja är vindhastigheten i vanligtvis låg och sjöar och vattendrag uppvärmda, varför måttet ändå kan förväntas ge en god beskrivning av den upplevda temperaturen under dessa dagar. I viss mån underskattas lufttemperaturen i modell-resultaten, eftersom den urbana värmeöen inte kan beskrivas av den använda modellen. Detta bedöms motsvara ca 1-2 °C.

Exempel på faktorer som påverkar hälsorisken är:

- Temperaturen
- Värmeböljans varaktighet
- När på sommaren värmeböljan inträffar
- Byggnadsstandard

Hur känsliga olika individer är för värme varierar också och påverkas tydligt av ålder och fysiskt hälsa.

De kartor som presenteras sist i denna rapport kan användas för att identifiera vistelsemiljöer som är särskilt exponerade under en värmebölja, samt för att kvalitativt bedöma närhet till svalka i olika delar av staden. Kartorna ger även en förståelse för hur den upplevda utomhustemperaturen varierar och vilka temperaturer som kan förväntas i olika typer av vistelsemiljöer. De tröskelvärden som använts för att uppskatta ökad risk för dödlighet skall tolkas med försiktighet. Att det finns en koppling mellan värme och ökad dödlighet har fastställts i många studier och är lätt att påvisa, men exakt hur detta samband ser ut är mer oklart. Exempel på en parameter som är viktig, men som inte beaktas vid användning av ett tröskelvärde, är varaktigheten hos en värmebölja.

Referenser

Brooke Andersson G., Bell M. L., 2011, Heat Waves in the United States: Mortality Risk during Heat Waves and Effect Modification by Heat Wave Characteristics in 43 U.S. Communities, *Environ Health Perspect.* 2011 Feb; 119(2): 210–218

EEA, 2012, Urban adaptation to climate change in Europe. ISBN 978-92-9213-308-5. EEA Copenhagen 2012.

Hoag Hannah, 2015, How cities can beat the heat. *Nature*, vol 524, p. 402-404. August 27, 2015

Lau KK, Lindberg F, Rayner D, Thorsson S., 2015. The effect of urban geometry on mean radiant temperature under future climate change: a study of three European cities. *Int J Biometeorol* 59(7), 799-814. doi: 10.1007/s00484-014-0898-1

Lindberg F. 2008. SOLWEIG 1.0 – Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings. *Int. Journal of Biometeorology* 52:697-713

Lindberg F., Grimmond C.S.B, 2011. The influence of vegetation and building morphology on shadow patterns and mean radiant temperatures in urban areas: model development and evaluation. *Theor Appl Climatol*, 2011105:311-323.

Lindberg F. et al., 2012, Characteristics of the mean radiant temperature in high latitude cities – implications for sensitive climate planning applications.

Wern, L., 2012. Extrem nederbörd i Sverige under 1 till 30 dygn, 1900–2011. SMHI Meteorologi Nr 143.

ICONICS, 2013. Nakićenović N., Lempert R., and Janetos A (eds.). A Special Issue of Climatic Change journal on the Framework for the Development of New Socioeconomic Scenarios for Climate Change Research. <https://www2.cgd.ucar.edu/research/iconics/publications/ssps>

MSB, 2013. Framtida perioder med hög risk för skogsbrand, MSB535.

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. <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>

Robine JM, et al. 2008. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *C R Biol.* 2008 Feb;331(2):171-8.

Sjökvist E., Axén Mårtensson J., Dahné J., Köplin N., Björck E., Nylén L., Berglöv G., Tengdelius Brunell J., Nordborg D., Hallberg K., Södling J. och Berggreen-Clausen S. 2015. Klimatscenarier för Sverige – Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier. SMHI Klimatologi Nr 15. <http://www.smhi.se/publikationer/publikationer/klimatscenarier-for-sverige-bearbetning-av-rcp-scenarier-for-meteorologiska-och-hydrologiska-effektstudier-1.87248>

Thorsson Sofia, et al. 2014. Mean Radiant Temperature – A predictor of heat related mortality. *Urban Climate* 10 (2014) p.332-345

Åström C. et al. 2014. Developing a Heatwave Early Warning System for Sweden: Evaluating Sensitivity of Different Epidemiological Modelling Approaches to Forecast Temperatures. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015, 12, 254-267; doi:10.3390/ijerph120100254

SMHI



LÄNSSTYRELSEN
Södermanlands län

www.lansstyrelsen.se/sodermanland