

STOCKHOLMS LÄN I ETT FÖRÄNDRAT KLIMAT – EN ÖVERSIKT



LÄNSSTYRELSENS FÖRORD

Denna rapport, *Stockholms län i ett förändrat klimat – en översikt*, har utarbetats av Tyréns Sverige AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Stockholms län. Rapporten är avsedd att användas som ett underlag för att identifiera och ta fram tänkbara åtgärder för att minska sårbarheterna i förhållande till framtida klimatrisker och öka länets robusthet.

Länsstyrelsen har korrekturläst och tillgänglighetsanpassat texten, samt gjort ett antal rättelser, förtydliganden och klargörande tillägg. I övrigt är Tyréns Sverige AB ansvariga för innehållet i rapporten.

UPPDRAG 309855

Titel på rapport: Stockholms län i ett förändrat klimat – en översikt.

Status: Slutrapport

Datum: 2021-05-20

MEDVERKANDE

Beställare: Länsstyrelsen Stockholm

Kontaktperson: Greta Hebel

Konsult:
Sandra Nydahl
Karin Willis
Åke Svensson
Mårten Karlsson
Ida Ingmansson
Oliver Tovatt
Tove Hernnäs
Gunnar Svensson
Johan Åström
Lasse Johansson
Anders Modig

Uppdragsansvarig: Sandra Nydahl

Kvalitetsgranskare: Åke Svensson, Felicia Frise

REVIDERINGAR

Revideringsdatum: ÅR-MÅN-DAG

Version: X.Y exv. 1.0

Initialer: Namn, Företag

Uppdragsansvarig:

Sandra Nydahl

Datum: 2021-05-20

Handlingen granskad av:

Datum: 2022-08-19

ISBN: 978-91-7937-185-2

SAMMANFATTNING

Tyréns Sverige AB har på uppdrag av Länsstyrelsen Stockholm utarbetat rapporten Stockholms län i ett förändrat klimat – en översikt, vilket utgör en övergripande klimat- och sårbarhetsanalys för länet. Analysen är avgränsad till att omfatta de sju områden som pekats ut i den nationella strategin för klimatanpassning (2017:18/163) som särskilt prioriterade för arbetet med anpassning till ett förändrat klimat. Utöver dessa sju områden har Länsstyrelsen även valt att lägga till området bränder i skog och mark.

Följande åtta prioriterade områden för klimatanpassning ingår i analysen:

- Ras, skred och erosion som hotar samhällen, infrastruktur och företag
- Översvämning som hotar samhällen, infrastruktur och företag
- Höga temperaturer som innebär risker för hälsa och välbefinnande för människor och djur
- Brister i vattenförsörjning för enskilda, jordbruk och industri
- Biologiska och ekologiska effekter som påverkar en hållbar utveckling
- Påverkan på inhemsk och internationell livsmedelsproduktion och handel
- Ökad förekomst av skadegörare och sjukdomar samt invasiva, främmande arter som påverkar människor, djur och växter

Det klimatunderlag som ligger till grund för analysen, är den länsrapport för Stockholms län som utarbetats av Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI). Den beskriver dagens samt framtidens klimat utifrån beräkningar för två olika utvecklingsvägar RCP4,5 och RCP8,5 för hur utsläpp av växthusgaser kommer variera med sikte på år 2100.

Länet bedöms fram till år 2100 att behöva möta ett varmare klimat med ökad nederbörd. Detta bedöms resultera i mildare vintrar samt varmare och torrare vår- och sommarperioder. Klimatförändringarna bedöms även till stor del komma att förändra tillrinningsmönster till sjöar, vattendrag och hav med en ökad tillrinning under vinterhalvåret och minskad tillrinning under sommar och vår. Havsnivån, längs länets kust, kommer också gradvis att stiga och på sikt utgöra ett hot både mot bebyggelse och infrastruktur men framförallt mot Mälaren som dricksvattentäkt.

De främsta klimathoten mot systemen har analyserats för att utreda områdenas sårbarhet i ett tidsperspektiv fram till år 2100. Från analyserna av de prioriterade områdena framgår att:

- Skredrisken förväntas öka på grund av ökad årsnederbörd, fler nollgenomgångar kan öka sannolikheten för ras i bergsslänter samt högre vattennivåer och flöden ökar risken för erosion. Sammantaget bedöms ökningen av stabilitetsproblematiken vara betydande i de båda klimatscenerierna men det är inte möjligt att säga exakt var och hur mycket.
- Översvämningar som sker vid ökad tillrinning till vattendrag och sjöar främst under vintertid, ökad nederbörd och höjda havsnivåer vid högvattenstånd ger direkt påverkan på samhället med risk för skador på byggnader och infrastruktur.

- Vattenförsörjningen kommer att påverkas kännbart av klimatförändringarna fram till år 2100, såväl den allmänna vattenförsörjningen som den enskilda. För den allmänna vattenförsörjningen via Mälaren är negativ påverkan på vattenkvalitet och effekterna av framtida stigande havsnivåer de mest uppenbara riskerna. För enskild vattenförsörjning, som ofta även utgör grunden för vattenförsörjning inom jordbruket, riskerar vattenbrist att bli allt vanligare, och främst längs med kusten. Risker för saltinträngning ökar på grund av stigande havsnivå och hotar Mälaren framför allt som dricksvattentäkt.
- Höga temperaturer samt längre värmeböljor som kommer oftare är att vänta i framtiden. Detta kommer framför allt att påverka människors hälsa och kan orsaka en överdödlighet i särskilt sårbara grupper.
- De biologiska och ekologiska effekterna kommer sannolikt att bli tydligast i akvatiska miljöer, främst i mindre sjöar och vattendrag. Även marina ekosystem förväntas påverkas med ökade ytor av syrefria bottenar och höjda vattentemperaturer. Det finns mycket som talar för att ett varmare klimat med högre frekvens av extrema väderhändelser kommer accelerera de redan befintliga problemen med utarmning av den biologiska mångfalden och därmed ha övervägande negativa konsekvenser i ett större perspektiv.
- Klimatförändringarnas påverkan på livsmedelsproduktionen orsakas främst av högre temperaturer och ojämnt fördelad nederbörd. Detta kan leda till vattenbrist som hotar såväl växtproduktionen som djurhållningen. Vattenbristen bedöms bli som allvarligast i kustnära delar av landet där grundvattentillgången är sämre. De positiva effekterna av högre temperaturer och längre växtsäsong minskar på grund av vattenbrist, att de grödor och jordbruksmetoderna som används idag är anpassade till det befintliga klimatet, samt nya och fler skadedjur.
- Skadegörare, sjukdomar och invasiva arter gynnas normalt av ökande temperaturer och ökad fuktighet. I Stockholms län är troligen risken för utbrott av tillkommande sjukdomar framför allt kopplad till livsmedelshanteringen samt till sjöar och badområden. Algblomning i sjöar, ofta av alger som är giftiga för människor och djur, förväntas öka vid långvariga värmeböljor. Detsamma gäller fästingburna sjukdomar. Ett varmare klimat kommer troligen att leda till att fler skadedjur får fäste i såväl skogs- som jordbruk. Det kan handla om allt från skadeinsekter till betande vilt, samt olika invasiva arter.
- Brandrisksäsongen kommer både att starta tidigare och pågå under en längre tidsperiod i de båda klimatscenarierna RCP4,5 och 8,5. Även högriskperioder för skogsbrand kommer bli mer vanligt förekommande och kommer äga rum under två av tre år vid år 2100.

Denna rapport ger ett värdefullt utgångsmaterial för att skapa robusthet, resiliens och en hållbar utveckling i Stockholms län där både möjligheter tas tillvara och hot möts med konkreta åtgärder i handlingsplaner.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING.....	9
1.1	FÖRUTSÄTTNINGAR I STOCKHOLMS LÄN.....	9
1.2	KLIMATFÖRÄNDRINGAR I STOCKHOLMS LÄN ÅR 2100	10
1.3	SYFTE OCH MÅL	10
1.4	METOD	11
1.4.1	PRIORITERADE OMRÅDEN FÖR KLIMATANPASSNING	11
1.4.2	UNDERLAG	11
1.5	AVGRÄNSNINGAR.....	12
2	KONSEKVENSER OCH SÅRBARHETER FÖR PRIORITERADE OMRÅDEN	13
2.1	RAS, SKRED OCH EROSION.....	13
2.1.1	NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD.....	13
2.1.2	PÅVERKAN PÅ SAMHÄLLE, INFRASTRUKTUR OCH NÄRINGS LIV	15
2.1.3	SÅRBARHETSANALYS	16
2.1.4	SLUTSATS.....	17
2.2	ÖVERSVÄMNING	17
2.2.1	NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD.....	17
2.2.2	PÅVERKAN PÅ SAMHÄLLEN, INFRASTRUKTUR OCH FÖRETAG	19
2.2.3	SÅRBARHETSANALYS	20
2.2.4	SLUTSATS.....	21
2.3	HÖGA TEMPERATURER.....	22
2.3.1	NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD.....	22
2.3.2	PÅVERKAN PÅ HÄLSA OCH VÄLBEFINNANDE.....	23
2.3.3	SÅRBARHETSANALYS	24
2.3.4	SLUTSATS.....	25
2.4	BRISTER I VATTENFÖRSÖRJNING.....	26
2.4.1	NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD.....	26
2.4.2	PÅVERKAN PÅ VATTENFÖRSÖRJNING FÖR ENSKILDA JORDBRUK OCH INDUSTRI	29
2.4.3	SÅRBARHETSANALYS	31
2.4.4	SLUTSATS.....	31
2.5	BIOLOGISKA OCH EKOLOGISKA EFFEKTER.....	32
2.5.1	NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD.....	32
2.5.2	PÅVERKAN PÅ BIOLOGISKA OCH EKOLOGISKA SYSTEM	34
2.5.3	SÅRBARHETSANALYS	35
2.5.4	SLUTSATS.....	36

2.6	LIVSMEDELSPRODUKTION	37
2.6.1	NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD	37
2.6.2	PÅVERKAN PÅ INHEMSK OCH INTERNATIONELL LIVSMEDELSPRODUKTION OCH HANDEL	39
2.6.3	SÅRBARHETSANALYS	41
2.6.4	SLUTSATS	41
2.7	SKADEGÖRARE, SJUKDOMAR OCH INVASIVA ARTER	42
2.7.1	NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD	42
2.7.2	PÅVERKAN PÅ MÄNNISKOR, DJUR OCH VÄXTER	44
2.7.3	SÅRBARHETSANALYS	49
2.7.4	SLUTSATS	50
2.8	SKOGSMARK	51
2.8.1	NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD	51
2.8.2	PÅVERKAN PÅ SAMHÄLLEN, INFRASTRUKTUR OCH FÖRETAG	52
2.8.3	SÅRBARHETSANALYS	54
2.8.4	SLUTSATS	55
3	SAMLADE SLUTSATSER	57
3.1	RAS, SKRED OCH EROSION SOM HOTAR SAMHÄLLEN, INFRASTRUKTUR OCH FÖRETAG	57
3.2	ÖVERSVÄMNING SOM HOTAR SAMHÄLLEN, INFRASTRUKTUR OCH FÖRETAG	57
3.3	HÖGA TEMPERATURER SOM INNEBÄR RISKER FÖR HÄLSA OCH VÄLBEFINNANDE FÖR MÄNNISKOR OCH DJUR	57
3.4	BRISTER I VATTENFÖRSÖRJNING FÖR ENSKILDA, JORDBRUK OCH INDUSTRI	58
3.5	BIOLOGISKA OCH EKOLOGISKA EFFEKTER SOM PÅVERKAR EN HÅLLBAR UTVECKLING	58
3.6	PÅVERKAN PÅ INHEMSK OCH INTERNATIONELL LIVSMEDELSPRODUKTION OCH HANDEL	58
3.7	ÖKAD FÖREKOMST AV SKADEGÖRARE OCH SJUKDOMAR SAMT INVASIVA FRÄMMANDE ARTER SOM PÅVERKAR MÄNNISKOR, DJUR OCH VÄXTER	59
3.8	BRÄNDER I SKOG OCH MARK	59
4	DISKUSSION	60
5	SAMMANFATTNING: KLIMATFÖRÄNDRINGAR I STOCKHOLMS LÄN ÅR 210062	
5.1	ÖKAD TEMPERATUR	62
5.1.1	ÅRSMEDELTEMPERATUR	62
5.1.2	VEGETATIONSPERIOD/VÄXTSÄSONG	64

5.1.3 VÄRMEBÖLJA	64
5.2 ÖKAD NEDERBÖRD.....	64
5.2.1 ÅRSMEDELNEDERBÖRD	64
5.3 FLÖDEN OCH VATTENNIVÅER	65

1 INLEDNING

De pågående och framtida klimatförändringarna kommer påverka de flesta av samhällets sektorer på ett eller annat sätt. Det här konstaterades redan i Klimat- och sårbarhetsutredningen¹. Klimatförändringarna är en stark förändringskraft på global och lokal nivå som samhällen över hela världen behöver förhålla och anpassa sig till. Sårbara sektorer behöver identifieras så att lämpliga åtgärder kan identifieras, planeras och genomföras för att anpassa samhället på ett hållbart sätt.

Regeringens mål för samhällets anpassning till ett förändrat klimat är att utveckla ett långsiktigt hållbart och robust samhälle som aktivt möter klimatförändringar genom att minska sårbarheter och ta tillvara möjligheter².

Det är centralt att arbetet med att anpassa samhället till klimatförändringarna bedrivs långsiktigt, kontinuerligt, tvärsektorielt och på alla nivåer i samhället. En medveten långsiktig samhällsplanering innebär en rad åtgärder för att anpassa samhället till de klimatförändringar som märks redan idag och till de som väntar i framtiden. Men dessa åtgärder behöver också vara flexibla gentemot andra förändringar i samhället.

Vid sidan av klimatförändringarna pågår parallellt också andra förändringar och trender som påverkar samhällsutvecklingen. Olika sektorer och system påverkas också av demografiska förändringar, urbanisering, snabb teknikutveckling, digitalisering och globalisering. Dessa trender kan tillsammans leda till att hittills okända risker uppträder, men även att nya möjligheter öppnar sig. Den ökade komplexiteten gör det samtidigt svårare att få en samlad bild av hot, risker och sårbarheter i vårt samhälle.

I den här rapporten beskrivs Stockholms län i ett förändrat klimat med sikte på år 2100 utifrån ett antal prioriterade områden för klimatanpassning. Dessa har valts med utgångspunkt i den nationella strategin³. Rapporten är avsedd att användas som underlag för att identifiera sårbarheter och tänkbara åtgärder för att minska sårbarheterna och öka länets robusthet i förhållande till framtida klimatrisker.

1.1 FÖRUTSÄTTNINGAR I STOCKHOLMS LÄN

För att bygga ett robust Stockholms län för framtiden behöver samhällsstrukturerna anpassas för att möta de pågående och kommande klimatförändringarna, men också sätta dessa i relation till andra frågor som är aktuella i länet. De naturliga förutsättningarna i länet, pågående och ändrad markanvändning och vår samhällsutveckling kan också påverka hur sårbara olika samhällssystem är för olika typer av risker och hot.

Stockholmsregionen integreras allt mer i globala strukturer och är en av Europas snabbast växande storstadsregioner. Här sker en snabb befolkningstillväxt, det finns ett stort behov av nya bostäder och här pågår urbanisering. Många nya bostäder tillkommer i områden genom förtätning i befintliga områden eller vid nyexploatering av tidigare obebyggd mark. Detta har medfört en allt högre andel hårdgjorda ytor i länet och en minskad andel grönytor i de tätare delarna. I den här typen av förändrad markanvändning är det väsentligt att trygga en god dagvattenhantering, minska risker för översvämningar samt minska risken för urbana värmeöar.

För att förse länets invånare med dricksvatten är kvaliteten på vattnet i Mälaren och de större grundvattenförande grusåsarna avgörande. Ett förändrat klimat kan försämra

¹ SOU 2007:60

² Nationell strategi för klimatanpassning, Prop. 2017/18:163

³ Nationell strategi för klimatanpassning, Prop. 2017/18:163

råvattenkvaliteten i Mälaren men det finns även andra hot mot vattenkvaliteten. Att säkra Mälaren som dricksvattenresurs behöver exempelvis ställas i relation till strandnära exploatering och jordbrukets utsläpp såsom näringsläckage och sjöfart.

Att Sverige och Stockholmsregionen är sårbart även för globala förändringar kan exemplifieras med tillgång till livsmedel, där regionen har ett stort beroende av att importera livsmedel. Att möjliggöra livsmedelsproduktion i regionen och skapa förutsättningar för att bruka marken är därmed viktigt för regionens resiliens.

Befolkningsutvecklingen och samhällsutvecklingen globalt och även i viss mån i Sverige har lett till ökat tryck på ekosystemen. Det här i kombination med otillräcklig miljöhänsyn har medfört negativa effekter och påvisad förlust av biologisk mångfald globalt. Ett välmående ekosystem är en förutsättning för att säkra en resilient region med en mångfald av ekosystemtjänster.

1.2 KLIMATFÖRÄNDRINGAR I STOCKHOLMS LÄN ÅR 2100

SMHI⁴ har tagit fram data som visar hur klimatet kommer att förändras i Stockholms län i framtiden. Hur stor klimatförändringen blir beror på hur mycket växthusgaser som släpps ut i atmosfären. Analysen utgår från två utvecklingsvägar, eller scenarier, dels en för begränsade utsläpp av växthusgaser (RCP4,5), dels en för fortsatt höga och ökande utsläpp (RCP8,5). Även med minskade utsläpp av växthusgaser uppstår klimateffekter på grund av en tröghet i systemet.

I slutet av seklet, det vill säga runt år 2100 beräknas klimatförändringen generellt ha följande effekter:

- höjd dygnsmedeltemperatur
- antalet varma dagar blir fler
- ökad förekomst av värmeböljor
- längre vegetationsperiod
- större årsmedelnederbörd
- ökad förekomst av kraftig korttidsnederbörd (skyfall)
- ändrade flöden i vattendrag

Hur långtgående dessa effekter blir beror på vilket av de valda klimatscenarier som studeras.

Tabell 1. Förväntade förändringar i temperatur, årsnederbörd och perioder med värmebölja utifrån RCP4,5 och RCP8,5

Vid år 2100	RCP4,5 Begränsade utsläpp	RCP8,5 Höga utsläpp
Temperatur	+3 °C	+5 °C
Årsnederbörd	+20 %	+30 %
Period med värmebölja	+10 dagar	+ 25 dagar

För mer ingående beskrivning av hur klimatförändringarna beräknas bli i Stockholms län, se kapitel 5 *Sammanfattning: Klimatförändringar i Stockholms län år 2100*.

1.3 SYFTE OCH MÅL

Uppdraget har genomförts med syftet att analysera hur ett klimat i förändring påverkar länet och att sammanställa en övergripande klimat- och sårbarhetsanalys för

⁴ Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier. SMHI KLIMATOLOGI Nr 21, 2015.

Stockholms län. Rapporten är avsedd att användas som underlag för att identifiera sårbarheter och tänkbara åtgärder för att minska sårbarheterna och öka länets robusthet i förhållande till framtida klimatrisker.

Sårbarhet – Betecknar hur mycket och hur allvarligt samhället eller delar av samhället påverkas av en händelse. De konsekvenser som en aktör eller ett samhälle, trots en viss förmåga, inte lyckas förutse, motstå, hantera och återhämta sig från anger graden av sårbarhet⁵.

Arbetet har utgått från de sju områden som utpekats i den nationella klimatanpassningsstrategin med tillägg av bränder i skog och mark. Målet har varit att för varje område beskriva nuläget samt en bedömning av hur varje område bedöms påverkas avseende två valda klimatscenarier, RCP4,5 och 8,5 fram till år 2100. Analysen har genomförts på en generell nivå för varje valt område.

1.4 METOD

Varje område beskrivs utifrån samma metodik: nulägesbeskrivning och definition av hotbild för valt område, påverkansbeskrivning samt konsekvensbeskrivning i form av en översiktlig sårbarhetsanalys för länet. Varje område avslutas med en sammanfattande slutsats.

I arbetet med denna rapport har fokus varit att specificera hur de två klimatscenarierna RCP4,5 och RCP8,5 bedöms påverka Stockholms län utifrån åtta prioriterade områden för klimatanpassning.

1.4.1 PRIORITERADE OMRÅDEN FÖR KLIMATANPASSNING

Analysen är avgränsad till att omfatta de sju områden som pekats ut i regeringens nationella strategi⁶ för klimatanpassning som särskild prioriterade för arbetet med anpassning till ett förändrat klimat. Utöver dessa sju områden har Länsstyrelsen även valt att lägga till området bränder i skog och mark.

Följande åtta prioriterade områden för klimatanpassning ingår i analysen:

- Ras, skred och erosion som hotar samhällen, infrastruktur och företag
- Översvämning som hotar samhällen, infrastruktur och företag
- Höga temperaturer som innebär risker för hälsa och välbefinnande för människor och djur
- Brister i vattenförsörjning för enskilda, jordbruk och industri
- Biologiska och ekologiska effekter som påverkar en hållbar utveckling
- Påverkan på inhemsk och internationell livsmedelsproduktion och handel
- Ökad förekomst av skadegörare och sjukdomar samt invasiva främmande arter som påverkar människor, djur och växter
- Bränder i skog och mark

1.4.2 UNDERLAG

Det övergripande bakgrundsmaterial som används i rapporten är den länsrapport för Stockholms län som utarbetats av Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) som beskriver dagens samt framtidens klimat utifrån observationsdata samt beräkningar för två olika utvecklingsvägar RCP4,5 och RCP8,5 för hur utsläpp av växthusgaser kommer variera i framtiden.

⁵ Risk- och sårbarhetsanalyser, Vägledning statliga myndigheter, KBM 2006:4

⁶ Nationell strategi för klimatanpassning, Prop. 2017/18:163

Utöver detta bygger analysen för Stockholms län på befintligt underlag för länet, rapporter från relevanta myndigheter samt relevant forskning.

1.5 AVGRÄNSNINGAR

Följande avgränsningar har gjorts i uppdraget:

- Stockholms län utgör gräns för det geografiska utbredningsområdet. För flera av de analyserade områdena finns länsgränsöverskridande beroenden och kopplingar som ej studerats närmare inom detta arbete.
- En avgränsning av tillgängligt underlag som ingår i arbetet har gjorts i nära samarbete med Länsstyrelsen.
- I arbetet med att beskriva hur de valda områdena kan komma påverkas av framtida klimatförändringar har ingen värdering av allvarlighet eller prioritering mellan listade konsekvenser genomförts. Inte heller har värdering och prioritering mellan de valda områdena utarbetats inom ramen för uppdraget.
- Identifiering av åtgärder för att motverka eller överbrygga eventuella identifierade sårbarheter har inte ingått i arbetet.

2 KONSEKVENSER OCH SÅRBARHETER FÖR PRIORITERADE OMRÅDEN

I detta kapitel beskrivs nuläget och de olika prioriterade områdenas påverkan och sårbarhet av ett förändrat klimat, baserat på valda klimatscenarier RCP4,5 och RCP8,5. På grund av varierande detaljeringsnivå i tillgängligt underlagsmaterial varierar omfattningen i analysen gällande konsekvenser och sårbarhet för valda områden. Inga konkreta åtgärdsförslag redovisas men exempel ges på potentiella områden för åtgärder.

2.1 RAS, SKRED OCH EROSION

Följande avsnitt beskriver hur ras, skred och erosion hotar samhälle, infrastruktur samt företag

2.1.1 NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD

GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

För att bedöma förutsättningarna för ras och skred behövs kunskap om de geologiska förutsättningarna och hur de påverkar markens stabilitet. Olika jordarter har olika hållfasthet och grundvattenförhållandena påverkar stabiliteten. Även topografin och markens lutning har betydelse.

Risken för ras och skred inom Stockholms län beror på de lokala geotekniska förutsättningarna inom länet. Stabiliteten i marken är beroende av de förekommande jordarterna, deras utbredning och bildningssätt. Skred förekommer främst i finkorniga jordarter så som lera och silt, medan ras främst sker i mer grovkorniga jordarter, såsom sand och grus. Inom Stockholms län anses risken för ras främst inträffa vid sprängda bergsslänter, till exempel de slänter och skärningar som sprängts fram i samband med anläggning av vägar och järnvägar inom länet.

Stockholms läns geologiska historia och jordartsförhållanden är av stor betydelse för att förstå de risker för skred som förekommer inom länet och var risken föreligger. Generellt är jordlagerförhållandena inom Stockholms län karakteriserade av lerslätter med angränsande mindre berg- och moränområden. Berggrunden består främst av metamorfa, sedimentära, magmatiska (exempelvis granit) och vulkaniska bergarter⁷. Landskapet korsas av rullstensåsar med förekommande grovkorniga jordarter så som sand och grus i nord-sydlig riktning⁸.

Förekommande finkorniga jordarter inom länet har främst bildats under den senaste istiden. Stockholms län ligger under den högsta kustlinjen och de sediment som avsattes under den senaste istiden har till stor del avsatts i en marin miljö. Genom landhöjningen har dagens lerslätter som tidigare varit forna sjö- och havsbottnar torrlagts och utgör marken som exploateras i länet.

Skredkänsligheten hos jordarterna är beroende av deras kornstorlek och hur hårt de är packade eftersom det påverkar deras förmåga att släppa igenom, suga upp eller hålla kvar vatten. Leror avsatta i en marin miljö är ofta mer skredbenägna och saltvattenavsatta finkorniga jordar kan utvecklas till kvickleror med låg hållfasthet. Kvikklara kännetecknas av att vid störning bli flytande och är således mycket skredkänslig.

⁷ SGU-rapport 2018:08

⁸ <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html>

Inom Stockholms län finns i dagsläget förutsättningar för att ras, skred och erosion inom ett flertal områden, utan att ha räknat in effekterna av klimatförändringarna, se underlag hos SGI⁹.

RAS, SKRED OCH EROSION

De geologiska processerna har haft inverkan vid bildningen av förekommande jordarter i länet. Att ha kunskap om dessa är viktigt för att förstå de byggnadstekniska egenskaperna som jorden har idag. Hur hårt jorden är packad, dess kornstorlek och portryck är avgörande egenskaper för att förstå markens stabilitet.

Ett skred innebär att sammanhängande jordmassor kommer i rörelse och hastigt kan förflyttas en längre sträcka. Finkorniga jordarter så som silt och lera är skredkänsliga.

Ett ras innebär att grovkorniga jordarter så som sand, grus eller block plötsligt kommer i snabb rörelse så att partiklarna rör sig fritt i förhållande till varandra. Ras inträffar där höjdskillnader i grovkorniga jordarter finns så som i bergväggar, grus- eller sandbranter¹⁰. Ett ras kan också föregås av så kallad frostsprängning. Det innebär att vatten letar sig in i sprickor i stenar och berg, expanderar när det fryser till is och kan på så sätt spränga loss bitar av berget.

Erosion innebär att det sker en nednötning och transport av berg och jord vid en yttre påverkan. Erosion kan orsakas av vind, rinnande vatten och vågor. Stockholms län utgörs generellt av hållfasta bergarter och nednöttningsprocessen är långsam i berg inom länet. Stranderosion i jord sker i anslutning till vattendrag, sjöar och hav. Ett ständigt vattenflöde och vågor orsakar erosion av strandkanter och bottensediment.

HOTBILD FÖR RAS, SKRED OCH EROSION

Med dagens kunskap är det inte möjligt att ge exakta svar för hur stabiliteten i marken kommer förändras i ett framtida klimat, då detta beror av ett komplext förhållande mellan nederbörd, grundvattennivåer, jordlager samt temperatur- och tjälförhållanden

Det främsta klimathotet som kan orsaka ökad stabilitetsproblematik i marken är en ökad nederbörd. En ökning av årsmedelnederbörden för Stockholms län enligt klimatscenario RCP4,5 innebär att nederbörden ökar med cirka 20 procent. För klimatscenario RCP8,5 är nederbördsökningen cirka 30 procent vid år 2100¹¹. Båda klimatscenerierna bedöms kunna öka stabilitetsproblematiken i länet.

En ökad nederbörd leder till högre grundvattennivåer med stigande portryck i finkorniga jordarter som följd. Ett ökat portryck i jordarter så som lera och silt reducerar stabiliteten hos jorden och ökar sannolikheten för skred. Skredrisken inom länet kan förväntas stiga i samband med klimatförändringarna.

Utöver en förhöjd skredrisk skapar en ökad nederbörd även en större avrinning, vilket leder till mer erosion. Högre vattennivåer i sjöar och hav innebär även att områden där förutsättningarna för erosion finns ökar. Vid höga vattenflöden under en lång tid är erosionsrisken som störst. Extrema flöden orsakade av klimatförändringar leder också till en ökad erosionsrisk. Högre flöden i vattendrag som ger ökad erosion i strandkanten kan också i sin tur öka sannolikheten för att skred inträffar.

Temperaturökningar som en effekt av klimatförändringarna enligt analyserade klimatscenarier (RCP4,5 och RCP8,5) innebär att temperaturen inom Stockholms län beräknas öka med +3 °C respektive +5 °C. Temperaturökningen inom länet anses inte

⁹ <https://gis.swedgeo.se/rasskrederosion/#>

¹⁰ <https://www.sgu.se/samhallsplanering/risker/skred-och-ras/>

¹¹ Framtidsklimat i Stockholms län – Klimatologi nr 21.

vara en klimateffekt som har påverkan på samhällssystemet och sannolikheten för stabilitetsproblematik bedöms inte öka till följd av temperaturökningen fram till år 2100. En positiv konsekvens av en ökad medeltemperatur inom länet är att växtligheten ökar. En ökad växtlighet i riskområden för ras, skred och erosion innebär att växtlighet i större utsträckning kan binda jorden och stabiliteten bedöms därmed öka något.

Klimateffekter som fler nollgenomgångar och en ökad nederbörd kan öka sannolikheten för ras i bergsslänter i samband med att vatten i bergssprickor fryser till is och expanderar.

Den globala havsnivåhöjningen som sker fram till år 2100 motverkas inom Stockholms län av landhöjningen, fram till omkring år 2050. Därefter stiger havet mer än landhöjningen, samt efter år 2100 förväntas havet stiga ytterligare med tydliga konsekvenser inom länet¹². Erosionsrisken ökar i samband med att områdena där förutsättningarna för erosion ökar vilket kan förväntas ske framförallt efter år 2100. En ökad havsnivå som en konsekvens av klimatförändringarna leder till risk för erosion inom områden där förutsättningarna för erosion med dagens havsnivåer inte finns. Det ska beaktas att en havshöjning påverkar ett stort område men topografin spelar en stor roll för områdets utbredning.

Statens geotekniska institut (SGI) har i sin rapport¹³ över riskområden för ras, skred och erosion samt översvämningar, inventerat kommuner som har strandlinje mot kusten och Mälaren. Där framgår det var det finns förutsättningar för erosion i dagsläget. Det är i följande kommuner längs Mälaren: Botkyrka, Ekerö, Huddinge, Järfälla, Nykvarn, Salem, Solna, Stockholm, Södertälje och Upplands Bro. I följande kommuner utmed kusten: Botkyrka, Danderyd, Haninge, Lidingö, Nacka, Norrtälje, Nynäshamn, Solna, Stockholm, Södertälje, Tyresö, Täby, Vaxholm, Värmdö och Österåker. I dessa områden, där förutsättningar för erosion finns redan idag, kommer erosionsrisken att öka i slutet av seklet.

2.1.2 PÅVERKAN PÅ SAMHÄLLE, INFRASTRUKTUR OCH NÄRINGSLEV

Klimatförändringarna, som medför ökade flöden i vattendrag, kommer högst troligt att öka sannolikheten för att ras, skred och erosion inträffar och att dessa påverkar samhällen, infrastruktur och företag. De områden som idag pekas ut som riskområden kommer sannolikt vara det även i ett framtida klimat. Även nya riskområden kan komma som ett resultat av klimatförändringarna.

Exakt hur mycket stabiliteten i marken kommer att försämrats i ett framtida klimat, kan man inte säga med dagens kunskap. Det beror på komplexa förhållanden mellan nederbörd, grundvattennivåer, jordlager samt temperatur- och tjälförhållanden. Då nederbördsmängder är en avgörande faktor för stabilitet kommer scenario RCP8,5 medföra större stabilitetsproblem än scenario RCP4,5.

Utöver klimatförändringarna kan även en förändrad markanvändning ha påverkan på markens stabilitet. Behovet av att exploatera mark för samhällsbyggnad är i dagsläget stort och förväntas öka i takt med att befolkningens mängden inom länet ökar. Men många gånger förbättras befintliga förhållanden genom åtgärder inför byggnation. Det är ett krav i Plan- och bygglagen att marken ska vara lämplig för sitt ändamål.

¹² Rapport 2011:28 - Stockholm varmare och blötare

¹³ Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län i dagens och framtidens klimat.

Konsekvenserna av ras, skred och erosion är enbart negativa och har en direkt påverkan på samhället. Allvarligheten för samhället, infrastruktur och företag beror på hur stort påverkansområdet är och vilken karaktär som området har. Den geografiska utbredningen av ett riskområde för stabilitetsproblem kan vara mycket varierande. Genom att kartera jordarterna inom ett område och analysera det utifrån topografin samt omgivande vatten kan riskområdet avgränsas.

Konsekvenserna av ras, skred och erosion inom ett tätbebyggt område är allvarliga då sannolikheten att det påverkar samhällsviktiga funktioner eller bostäder är stor. Ett skred i ett tätbebyggt område kan hota människors liv och vara direkt livsfarligt. Även om förutsättningarna för skred och ras finns inom länet är dessa i dagsläget relativt ovanligt förekommande. Det ska dock beaktas att när ett jordskred inträffar, som i Gjerdrum i Norge i slutet av 2020, så blir konsekvenserna för samhället direkt allvarliga och med stora ekonomiska konsekvenser som följd.

Erosion vid vattendrag och längs kusten är i många fall mindre dramatiskt, jämfört med skred, och sker generellt successivt under en lång tid. Förlusten av material längs strandkanter och botten påverkar stabiliteten i slänterna vilket ökar risken för skred eller ras och kan påverka närliggande konstruktioner. I ett scenario med mer kraftiga skyfall kommer sannolikt problem med erosion till följd av höga flöden i våra vattendrag att uppträda betydligt oftare. Majoriteten av avrinningsområdena i Stockholms län är kraftigt påverkade av utdikning och avsänkta sjöar vilket ger en låg kapacitet att buffra höga flöden på kort tid. Det kan leda till ökade skador på infrastruktur vid broar och vägtrummor.

2.1.3 SÅRBARHETSANALYS

Risk för skred, ras och erosion inom Stockholms län är direkt knutet till de lokala förhållanden som råder inom området. De geografiska och geologiska faktorer som har störst påverkan på områdets stabilitet är jordlagerförhållanden, topografi samt närhet till vattendrag, hav eller sjöar.

Klimatscenerierna påverkar stabilitetsförutsättningarna inom områden där de geologiska förutsättningarna finns. Klimatförändringarna medför komplexa förhållanden mellan nederbörd, flöden, grundvattennivåer och torka, men troligtvis försämras markstabiliteten mer i scenariot RCP8,5 än i RCP4,5.

Sårbarheten i systemet kan kopplas till markanvändningen vid exploatering av områden och nybyggnation om detta görs med oförsiktig schaktning och upplägg av massor. Men dessa risker kan minskas genom att göra stabilitetshöjande åtgärder inför nybyggnation. Vid markarbeten, byggnation och erosion längs vattendrag kan skredbenägenheten lokalt öka¹⁴.

För att minska sårbarheten för samhällen, infrastruktur och företag med avseende på markens totalstabilitet behövs hänsyn tas till ett förändrat klimat vid nybyggnation, men även vid underhåll av bebyggelse. En analys kan behövas för att säkerställa att risken för ras, skred och erosion inte inträffar.

Omfattande analyser av myndigheter som MSB, SGI och SGU tyder på att det i dagsläget inom Stockholms län finns flera områden som med dagens klimatförhållanden har otillfredsställande stabilitet¹⁵.

¹⁴ <https://www.sgu.se/samhallsplanering/risiker/skred-och-ras/riksoversikt-over-finkorniga-jordars-skredbenagenhet/>

¹⁵ <https://gis.swedgeo.se/rasskrederosion/#>

2.1.4 SLUTSATS

Ett förändrat klimat påverkar stabiliteten i marken och kan ge upphov till en ökad risk för ras, sked och erosion. Det är främst nederbörd samt flöden och nivåer i hav, sjöar och vattendrag som utgör hotet. Skredrisken inom länet kan förväntas öka i samband med ökad årsnederbörd.

Sårbarheten för ras, sked och erosion är också beroende av de lokala förutsättningarna och dessa kan variera mycket inom geografiska områden. Det är viktigt att bedöma de geotekniska förutsättningarna i marken i samband med samhällsplanering för att ny bebyggelse ska bli långsiktigt hållbar med en minskad sårbarhet.

I dagsläget är sked och ras relativt ovanligt inom länet även om de geotekniska förutsättningarna finns i kombinationen av jordarter och lutning.

2.2 ÖVERSVÄMNING

Kapitlet beskriver hur översvämning påverkar samhälle, infrastruktur och företag inom länet.

2.2.1 NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD

Stockholms län har en lång kuststräcka med kustnära samhällen och stor andel kustnära fritidsbebyggelse. Inom länet finns flera vattendrag och till Mälaren sker tillrinning från ett stort avrinningsområde som sträcker sig långt utanför länsgränsen.

Regionen är expansiv med stort behov av utbyggnad av bostäder, verksamheter och industri. Förutom den mark som tas i anspråk vid utbyggnad sker också en förtätning. Utbyggnad och förtätning ger upphov till en större andel hårdgjorda ytor med ökad avrinning som följd och minskat utrymme för omhändertagande av nederbörd.

Tekniska system, bebyggelse och infrastruktur som främst är lokaliserade i lågpunkter och i direkt närhet till hav, vattendrag och sjöar är särskilt utsatta för de klimatförändringar som sker, då dessa orsakar ökad avrinning och stigande havsnivåer.

I detta kapitel har information som beskriver förändringar i nederbörd, avrinning och stigande havsnivåer för de två klimatscenarierna RCP4,5 och RCP8,5 i huvudsak inhämtats från rapporten *KLIMATOLOGI Nr 21, 2015, Framtidsklimat i Stockholms län, SMHI och Extremvattenstånd i Stockholm, 2018, SMHI 2018*. Även beräknade medelvattenstånd från smhi.se har använts och beskrivs vidare i kapitlet nedan.

NEDERBÖRD

För bedömningen av hur nederbörd förändras fram till år 2100 anges förändring i årsmedelnederbörd, ökning under vinter och vår, dygnsnederbörd och 1-timmesnederbörd. Den senare indikerar förändringen av mer högintensiva regn, det vill säga de regn som främst ger upphov till skador. Parametrarna ger en översikt hur nederbörd kan komma att förändras och med det ökade risker för översvämmade vattendrag och fler skyfall. Andra parametrar som periodvis påverkar avrinningen är förändringar i grundvattennivåer som kan ge förvärrade konsekvenser i och med att infiltration i marken begränsas. I Tabell 2 anges hur ökningen bedöms ske för såväl årsmedelnederbörden, 1-timmesregn samt dygnsnederbörd för de två studerade klimatscenarierna.

Tabell 2. Förändring i nederbörd år 2100.

Nederbörd förändring	Begränsade utsläpp RCP4,5	Ökade utsläpp RCP8,5
Årsmedelnederbörd	+10–20 %	+20–30 %
Ökning under vinter och vår	+20 %	+40 %
Dygnsnederbörd	+20 %	+20–30 %
1-timmesnederbörd	+20 %	+30 %

Storlek och förändring av dygnsnederbörden varierar i länet. Beräkningarna bör bedömas med viss försiktighet men de indikerar att kraftiga regn bedöms bli vanligare i områden i länet söder om Mälaren. Mer återkommande regn, med återkomsttid 1–5 år, kommer att öka med 15–25 % fram till år 2100.

VATTENDRAG OCH SJÖAR

Den totala årsmedeltillrinningen beräknas öka till mitten av seklet för att sedan gradvis minska och till sekelskiftet nå samma nivå som nuläge.

Tillrinningen till vattendrag och sjöar ökar som mest under vintern, med upp till 75 % fram till år 2100. Mildare vintrar och en generell ökning av nederbörden vintertid ger en ökad direkt tillrinning till vattendrag. Stora delar av Stockholms läns avrinningsområden är kraftigt påverkade och utdikning av våtmarker, jord- och skogsmark har historiskt varit vanligt förekommande inom länet. Detta påverkar den totala vattenhållande förmågan i marken på grund av förkortade flödestider genom landskapet. Detta påverkar förutom ökad risk för översvämning även andra områden så som ökad risk för erosion och torka inom länet.

Under vår och sommar bedöms tillrinningen minska. Även under sommaren förutsägs nederbörden öka men på grund av ökad avdunstning leder detta till att tillrinningen generellt minskar. Lokala variationer kan förekomma.

Vid ett regntillfälle med en återkomsttid på 100 år ökar tillrinning mer i de västra delarna av länet jämfört med de östra. Detta beror på Mälarens avrinningsområde som sträcker sig långt utanför Stockholms län i västlig och nordlig riktning.

Tabell 3. Förändring i tillrinning till vattendrag och sjöar år 2100.

Tillrinning förändring	Begränsade utsläpp RCP4,5	Ökade utsläpp RCP8,5
Tillrinning vinter	40–50 % (ökning)	Upp till 75 % (ökning)
Tillrinning vår och sommar	10–40 % (minskning)	20–60 % (minskning)
Tillrinning höst	Liten förändring	Liten förändring

HAVET

Den senaste forskningen kring globalt stigande havsnivåer visar att havet kan komma att stiga med en meter fram till år 2100. Den årliga landhöjningen i Stockholms län bedöms under den första delen av seklet vara större än havsnivåhöjningen. Därefter kommer det att ske en gradvis höjning av havsnivån till år 2100 relativt landhöjningen. Den pågående landhöjningen skiljer sig något mellan de södra och norra delarna av länet vilket innebär olika relativa havsnivåhöjningar.

I följande avsnitt presenteras det framtida medelvattenståndet i Stockholm år 2100, som är baserad på den globala havsnivåförändringen och länets lokala landhöjning. Motsvarande medelvattenstånd som uppmätts var 19 cm (RH2000) under perioden 1986–2005.

Utifrån landhöjningen som beräknas ske efter referensperioden, vilket omfattar cirka 0,5 centimeter per år innebär det att nuvarande medelvattennivå kan uppskattas till cirka 10 cm¹⁶. För scenariot med begränsade framtida utsläpp RCP4,5 kommer ändringen av medelvattenståndet år 2100 i förhållande till nuläget att vara marginell. För scenariot med ökade utsläpp, RCP8,5 kan höjning av medelvattenståndet vara cirka 30–40 cm. Intervallet motsvarar beräknad höjning av medelvattenstånd från Nynäshamn i södra delen av länet (40 cm) till Norrtälje i länets norra del (30 cm).

Extrema havsvattenstånd kan bedömas utifrån sannolikhet att de inträffar baserad på en vald återkomsttid eller som högvattenhändelse. Osäkerheterna är stora när bedömning görs för olika geografiska platser. Detta då båda metoderna baseras på gjorda observationer från en mätstation placerad på specifik plats. Den faktiska påverkan vid ett extremt havsvattenstånd kan variera kraftigt beroende på lokala effekter såsom topografi, vinduppstuvning och våguppsköljning.

Den data som presenterats i detta kapitel utgår från den senaste forskningen och tillgängliga beräkningar. Vid högvattenhändelser år 2100 med återkomsttid 100 år beräknas vattennivån stiga till 143 cm i Stockholm. Ett högsta beräknat havsvattenstånd för Stockholm beräknas till 196 cm. Båda dessa värden baseras på ökat utsläpp, RCP8,5 och är angivna i höjdssystemet RH2000.¹⁷

Havet kommer att fortsätta stiga långt efter år 2100, i hundratals eller tusentals år. Havsnivåhöjningen kommer att fortsätta även om den globala uppvärmningen skulle begränsas till 1,5 eller 2 °C eftersom havet reagerar mycket långsammare på uppvärmning än atmosfären. Framtida utsläpp av växthusgaser avgör hur mycket och hur snabbt havet kommer att stiga. Om utsläppen fortsätter utan motåtgärder kan den globala havsnivån stiga med en meter eller mer under detta århundrade, med flera meter till år 2300 och med många meter över längre tidsskalor.¹⁸ Med fortsatt höga utsläpp kan en global havsnivåhöjning på mer än 15 meter inte uteslutas runt år 2300 (scenario SSP5-8,5), en utveckling med låg sannolikhet men stora konsekvenser, som inkluderar instabilitetsprocesser i de stora inlandsisarna.¹⁹

2.2.2 PÅVERKAN PÅ SAMHÄLLEN, INFRASTRUKTUR OCH FÖRETAG

Översvämningar som sker vid ökad avrinning till vattendrag och sjöar, ökad nederbörd och höjda havsnivåer vid högvattenstånd ger direkt påverkan på samhället med risk för skador på byggnader och infrastruktur. Indirekt skada/påverkan inom länet sker vid skada på infrastruktur som ger långvarig obrukbarhet. Indirekt påverkan är tex saltinträngning i kustnära dricksvattenbrunnar från stigande hav.

Längs med vattendrag och sjöar kommer ökad avrinning under vintertid att påverka närliggande bebyggelse och infrastruktur. Under vår och sommar bedöms avrinningen minska. Vid skyfall kan direkt påverkan på mindre vattendrag innebära översvämningsrisker.

En hög utbyggnadstakt tar mark i anspråk vilket ökar avrinning vid nederbörd och skyfall. Även förtätning inom befintlig bebyggelse ökar behovet av en fungerande infrastruktur för hantering av dagvatten på grund av ökad andel hårdgjorda ytor. Ett minskat platsutrymme innebär vidare att hantering av skyfall i naturliga lågpunkter

¹⁶ SMHI Klimatologi 48, medelvattenstånd Stockholm 2017

¹⁷ SMHI Extremvattenstånd i Stockholm, 2018

¹⁸ SMHI Klimatologi 48, Bortom år 2100

¹⁹ SMHI Havsnivåhöjning på långa tidsskalor, 2022 (<https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/havsnivaehojning-pa-langa-tidsskalor-1.165465>)

begränsas. Både begränsade och ökade framtida utsläpp av växthusgaser innebär ökade nederbördsmängder och oftare förekommande extrema regn.

Förutom skador på byggnader kan vägar och järnvägar tillfälligt bli obrukbara. Skador och påverkan på vägar kan innebära en fara för liv- och hälsa då framkomlighet för räddningstjänsten begränsas.

Förutom översvämningar kommer samhället att påverkas av höjda och/eller sänkta grundvattennivåer med inträngande vatten och sättningsrisker som följd samt risk för saltinträngning längs med kuststräckor.

2.2.3 SÅRBARHETSANALYS

Översvämningar kan komma att påverka samhället på olika sätt beroende på dess utsatthet, varaktigheten på händelsen och händelsens intensitet.

Översvämningar från vattendrag är många gånger långvariga vilket är påfrestande för fastighetsägare, både vad gäller skador på byggnader och anläggningar, samt den begränsade tillgänglighet översvämningen ger upphov till. För särskilt utsatta platser kan det uppkomma en ökad risk för skred och erosion.

Stigande havsnivå orsakar förhöjt medelvattenstånd som direkt påverkar särskilt lågt placerad bebyggelse. Indirekt påverkas även grundvattennivån i dessa områden. Vid ökad saltvatteninträngning i kustnära områden kan dricksvattenförsörjningen påverkas på grund av att havsvatten kan tränga in i grundvattenbrunnar vid höjning av havsnivån, vilket utvecklas vidare i kapitel 2.4. För samhällsplanering bör hänsyn tas till accepterad risk och både en statistisk händelse och högvattenhändelse bör analyseras. Detaljerade analyser av lokala effekter kan behöva utföras.

En stigande havsnivå kan även komma att äventyra Mälaren som dricksvattentäkt, hota strandnära bebyggelse samt strandnära områden som utgör en viktig levnadsmiljö för såväl människa som djur. Ombyggnaden av Slussen är en pågående åtgärd som är tänkt att möta denna utveckling, men det finns all anledning att redan idag närmare börja studera och fundera över utvecklingen och möjliga åtgärder mot slutet av seklet då även den ombyggda Slusskonstruktionen troligen blir otillräcklig. Att långsiktigt helt skydda Mälaren från inträngning av saltvatten från ett stigande hav är en stor utmaning för länet och angränsande län, med en direkt koppling till hur omfattande och snabb en framtida klimatförändring och havsnivåhöjning blir. Att anpassa Mälaren som dricksvattentäkt till framtida havsnivåhöjning är en fundamental planeringsfråga som sträcker sig bortom detta århundrade.

Eftersom avrinningsområdet för Mälaren har en betydligt större utbredning än Stockholms län är det av stor vikt att eventuella åtgärdsförslag tar hänsyn till hela avrinningsområdet och inte enbart de lokala förutsättningarna. Tidigare utdikning av skogs- och åkermark inom Mälarens avrinningsområde har stor påverkan på hela områdets hydrologi. Genom att till viss del återskapa avrinningsområdenas hydrologi kan landskapets resiliens stärkas, kopplat till flera av de utmaningar vi har avseende exempelvis erosion, översvämning samt torka.

En förhöjd medelvattennivå kan för särskilt utsatta platser innebära stora konsekvenser vid stormperioder och höga vågor. Framtida högre havsnivåer väntas påverka hela länets kuststräcka. Ökat bostadsbehov längs kuster med omvandling av fritidshus till åretruntboende ökar behovet av skyddsåtgärder eller annan hantering av risker vid översvämning. Skadeverkan bedöms som stor för dessa platser. Översvämningar kan även göra vägar och järnvägar såväl tillfälligt som permanent obrukbara beroende på

skadeverkan. Detta påverkar inte bara räddningstjänstens verksamhet utan kan även innebära stora förluster för samhällsekonomin.

Intensivare och mer frekvent förekommande extrema regn i samband med ökad utbyggnad och förtätning kan leda till mer omfattande översvämningar i lågpunkter. Påverkan är oftast kortvarig men de skador som sker på byggnader och anläggningar är kostsamma. Även här kan räddningstjänstens verksamhet kortvarigt komma att påverkas. Samhällsplaneringen behöver redan i nuläget ta hänsyn till begränsad möjlighet att hantera dagvatten respektive skyfall. I framtiden kommer det att ställas ännu större krav på att ökade nederbördsmängder integreras i planeringsarbetet.

2.2.4 SLUTSATS

Så länge skadan inte innebär en risk för liv och hälsa kan en ökad acceptansnivå för tillfälliga översvämningar i framtiden vara nödvändig. Samhällsplanering kan behöva prioritera samhällsviktig verksamhet såsom sjukvård och försörjningssystem. För privata fastighetsägare kan information om risk- och skyddsåtgärder begränsa skador.

Genomförda beräkningar av klimatförändringar och hur de påverkar risken för översvämning är översiktliga och beräknade för en regional modell. Variationer kan vara svåra att bedöma på grund av nuvarande modellberäkningars upplösning och utifrån dess felmarginaler. Bedömning av konsekvenser för särskilda händelser som utgår från sannolikhet och observerade händelser kan vara baserade på mätningar i glest utspridda mätstationer. Utvärdering av lokala effekter kan vara nödvändig. Lokala effekter kan påverkas av topografi och platser där vattendrag exempelvis mynnar ut i havet. Vågeffekter kan variera starkt, ett exempel är våguppsköljning mot kajkant respektive strand.

Vid åtgärdsplanering där översvämningssproblematik studeras är det viktigt att belysa vilken grad av osäkerhet som är rimlig att acceptera. Detta bör även vara gällande för det underlagsmaterial som ligger till grund för vidare analyser. Det är till exempel en god idé att undersöka högvattenhändelser med olika grad av sannolikhet. Detta är även av vikt när man studerar kombinationer av händelser med skyfall, höga nivåer i vattendrag och höga havsnivåer för att få en överblick av hela den potentiella skadepåverkan som kan uppstå inom länet.

Vid planering av ny bebyggelse bör anpassning för anläggningar, strukturer och byggnader göras utifrån en lång tidshorisont. Skyddsåtgärder kan behöva planeras utifrån att mark reserveras och påbörjade skydd är flexibla för påbyggnad eller förstärkning. Vissa effekter av klimatförändringar kommer att synas först i sista halvan av seklet och behovet av förebyggande åtgärder kan därför komma att påverkas av hur samhällsbilden ser ut då. Det är även viktigt att belysa hur regleringen av Mälarens vattenstånd kan komma att påverka strandnära bebyggelse utifrån ändrade tillrinningsmönster inom hela dess avrinningsområde.

För planering av skydd för befintliga byggnader och infrastruktur kan riktade informationskampanjer i tidigt skede underlätta framtida strukturförändringar inom samhällen där byggnader kan komma att flyttas och/eller nuvarande tillgänglighet begränsas, till exempel sikt och åtkomst. Samhällsplaneringen för stigande havsnivåer kommer troligen att behöva anpassas utifrån kontinuerligt stigande havsnivåer även efter år 2100.

2.3 HÖGA TEMPERATURER

Följande stycke avgränsas till att beskriva hotet i form av direkta effekter av höga temperaturer på hälsa och välbefinnande hos främst människor. Då underlagen är relativt bristfälliga ges här endast en kortare beskrivning av hur djur påverkas.

2.3.1 NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD

Enligt prognoserna kommer medeltemperaturen i länet att stiga fram till år 2100, antalet dagar med ovanligt höga temperaturer blir fler, värmeböljorna blir vanligare, och de kommer oftare samt varar längre.

Den mest välkända hälsoeffekten av klimatförändringar orsakas av höga temperaturer och värmeböljor. Att höga temperaturer påverkar hälsan negativt hos människor i Europa och även i ett nordligt land som Sverige har visats i flera studier. Ett exempel på detta är den dödliga värmeböljan i Europa 2003 där närmare 70 000 dödsfall kunde härledas till den extrema värmen. Även i Sverige har vi drabbats av en längre värmebölja som ledde till värmerelaterad överdödlighet.

Utöver att människors hälsa påverkas direkt av höga temperaturer, kan vi även påverkas av att värme kan ge kombinationseffekter i form av påverkan på luftföroreningar, luftkvalitet, smittspridning, dricksvattenkvalitet och livsmedelskvalitet.

HÖGRE TEMPERATURER OCH FLER VÄRMEBÖLJOR

Årsmedeltemperaturen ligger idag mellan 5 och 7 °C i länet. Enligt SMHI:s analys kommer det att bli varmare i framtiden oavsett om vi lyckas begränsa utsläppen (RCP4,5) eller vid höga utsläpp (RCP8,5). Fram till omkring år 2100 beräknas medeltemperaturen ha stigit till omkring 9–10 °C enligt RCP4,5 och till omkring 11–12 °C enligt RCP8,5. Förändringen är ungefär densamma för hela länet.

Värmeböljor kommer också att inträffa betydligt oftare i Sverige jämfört med i dag och dessutom varar de längre. Enligt SMHI är en värmebölja:

- En sammanhängande period då dygnets högsta temperatur är minst 25 °C, minst fem dagar i sträck²⁰.
- Årets längsta sammanhängande period med dygnsmedeltemperatur över 20 °C²¹.

Under de senaste drygt 20 åren har det blivit något varmare och antalet sammanhängande dagar med medeltemperaturer över 20 °C har ökat till upp emot 5–7 dagar per år. I slutet av seklet kommer värmeböljornas längd ökat till cirka 10 dagar enligt RCP4,5 och till cirka 25 dagar enligt RCP8,5. I framtiden får vi alltså ungefär dubbelt så långa värmeböljor som idag med begränsade utsläpp (RCP4,5), och fyra gånger så långa värmeböljor om vi fortsätter att accelerera utsläppen (RCP8,5)²².

Värmebölja är alltså ett begrepp för att beskriva en längre period med höga dagstemperaturer. Vad som kan betraktas som höga dagstemperaturer varierar stort mellan olika länder och klimat. Vi är dock anpassade till ett kallt klimat vilket innebär att normal värme i andra länder kan upplevas som besvärande varmt här.

²⁰ SMHI, 2016 <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/varmebolja-1.22372>

²¹ Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier. SMHI KLIMATOLOGI Nr 21, 2015.

²² Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier. SMHI KLIMATOLOGI Nr 21, 2015.

SOMMAREN 2018

Under sommaren 2018 var vädret extremt i jämförelse med vad vi upplevt under 1900-talet. Det sattes nya värerekord i den långvariga värmen. Kombinationen av höga temperaturer och mindre nederbörd än normalt gav utbredd torka. Torkan ledde till skogsbränder och påfrestning på lantbruk och djurhållning. Upplevelsen av denna sommar kan sättas i perspektiv till beräkningarna av hur temperaturen kommer utvecklas enligt de två scenarierna till år 2100.

Medeltemperaturen för sommarmånaderna visar att sommaren var omkring 2–3 °C varmare än perioden 1961–1990. Det motsvarar ungefär det som beräknas enligt scenario RCP4,5 till slutet av seklet. Men de enskilda månaderna maj och juli 2018 var mer än fem grader varmare än normalt på flera platser. Det motsvarar beräknad ökning i RCP8,5 till slutet av seklet. Sammantaget motsvarar alltså sommaren 2018 ett scenario mellan RCP4,5 och RCP8,5²³.

HOT MOT HÄLSA OCH VÄLBEFINNANDE

Den mest välkända direkta hälsoeffekten av klimatförändringar orsakas av höga temperaturer och värmeböljor. Hur pass påfrestande en människa upplever höga temperaturer beror på flera olika faktorer. Den "optimala" temperaturen skiljer sig mycket mellan olika delar av världen beroende på platsens klimat samt samhällets och befolkningens anpassning till klimatförhållandena.

I Stockholm är dödligheten lägst vid 11–12 °C medan den optimala temperaturen i Aten är 25 °C²⁴. Även inom ett land kan invånarna uppleva samma temperatur olika påfrestande. Temperaturer på 30 °C på Sicilien påverkar vanligtvis inte invånarna lika mycket som i Alperna där detta kan leda till hälsoproblem.

2.3.2 PÅVERKAN PÅ HÄLSA OCH VÄLBEFINNANDE

Att höga temperaturer påverkar hälsan negativt hos människor, även i ett nordligt land som Sverige har visats i flera studier. Det finns många olika referenser och studier som bekräftar detta.

- Att de varma dagarna sett över en hundraårsperiod har lett till att fler svenskar dör till följd av värmeböljor framgår av en studie i Stockholmsområdet²⁵. Studien av dessa svenska data visar att värmeböljans längd har stor betydelse.
- Folkhälsomyndigheten har konstaterat en överdödlighet på 700 personer i Sverige som går att relatera till värmeböljan sommaren 2018²⁶.
- Forskare²⁷ har undersökt hur värmeböljor påverkar dödligheten i Sverige. Resultaten visar en tydlig ökning i dödsfall de dagar då temperaturen överstiger +27 °C. Dessutom verkar risken att avlida i förtid under värmeböljor större i Norrland än i de sydligare landskapen samt i socioekonomiskt utsatta områden enligt den nya studien. I materialet framgår att värmeböljor ökar dödligheten med ungefär tio procent i Götaland och Svealand, medan ökningen i Norrland är ungefär 30 % under jämförbara dagar. En orsak till högre effekter av värme i

²³ Sommaren 2018 - en glimt av framtiden? SMHI KLIMATOLOGI Nr 52, 2019.

²⁴ Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60)

²⁵ Åström, D., Forsberg, B., Ebi, K.L. and Rocklöv, J. (2013). *Attributing mortality from extreme temperatures to climate change in Stockholm, Sweden*. Nature Climate Change 2013, doi:10.1038/nclimate2022.

²⁶ <https://lakartidningen.se/Aktuellt/Nyheter/2018/12/Sommarens-varme-okade-dodligheten/>

²⁷ Heat-wave related mortality in Sweden: A case-crossover study investigating effect modification by neighbourhood deprivation". Daniel Oudin Åström, Christofer Åström, Bertil Forsberg, Ana Vicedo-Cabrera, Antonio Gasparrini, Anna Oudin, Kristina Sundquist. Scandinavian Journal of Public Health, online 26 Sep 2018, DOI: 10.1177/1403494818801615

Norrland skulle kunna vara att invånarna i norr är mer ovana vid dessa temperaturer.

- Forskning visar även att ihållande höga temperaturer ökar dödligheten för varje dag som värmen varar²⁸.
- Vid en medeldygnstemperatur på 22–23 °C som håller i sig i längre än två dygn ökar dödligheten markant²⁹.
- I Sverige har man sett en 10 % ökad dödlighet efter tre dagar i följd med maxtemperaturer på 27 °C och ökar temperaturen gör också överdödligheten det³⁰.
- En tydligt ökad dödlighet har iakttagits redan efter 2 dagars ihållande värme. Beräkningar för Stockholmsområdet visar att en höjning av medeltemperaturen med 4 °C ökar dödligheten med drygt 5 %. Antalet dödsfall per år i värmeböljor bedöms ha ökat med drygt 1 000 fall mot slutet av detta sekel³¹.
- Beräkningar utifrån ett klimatscenario med 2 °C temperaturökning ökar riskerna med värmeböljor i Europa och skulle kunna ge cirka 132 000 förtida dödsfall per år från 2100³². Stora städer med lokalt högre temperaturer kommer att drabbas hårdast, om man inte gör anpassningsåtgärder.
- Även djur är värmekänsliga och särskilt exempelvis svin och fjäderfä. Höga vattentemperaturer kan stressa vattenlevande arter som är anpassade till kallt vatten. Värme i kombination med torka leder till påfrestningar på lantbruk och djurhållning³³.

I samband med värmeböljor verkar den förhöjda dödligheten främst förklaras av just värmen i sig, men samtidig exponering för föroreningar som ozon och partiklar kan också bidra till ökad dödlighet eftersom de känsligaste grupperna till stor del är de samma, främst äldre personer.

2.3.3 SÅRBARHETSANALYS

SÅRBARA GRUPPER

Hur sårbar en människa eller befolkning är för värme beror på dess anpassningar men också på samhällets anpassningar. Som nämnts är olika befolkningsgrupper i världen, men även inom ett land olika anpassade för att klara höga temperaturer.

De mest sårbara och utsatta är grupperna är de som har sämre förutsättningar att hantera höga temperaturer. Framförallt är det äldre personer som löper stor risk och uppvisar flest antal dödsfall i samband med värmebölja. De har svårare att reglera kroppstemperaturen och känna av vätskebrist. I och med att Sverige har en åldrande befolkning kan detta innebära stora utmaningar.

²⁸ Rocklöv J, Emi K, & Forsberg B, 2011. Mortality related to temperature and persistent extreme temperatures: a study of cause-specific and age-stratified mortality. *Occup Environ Med* 68 (7): 531 – 523

²⁹ Statens folkhälsoinstitut, 2010. Värmeböljor och dödlighet bland sårbara grupper – en svensk studie. Rapport 2010:12. Statens folkhälsoinstitut.

³⁰ <https://www.hemhyra.se/nyheter/30-grader-farligt-sverige-inte-italien/>

³¹ Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60)

³² Klimat och hälsa En kunskapssammanställning Björn Fagerberg, Bertil Forsberg, Sofia Hammarstrand, Laura MacLachlan, Maria Nilsson och Anna-Carin Olin. Rapport nr 3:2020 Från avdelningen samhällsmedicin och folkhälsa. Umeå Universitet

³³ Klimat- och sårbarhetsanalys och myndighetsmål, Rapport 2019:47, Länsstyrelsen Västra Götalands län

Små barn och spädbarn är också sårbara mot höga temperaturer eftersom de inte hunnit få en fullt utvecklad värmereglering. De blir lättare uttorkade än vuxna.

Även personer med sjukdomar såsom hjärt- och kärlsjukdomar, lungsjukdomar, försämrad njurfunktion samt psykisk ohälsa kan vara särskilt känsliga. De olika riskgrupperna kan uppleva påfrestningar olika beroende på om det är tillfälliga temperaturoppstigningar eller om det är en långvarig värmebölja.

Socioekonomiskt utsatta grupper har visat sig också vara extra sårbara för höga temperaturer. I dessa grupper är riskfaktorer såsom övervikt och psykisk ohälsa något vanligare, vilket i sig spår på risken för negativa hälsoeffekter av värme.

SAMHÄLLETS SÅRBARHET

Samhällets och bostäders utformning är också avgörande för sårbarheten. En tät stad med mycket hårdgjorda ytor i form av asfalt och betong samt lite grönska och lite luftgenomströmning lagrar värme, och kallas ibland för urbana värmeöar. Den nattliga temperaturen kan vara flera grader högre än i det omgivande landskapet. Kombinationen med mänsklig aktivitet gör att städer blir extra sårbara vid höga temperaturer.

Höga utomhustemperaturer medför också högre inomhustemperaturer. Hur stor ökningen av temperaturen blir inomhus beror på ett flertal faktorer som byggnadens placering, väderstreck, skuggning, byggnadsmaterial, antal och storlek på fönster och solinstrålning, ventilation med mera. Även omgivningen kan hjälpa till att sänka temperaturen inomhus genom exempelvis gröna och skuggande gårdar som omger husen samt goda vindförhållanden.

För att minska sårbarheten behöver bostäder och andra offentliga byggnader anpassas till kommande ändringar i extremtemperaturer och värmeböljor. Särskilt angeläget är det att anpassa inomhustemperaturer på äldreboenden, sjukhus och andra vårdinstanser.

INFORMATION OCH KUNSKAP

Sårbarheten hos befolkningen och samhället kan minskas genom ökad kunskap. Förebyggande åtgärder behöver vidtas på kort och lång sikt, liksom forskning för ökad kunskap om olika individuella riskfaktorer, riskgrupper och riskmiljöer under värmeböljor i Sverige.

Genom SMHI:s värmevarningssystem³⁴ får såväl den enskilda som olika verksamheter möjlighet att förbereda insatser innan en annalkande värmebölja. När prognoserna visar att temperaturen når 26 °C eller mer tre dagar i följd, skickas en förhandsinformation till ansvariga inom vård och omsorg via länsstyrelserna och kommunerna, för att öka beredskapen där. En varning för höga temperaturer utfärdas när väderprognoserna pekar på att vi får temperaturer på 30 °C eller högre tre dagar i följd.

2.3.4 SLUTSATS

Oavsett hur stor temperaturökningen kommer att bli till år 2100 kan vi se att den kommer påverka människors hälsa och välmående samt dödlighet. Redan idag har forskare kunnat konstatera värmerelaterad överdödlighet i Sverige. Forskningen visar en tydlig ökning i dödsfall de dagar då temperaturen överstiger +27 °C och att ihållande höga temperaturer ökar dödligheten för varje dag som värmen varar.

³⁴ <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/varning-for-mycket-hoga-temperaturer-1.30684>

I vilken omfattning människors hälsa påverkas beror både på individens och samhällets anpassningar. De mest sårbara grupperna är äldre, människor med hjärt- och kärlsjukdomar, lungsjukdomar, och psykisk ohälsa. Personer boende i socioekonomiskt utsatta områden har visat sig vara extra sårbara.

I storstäder med tätare bebyggelse, färre grönytor, mer asfalt och betong som alstrar värme i kombination med mänsklig aktivitet kan temperaturen bli flera grader högre än i omgivande landskap, och därmed generera ökad sårbarhet.

Utformningen av offentliga byggnader och bostäder kan även påverka inomhustemperaturen kraftigt. Ett flertal faktorer som väderstreck, omgivningens grönska och skuggning, byggnadsmaterial, fönster och ventilation med mera påverkar sårbarheten.

För att minska sårbarheten behövs åtgärder både i samhället och på individnivå. För att öka beredskapen har till exempel SMHI infört ett värmevarningssystem, som går ut vid prognoser om minst 30 °C tre dagar i följd.

2.4 BRISTER I VATTENFÖRSÖRJNING

Följande kapitel beskriver hur enskilda, jordbruk och företag kan komma påverkas av en förändrad vattenförsörjning i Stockholms län utifrån påverkan av klimatförändringar.

2.4.1 NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD

För att tillhandahålla hälsosäkert dricksvatten i tillräckliga mängder i framtiden, krävs en fungerande vattenförsörjning. Både den kommunala allmänna vattenförsörjningen och den enskilda vattenförsörjningen måste fungera såväl i dag som i framtiden. I Sverige har vi vant oss vid att konsumera i genomsnitt 140 liter vatten per person och dygn. Konsumtionen har generellt minskat de senaste decennierna men här finns en stor besparingspotential. Det mesta vattnet går åt till annat än att dricka, exempelvis till att duscha och tvätta kläder. Hushållens sammantagna vattenanvändning i Stockholms län uppgår till cirka 137 miljoner kubikmeter per år (år 2015, senaste statistiken från SCB) och av detta var 95 procent kommunalt vatten³⁵. Förutom hushåll förses bland annat affärer, skolor, sjukhus, vårdcentraler och hotell genom den allmänna vattenförsörjningen. I länet utgör Mälaren den viktigaste vattentäkten och de tre stora ytvattenverken Görväln, Lovö och Norsborg svarar tillsammans för cirka 90 procent av den allmänna vattenförsörjningen. Grundvattenuttag står alltså för en förhållandevis liten del, men flera grundvattenverk används för reservvatten. Dock kan grundvattenuttag ha en stor lokal betydelse för mindre områden där vattenförsörjning sker genom mindre kommunala grundvattenverk eller samfällighetsföreningar.

Med enskild vattenförsörjning förses hushåll och verksamheter utanför kommunalt verksamhetsområde med dricksvatten, och i Stockholms län täcker detta cirka 5 procent av det totala vattenbehovet för hushåll. Uttag av grundvatten genom lokala brunnar är det vanligaste, och ofta sker enskild vattenförsörjning samordnat för flera hushåll genom gemensamhetsanläggningar. Det är främst delar av kustkommunerna i länet som är beroende av enskild vattenförsörjning, både för permanentboende och fritidsboende. Roslagen har varit ett vattenbristområde och generellt kan klimatförändringarna väntas öka risken för vattenbrist i sådana områden.

³⁵ SCB (2021) Hushållens vattenanvändning per typ av vattenförsörjning, efter region. Vart femte år 1995 - 2015. Utdrag för Stockholms län år 2015. Statistiska centralbyrån: <http://www.statistikdatabasen.scb.se>.

För några år sedan sammankopplades Norrtälje kommun med Norrvattens försörjningsområde. Detta var en strategiskt viktig åtgärd som säkrade upp vattenförsörjningen för Roslagen.

Även jordbruk och industri behöver en fungerande vattenförsörjning. Inom jordbruket behövs vatten både för växtodling och djurhållning, och vanligen försörjs dessa från enskilda vattentäkter. Vatten är nödvändigt för att det ska kunna växa, och behovet tillgodoses naturligt så länge nederbörd faller i lämpliga mängder och vid lämpliga tillfällen under året. Under längre torrperioder kan olika metoder för konstgjord bevattning tillgripas för växtodling. Bevattning i stor skala är dyrt och jordbruken har sällan kapacitet och saknar dessutom ofta vattendomar för att ta ut tillräckliga mängder. Konstgjord bevattning kan därför enbart ses som ett komplement till det vatten som kommer via nederbörden. Bevattning har historiskt stått för den största delen av jordbrukets totala vattenanvändning i Stockholms län (år 2005 och 2010). Under år 2015 gick dock det mesta av jordbrukets vattenanvändning till djurhållning (373 000 kubikmeter, att jämföra med 44 000 kubikmeter för bevattning)³⁶.

Utöver detta kommer industrier i länet behöva vatten för olika delar av produktionen, inte minst för kylvatten. Senaste statistiken visar att industrins vattenanvändning i Stockholms län³⁷ uppgick till totalt 115 miljoner kubikmeter per år (2015). Detta är närapå lika mycket som hushållens vattenanvändning (se ovan). Inköpt dricksvatten står för en mindre andel och en hel del utgörs av återanvänt vatten, det vill säga vatten som aldrig lämnar anläggningen. Den största delen av det vatten som används av industrin består av ytvatten från egen täkt samt havsvatten från egen täkt. Cirka 7 miljoner kubikmeter (år 2015) utgjordes av inköpt dricksvatten, alltså vatten från det kommunala dricksvattennätet³⁸. Återvinning av vatten samt användning av havsvatten innebär att vattenresurserna inte belastas i så hög utsträckning.

Det finns flera olika klimatfaktorer som påverkar tillgång och behov av vatten. De klimatindex som har störst relevans när det gäller ytvattentillgångar är tillrinningen, närmare bestämt "lokal årstidsmedeltillrinning", och klimatindexet "antal dagar med lågflöde". Lokal årstidsmedeltillrinning avspeglar det totala flödesbidraget från alla avrinningsområden uppströms vid en viss punkt i avrinningsområdet. Förändringen anges i procent jämfört med referensperioden (1963–1992). Den största förändringen av totala tillrinningen sker för vinterperioden eftersom nederbörden väntas öka och vintrarna blir mildare. Mildare vintrar innebär att en större andel av nederbörden faller som regn istället för snö och direkt bildar tillrinning till vattendragen. Här finns skillnader mellan scenarierna och RCP8,5 anger stora ökningar vintertid för vattendragen i slutet av seklet. Det skiljer sig något inom länet, och särskilt stora ökningar väntas exempelvis i Norrtäljeån (75 %). Under vår och sommar minskar istället den totala medeltillrinningen för samtliga vattendrag. Minskningen är störst under sommarperioden med 10–40 procent för RCP4,5 och 20–60 procent för RCP8,5. Det är också under sommarperioden som vattenbehoven ofta är som störst, ett förhållande som kan innebära vattenbrist.

"Antal dagar med lågflöde" indikerar antal dagar då tillrinningen är lägre än medeltillrinningen under nämnda referensperiod. I Figur 1 visas antal dagar med lågflöde perioden 2069–2098 för RCP4,5 och RCP8,5. Antal dagar med lågflöden väntas öka i framtiden inom hela länet, mest i de östra delarna där temperaturen och

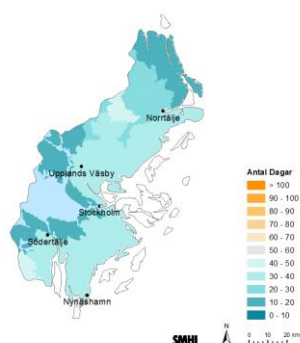
³⁶ SCB (2021) Jordbrukets vattenanvändning per typ av användning, efter region. År 2005 - 2015. Utdrag för Stockholms län. Statistiska centralbyrån: <http://www.statistikdatabasen.scb.se>.

³⁷ SCB (2021) Total vattenanvändning per användargrupp, efter region. Vart femte år 1990 - 2015. Utdrag för Stockholms län. Statistiska centralbyrån: <http://www.statistikdatabasen.scb.se>.

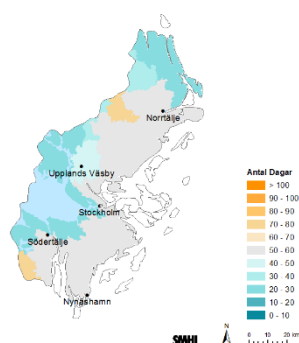
³⁸ SCB (2021) Industrins vattenanvändning, 1000-tal kubikmeter efter region, typ av vatten och år, efter region. Vart femte år 1990 - 2015. Utdrag för Stockholms län. Statistiska centralbyrån: <http://www.statistikdatabasen.scb.se>.

därmed även avdunstningen ökar mest. För en så pass stor sjö som Mälaren är det svårt att se att vattenbrist skulle riskera uppstå till följd av ökat antal lågflödesdagar. Däremot kan omfattande vattenuttag under en längre period med lågflöde få konsekvenser på vattennivåerna och strandlinjen i sjön. För att undvika direkt ekologiskt negativ påverkan kan regleringsrutiner för Mälarens utloppspunkter behöva ses över. För råvattenuttag från vattendrag, vilket kan förekomma för att förse exempelvis samfälligheter och industrier med vatten, kan dock risken för vattenbrist under längre perioder med lågflöde vara överhängande.

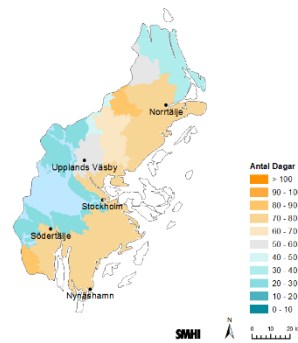
RCP4,5 beräknad 1991–2013



RCP4,5 (mellan) 2069–2098



RCP8,5 (hög) 2069–2098



Figur 1. Antal dagar med lågflöde i stockholms län beräknat för perioden 1991-2013 (medelvärden) samt för tidspersiden 2069-2098 utifrån klimatscenarie RCP4,5 (mellan) och RCP8,5 (hög).

Grundvattentäkter skiljer sig från ytvattentäkter i flera avseenden. Det mesta av ytvattnet har sitt ursprung i grundvatten som rinner ut i vattendrag. Det innebär att om antalet dagar med lågflöde ökar så avspeglar det en minskad tillförsel av grundvatten till vattendraget. Till skillnad från ytvatten avdunstar inte grundvatten vid en värmebölja. Det finns dock en skillnad i sårbarhet mellan små och stora grundvattenmagasin. För små magasin kan vattenbrist uppstå relativt snabbt under en längre torrperiod, vilket kan leda till vattenbrist i enskilda vattentäkter och i brunnar senare under samma år. För stora magasin kan istället effekten av längre torka bli långsammare och utdragen i tid, och låga grundvattennivåer kan finnas kvar i flera år.

Avgörande för tillgången till grundvatten är att det sker en påfyllning under vinterhalvåret. Om detta sker med regelbundenhet kan grundvattennivåerna återhämta sig till ett annat år. Det är först när växtsäsongen är över på hösten som växterna inte längre tar upp nederbörden och grundvattenmagasinen börjar fyllas på. Ett viktigt klimatindex för grundvattentillgång är därför "växtsäsongens längd" som är definierat som skillnaden mellan sluttidpunkt och starttidpunkt. Starttidpunkt för vegetationsperioden är första dagen på året i en sammanhängande fyradagarsperiod då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5 °C. Sluttidpunkt är sista dagen i årets sista fyradagarsperiod med dygnsmedeltemperatur över 5 °C. Indexet baseras enbart på temperatur och tar inte hänsyn till solinstrålning. Ju längre vegetationsperiod, desto kortare tid på året som nederbörden fyller på grundvattenmagasinen. Även ytvattenmagasin påverkas, men vid kraftiga skyfall kan dessa fyllas på även under växtsäsong. En viss påfyllnad under växtsäsong kan även ske i grundvattenmagasin med tunna jordtäckan.

Klimatfaktorer påverkar inte bara tillgången till vatten utan även behoven, men på olika sätt för människor, jordbruk och industri. Generellt gäller att vattenkonsumtionen hos oss människor ökar under värmeböljor. Människor behöver svalka av sig, dricka och duscha mer och den varma sommaren 2018 gick vattenverken i Stockholms län nära

maxkapacitet. Men även för djurhållningen ökar vattenbehovet under värmeböljor. Uteblir nederbörden under en längre period uppstår även behoven av konstgjord bevattning, åtminstone av mer känsliga grödor. Industrins behov behöver däremot inte öka till följd av värmeböljor men däremot kan den inkommande vattentemperaturen vara förhöjd om vatten hämtas från en ytvattentäkt.

Inte bara tillgången till vatten påverkas av klimatförändringarna utan även vattnets kvalitet och, i förlängningen av detta, kan även hälsorisker kopplat till dricksvattenkonsumtion uppstå vid bristfällig beredning av dricksvattnet. Ökad brunifiering (färgning av ökade humushalter) i sjöar och vattendrag kan knytas till ökad avrinning och avspolning, något som väntas öka ytterligare genom klimatförändringarna. Men även det glädjande förhållandet att utsläppen av försurande ämnen har minskat i miljön, kan vara en bidragande orsak till ökad brunifiering. Dels genom att minskad försurning innebär högre pH och alkalinitet, men framför allt genom förändringar i exporten av organiskt kol och järn. Även om brunifiering alltså endast delvis beror på klimatförändringar har fenomenet lett till investeringar och ett fortsatt behov av nya beredningsprocesser på många vattenverk, såväl i Stockholms län som i övriga landet.

En annan förmodad effekt av klimatförändringarna är ökad spridning av smittämnen och andra mikroorganismer, liksom av kemikalier via avlopps- och dagvattensystemen. Ökande frekvens av skyfall med tillhörande avspolning bidrar till detta. Avloppsutsläpp genom bräddningar kan väntas öka i frekvens och volym, särskilt i kombinerade avloppssystem. Likaså kan avspolning från jordbruksmark orsaka spridning av smittämnen som finns i gödsel, men även öka tillskottet av närsalter och andra kemiska substanser till ytvatten. Även om tröskeleffekter i avloppssystem och utspädnings effekter i recipienter är faktorer som kan hindra att föroreningarna når råvattenintagen, har medvetenheten om dessa risker redan drivit på förnyelsen i beredningsprocesser på flera dricksvattenverk. Högre vattentemperaturer påskyndar samtidigt avdödnings av temperaturkänsliga smittämnen. De smittämnen som kan väntas öka i halt vid råvattenintag är främst de som har generellt hög överlevnad, exempelvis parasiten *Cryptosporidium*.

2.4.2 PÅVERKAN PÅ VATTENFÖRSÖRJNING FÖR ENSKILDA JORDBRUK OCH INDUSTRI

Konsekvenserna på vattenförsörjningen till följd av klimatförändringarna år 2100 blir olika beroende på om det är fråga om allmän eller enskild vattenförsörjning. Det väntas också bli vissa geografiska skillnader inom länet. Med Mälaren som huvudvattentäkt väntas begränsade konsekvenser till följd av ökat antal dagar med lågflöde, och någon direkt risk för vattenbrist kan inte förutses för den allmänna vattenförsörjningen. Risken med saltvatteninträngning i Mälaren till följd av ökade havsnivåer i Saltsjön har tidigare uppmärksamats. Detta skulle potentiellt kunna medföra stora problem och göra Mälaren obrukbar som vattentäkt³⁹. Förändrade tillrinningsmönster och markavrinningen bedöms även de utgöra ett hot mot vattenkvaliteten⁴⁰. Vid färdigställandet av nya Slussen kommer även risken för översvämningar runt Mälaren att minska, mot bakgrund av Slussens förhöjda kapacitet och vattendom att tappa av höga flöden från Mälaren.

Vattenkvalitetsmässiga förändringar kan väntas genom ytterligare brunifiering och avspolningar till följd av skyfall. Fram till år 2100 väntas nederbördsmönstret att förändras vilket ger upphov till att kraftiga skyfall bedöms öka, med kraftigare ökning i klimatscenariot RCP8,5 jämfört med RCP4,5. Ökad förekomst av algblomning är en

³⁹ Länsstyrelserna (2011) Mälaren om 100 år - förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden.

⁴⁰ Länsstyrelserna (2013) Mälarens och Saltsjöns framtid i ett brett perspektiv - dricksvatten, bebyggelse, ekosystem.

annan effekt som väntas av klimatförändringarna, till följd av ökad transport av näringsämnen och höga temperaturer.

Sammantaget väntas klimatförändringarna fordra förändringar i beredningsprocesser på vattenverken för att hantera de vattenkvalitetsmässiga effekterna. Flera av de stora vattenproducenterna har redan påbörjat dessa förändringar. I den regionala vattenförsörjningsplanen för Stockholms län från 2018 beskrivs generellt vilka vattenkvalitetsförändringar som klimatförändringarna kan föra med sig⁴¹. Effekterna relateras dock inte till RCP-scenarierna och dess olika klimatindex, vilket kan ses som en svaghet i analysen.

För enskild vattenförsörjning är det vattenbrist som kan ses som det främsta hotet, åtminstone för brunnar som förses från små magasin. Antal dagar med lågflöde såväl som växtsäsongens längd väntas öka längs kusten i länet, där många fritidshus är beroende av vattenförsörjning från enskilda brunnar. Uttorkade brunnar kan alltså väntas bli ett allt vanligare fenomen fram till år 2100, i synnerhet vid klimatscenariot RCP8,5. Uttag från brunnar med låga grundvattennivåer kan i vissa havsnära områden även leda till att saltvatten tränger in, vilket kan leda till att vattentäkten blir obrukbar. Visserligen finns teknik för avsaltning, men den är energikrävande, kostsam och kräver kontinuerlig skötsel. I vissa fall kan tekniken dock ändå vara ett alternativ för enskilda fastighetsägare.

Nödwaterförsörjning kan komma att behövas allt oftare för att lösa situationen för hushåll med enskild waterförsörjning. Återkommande och bestående problem med uttorkade brunnar i stora områden längs kusten i länet kan fordra anslutning till kommunal waterförsörjning. Detta kan då leda till ökade uttag från kommunala vattentäkter som Mälaren. Husägare med egen brunn brukar kanske oftare än andra ha en medvetenhet om risken för waterbrist och därmed ha en större motivation till att minska sin waterförbrukning. Waterbesparande åtgärder inom hushållen kan ses som en positiv åtgärd kopplad till klimatförändringar och tillhörande waterbrist, eftersom det innebär bättre resurshushållning.

Waterförsörjningen inom jordbruk kan påverkas snabbare och mer dramatiskt jämfört med waterförsörjningen till människor. Jordbruket förses ofta med water från egen brunn, och står därmed inför samma typer av risker som enskilda hushåll utanför det kommunala verksamhetsområdet. Eftersom klimateffekterna med avseende på tillgång till grundwater från små magasin väntas bli större längs kusten, kan jordbruk i kustnära områden väntas stå inför en större risk för waterbrist än jordbruk längre in i landet. Långvarig torka kan innebära ökat bevattningsbehov för att inte leda till uteblivna skördar, och vattnet måste tas någonstans ifrån. Havsvatten är inte möjligt att använda för bevattning och grundvattentillgångarna är ofta begränsade, i synnerhet längs kusten. Jordbruksverket lyfter i en rapport från 2018 fram att jordbrukarna måste ha en ökad uppmärksamhet på sitt waterbehov och se över förutsättningarna för wateruttag. Utmaningar de står inför är hur vattnet kan användas mer effektivt och om magasinering kan göras i högre grad för att spara water under den nederbördsrika delen av året för att kunna använda senare för bevattning, där magasinering i bevattningsdammar är en möjlig åtgärd⁴².

Klimatförändringarna kan väntas leda till större variationer i grundvattennivåer jämfört med idag, särskilt i de mindre magasinerna. Höga grundvattennivåer bedöms i sig inte medföra betydande kvalitetsförsämringar. Låga grundvattennivåer kan snarast innebära förbättrad waterkvalitet, eftersom den omättade zonen då ökar och bidrar

⁴¹ Länsstyrelsen Stockholm (2018) Regional waterförsörjningsplan för Stockholms län. Rapport 2018:24. Stockholm. Länsstyrelsen i Stockholm:

⁴² Jordbruksverket (2018) Jordbrukets behov av waterförsörjning. Rapport 2018:18.

positivt till avskiljningen av föroreningar som sprids vertikalt från markytan. Förändrad markanvändning främst inom jordbruket kan däremot leda till kvalitetsförändringar. Likaså kan ändrade strömningsriktningar i grundvattnet orsaka att föroreningar transporteras till vattentäkter, vilket kan väntas bli ett vanligare problem fram till år 2100.

På flera håll i Stockholms län kan det även uppstå nya konkurrenssituationer om vattnet, exempelvis mellan enskild vattenförsörjning och jordbrukets bevattningsbehov. För industrin behöver däremot inte klimatförändringarna få samma typ av konsekvenser. Här sker redan idag en omfattande återanvändning av vatten, och vattenbehovet i industrin väntas inte öka samtidigt med att vattenbehovet för enskilda och för jordbruket ökar. Semesterstängda industrier där produktionen delvis eller helt ligger nere, kan istället väntas ha ett mindre behov av vatten jämfört med övriga året.

2.4.3 SÅRBARHETSANALYS

Den allmänna dricksvattenförsörjningen väntas inte vara utsatt för någon direkt risk för vattenbrist, så länge Mälaren kan användas som huvudvattentäkt. Hot mot dricksvattenförsörjningen såsom algbloomningar, ökad brunifiering samt större kvalitetsvariationer kommer fordra förändringar i beredningsprocesser på de stora vattenverken, och flera vattenproducenter har redan påbörjat dessa förändringar.

För den enskilda vattenförsörjningen är det främst vattenbrist som kan ses som det största hotet och det gäller främst för brunnar som förses med vatten från små magasin. Uttag från brunnar med låga grundvattennivåer kan i vissa havsnära områden även leda till att saltvatten tränger in, vilket leder till att vattentäkterna blir obrukbara.

Jordbruk i kustnära områden väntas stå inför större risk för vattenbrist än jordbruk längre in i landet. Detta eftersom klimateffekterna med avseende på tillgång till grundvatten från små magasin väntas bli större längs kusten. För jordbruket fordras därför en ökad uppmärksamhet på vattenbehovet. Utmaningar som jordbruken står inför är kopplat till hur vattnet kan användas mer effektivt och om magasinering kan göras i högre grad för att spara vatten under den nederbördsrika delen av året. Detta skulle möjliggöra en högre motståndskraft för vattenbrist under den torrare perioden sommartid då ansamlat vatten kan användas för bevattning. Regleringar så som bevattningsförbud kan med ett förändrat klimat komma bli allt mer förekommande i framtiden som ett sätt att hantera sinade vattenförekomster.

Inom industrin sker redan idag en omfattande återanvändning av vatten och vattenbehovet i industrin väntas inte öka under torrperioder på samma sätt som behovet av dricksvatten ökar för enskilda och inom jordbruket i dessa perioder. Dock kan en konkurrenssituation uppstå beroende på hur stor minskningen av vattentillgången blir.

2.4.4 SLUTSATS

Vattenförsörjningen kommer att påverkas kännbart av klimatförändringarna fram till år 2100, såväl den allmänna vattenförsörjningen som den enskilda. För den allmänna vattenförsörjningen via Mälaren är negativ påverkan på vattenkvalitet den mest uppenbara risken, och beredningsprocesserna behöver anpassas utifrån detta.

För enskild vattenförsörjning, som ofta även utgör grunden för vattenförsörjning inom jordbruket, riskerar vattenbrist bli allt vanligare, och mest längs kusten. Nya konkurrenssituationer om vatten kan dock komma uppstå i framtiden inom länet. Detta gäller främst för områden där vattenförekomsten är begränsad och behovet är stort.

Generellt väntas klimatscenario RCP8,5 orsaka värre effekter än scenario RCP4,5. Vattenbesparande åtgärder och/eller magasinering kan ses som en positiv, om än framtvingad effekt kopplad till klimatförändringar, eftersom det innebär en bättre resurshushållning av vatten

2.5 BIOLOGISKA OCH EKOLOGISKA EFFEKTER

2.5.1 NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD

Stockholms län har en varierad natur med en mängd olika ekosystem och biotoper: skogar, sjöar, våtmarker, odlingslandskap och skärgård, som i sin tur delas in i ett flertal olika biotoper och naturtyper. Dessutom bör även en stor del stadsnära natur räknas in som livsmiljö för vissa arter, såsom grustäcker, infrastruktur och urbana grönytor. Utöver detta finns det skogar av olika ålder, artsammansättning och topografi, våtmarker och sjöar med olika näringshalt och djup, betesmarker som hargödslats eller inte gödslats. Alla dessa vilar på olika typer av jordmån som har varierande förmåga att hålla vatten.

Denna variationsrikedom av livsmiljöer skapar goda förutsättningar för biologisk mångfald och Stockholms län har en betydande artrikedom. Till exempel förekommer cirka hälften av Sveriges kärlväxter i länet. Tätheten av sjöfågel var för några årtionden sedan mycket hög i Stockholms skärgårdsmiljöer, med drygt 150 häckande fågelarter och ytterligare 70 rastande arter, vid olika lokaler i länet⁴³. Sedan 1990-talet har dock sjöfågelbeståndet minskat kraftigt.

Stockholms län är även hemvist för runt 1250 rödlistade arter⁴⁴, majoriteten hemmahörande i skog och odlingslandskap⁴⁵. I Stockholms län finns nationellt betydelsefulla sötvattensmiljöer, t.ex. Mälaren med kringliggande landskap, vilket är en av få lokaler i landet för t.ex. vattenväxten småsvalting. Brackvattenmiljön i området gör dessutom Stockholms skärgård unik.

Många miljöer i Stockholms län är, precis som i större delen av Svealand, brukade och påverkade på olika sätt. Dock finns det i Stockholms län, inte minst i Stockholms kranskommuner och andra tätorter, en betydande del natur med låg påverkan från industriellt och storskaligt skogs- eller jordbruk. Här finns även två nationalparker, en nationalstadspark och i skrivande stund 330 naturreservat (2021). Länsstyrelsen har ett särskilt ansvar för värdefulla naturområden, både naturreservat och Natura 2000-områden, dels att bevara dessa för framtida generationer, dels att förvalta och sköta många av dem. I ett förändrat klimat kan befintliga skötselplaner för naturreservat behöva revideras och klimatanpassas.

Den biologiska mångfalden minskar i Stockholms län, liksom i större delen av världen. Tolv procent av tidigare bofasta rödlistade arter bedöms ha försvunnit från länet (regionalt utdöda). I ett förändrat klimat kan naturtyper gå förlorade eller bli mer svårskötta, vilket i sin tur kan leda till att arter minskar i utbredning eller antal och därmed blir mer ovanliga. Antalet rödlistade arter kan därmed komma att öka i framtiden.

⁴³ Collinder P, Haglund A, Kloth J-H. Naturen i Stockholms län - en utflyktsguide. Uddevalla: Ekologigruppen AB Stockholm; 1994.

⁴⁴ <https://artfakta.se/rodlisan>

⁴⁵ Eide W, Ahrné K, Bjelke U, Nordström S, Ottosson E, Sandström J, m.fl. Tillstånd och trender för arter och deras livsmiljöer – rödlistade arter i Sverige 2020. SLU Artdatabanken rapporterar Nr 24. 2020. Uppsala: SLU; 2020.

Stockholms län berörs av cirka 70 pågående åtgärdsprogram för hotade arter, varav merparten av arterna finns på land och fyra berör arter i vatten. Det pågår även åtgärder för att förbättra förutsättningarna för vilda pollinatörer (t.ex. vildbin), inte bara från myndighetshåll utan även på initiativ av ideella föreningar såsom Naturskyddsföreningen. Under historisk tid har stora arealer våtmark dikats ut i landskapet. Nu pågår åtgärder för att återställa och restaurera våtmarker. Bland annat kan markägare ansöka om stöd hos Jordbruksverket för miljöinvesteringar som syftar till att stärka den biologiska mångfalden genom anläggning eller restaurering av våtmarker och dammar. Stöden handläggs hos Länsstyrelsen.

BIOLOGISK MÅNGFALD OCH HÅLLBAR UTVECKLING I STOCKHOLMS LÄN

Mycket kortfattat kan kopplingen mellan biologisk mångfald och hållbar utveckling sammanfattas enligt nedan:

- Arter interagerar med abiotiska element (icke levande materia såsom sand, sten och klippor). Arter, landskapet och relaterade processer utgör tillsammans ett ekosystem.
- Ekosystemen ger oss ekosystemtjänster. Vissa av dessa är fundamentala (exempelvis syreproduktion och klimatreglering), andra utgör "gratisarbete" som vi tar för givet (exempelvis pollinering, skadedjursreglering och vattenrening).
- Förändras artsammansättningen förändras systemet.
- Förändras systemet förändras flödet av ekosystemtjänster. Förändring eller förlust av ekosystemtjänster kan utgöra större eller mindre hot mot mänskliga samhällen.

Olika landskap, livsmiljöer, naturtyper, växt-, svamp- och djurarter och den genetiska variationen inom dem, det vill säga den biologiska mångfalden, utgör grunden i det system som producerar våra ekosystemtjänster. Den biologiska mångfalden säkerställer att de viktigaste funktionerna i ekosystemet förekommer i en variation av olika uppsättningar. Högre mångfald leder därmed till bättre förutsättningar att klara av förändringar, som annars skulle kunna slå ut viktiga delar av ett ekosystem. Högre biologisk mångfald leder alltså till att viktiga ekosystemtjänster bibehålls även i en framtida förändrad miljö. Mångfald gynnar därmed ekosystemens förmåga att stå emot störningar. Inte minst reglerande ekosystemtjänster gynnas av en hög biologisk mångfald⁴⁶.

Kunskapen kring vilka artgrupper som utgör de viktigaste delarna av ekosystemen i Stockholms län är dock bristfällig. Viss kunskap finns kring betydelsen av pollinatörer, som behövs för de ekosystemtjänster som är viktiga för hållbar utveckling. Kunskapen om ekosystemprocesser och nyckelarter i sötvatten och i Östersjön, som har kopplingar till hållbar utveckling, är också tämligen väl utvecklad. På länsnivå saknas dock kunskapsunderlag som förtydligar kopplingen mellan länets biologiska mångfald och hållbar utveckling.

⁴⁶ Bergström L, Borgström P, Smith HG, Bergek S, Caplat P, Casini M, m.fl. Klimatförändringar och biologisk mångfald - slutsatser från IPCC och IPBES i ett svenskt perspektiv. Klimatologi Nr 56 2020. SMHI och Naturvårdsverket. 2020.

2.5.2 PÅVERKAN PÅ BIOLOGISKA OCH EKOLOGISKA SYSTEM

Påverkan på den biologiska mångfalden av ett förändrat klimat är genomgripande. Både grundläggande biogeokemiska förutsättningar för arter långt ut i näringsväven (t.ex. nedbrytare, fotosyntetiserande alger och andra primärproducenter) såväl som nyckelarter mer centralt i näringsväven (t.ex. stora rovfiskar) påverkas parallellt.

Vegetationszoner, artsammansättningar och förhållanden mellan arter kommer att förändras vid ett förändrat klimat. De livsmiljöer som idag finns i länet kommer därmed att förändras. Extrema väderhändelser kommer att öka i frekvens och intensitet och utgöra ett hot, framförallt i terrestra och akvatiska system. Långa värmeböljor kommer förmodligen att leda till fler stora skogsbränder, kraftiga nog att slå ut lokalt viktiga livsmiljöer och populationer. Mindre sjöar kan då komma att värmas upp till skadliga nivåer, då de flesta arter i akvatiska system inte kan värmereglera. Många främmande invasiva arter kommer också att gynnas av klimatförändringarna och orsaka gradvis ökande skador på naturliga ekosystem, om kraftfulla åtgärder inte vidtas för att motverka deras introduktion och spridning.

Klimatförändringar har alltid påverkat ekosystem, historiskt såväl som idag. Jämfört med historiska uppvärmningar och avkylningar finns det dock tydliga skillnader, varav några är värda att betona:

- Tempot i klimatförändringarna är betydligt högre idag än tidigare och betydligt snabbare än vad merparten av växt- och djurarter hinner anpassa sig till.
- Större delen av jordens ekosystem är påverkade av olika mänskliga aktiviteter, inte minst av olika slags markanvändning. Den biologiska mångfalden minskar i rask takt i större delen av världen till följd av framförallt krympande utbud av livsmiljöer.
- Hotet mot den biologiska mångfalden från klimatförändringar samspelar med och accelererar redan befintliga hot (förlust av livsmiljöer, överfiske med mera) som driver förlust av biologisk mångfald.

Det går inte att med precision att förutsäga vilken påverkan klimatförändringarna kommer att ha på den biologiska mångfalden, men de kommer säkerligen att leda till ett stort antal konsekvenser fram till år 2100. Det finns mycket som talar för att ett varmare klimat med en högre frekvens av extrema väderhändelser kommer att leda till att redan befintliga problem accelererar, vilket leder till en ytterligare utarmning av den biologiska mångfalden och därmed övervägande negativa konsekvenser i ett större perspektiv.

Enligt en sammanställning från *Centrum för Biologisk Mångfald*⁴⁷, kan betydande förändringar förväntas redan från två graders ökning i global medeltemperatur. Förändringar kommer att bli störst i artrika ekosystem, med en hög grad av specialister, medan redan påverkade system kommer att påverkas i mindre omfattning⁴⁸. I Stockholms län finns en inte obetydlig mängd ekosystem som kan betraktas som artrika och i dessa kan därmed vissa arter med stor sannolikhet decimeras kraftigt och kanske försvinna helt från länet både i RCP4,5 och RCP8,5.

Klimatförändringens påverkan skiljer sig åt mellan olika delar av jordklotet. Arktiska /alpina regioner påverkas mest och i Sverige påverkas olika delar på olika sätt. Vad gäller Stockholms län är det troligt att arter som är vanliga längre söderut kommer att

⁴⁷ <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/centrum-for-biologisk-mangfald-cbm/>

⁴⁸ Lennartsson T, Simonsson L. Biologisk mångfald och klimatförändringar. Vad vet vi? Vad behöver vi veta? Vad kan vi göra? SLU, Centrum för Biologisk Mångfald, april 2007. Centrum för Biologisk Mångfald

bli vanligare även i Stockholms län år 2100 än vad de är i dag. Utifrån samma resonemang är det möjligt att vissa arter minskar av samma orsaker. Interaktioner mellan arter kommer att förändras med förändringar i artsammansättning som följd. Flyttfåglar kan anlända tidigare eller flytta senare, eller inte alls. Stannfåglar kan komma att klara sig bättre när vintrar blir mildare. Dessa förändringar förväntas slå igenom i både RCP4,5 och RCP8,5 och det är rimligt att anta att förändringarna kommer vara större i RCP8,5.

I länets limniska och mer marina miljöer kan höjda temperaturer och framförallt värmeböljor pekas ut som troliga hot mot den biologiska mångfalden. Stockholms län ligger på cirka 58° Nord (breddgrad) och för insjöarter på dessa breddgrader ligger maxtemperaturen för vad de klarar av mellan cirka 22–30 °C⁴⁹. I länet finns många mindre sjöar där mångfalden kan ta stor skada vid återkommande längre värmeböljor. Även här är det rimligt att anta att påverkan blir betydligt större i RCP8,5 än i RCP4,5.

I länet, speciellt i södra skärgården, finns många vikar med mjukbottnar som är viktiga uppväxtområden för fisk. Bottnarna i dessa områden är redan idag drabbade av syrebrist under år med högre temperaturer. Syrebrist i kustnära områden är kopplat till algbloomning i Östersjön, vilken antas förvärras i ett varmare klimat.

Förutsättningarna för stora skogsbränder förväntas öka i ett varmare klimat. Även dessa kan pekas ut som ett hot mot terrestra skogliga ekosystem. Skogsbränder är ett naturligt inslag i skogsekosystem och idag brinner det mindre än vad det skulle göra på naturlig väg. Vid naturliga skogsbränder överlever normalt de träd som har nått tillräckligt hög ålder. Men om bränderna är tillräckligt intensiva kan även dessa påverkas kraftigt. I Stockholms län, precis som i större delen av landet, är skogslandskapet påverkat på så sätt att många våtmarker har försvunnit, naturliknande skog är fläckvis utspridd och det finns inslag av tät planterad skog på torr utdikad mark. Skogsbränder i sådana landskap blir relativt sett kraftigare än i naturskogar med inslag av myrar och våtmarker och i värsta fall kan även de små fragment av olika livsmiljöer som finns kvar förstöras helt och hållet av bränder.

Båda klimatscenarierna visar på relativt stora förändringar gentemot idag. Speciellt med avseende på värmeböljor är det rimligt att tro att negativ påverkan på biologisk mångfald, oavsett hur denna kommer att se ut, kommer vara större i RCP8,5 än i RCP4,5. Särskilt stora effekter kan förväntas i små, grunda sjöar, vattendrag och marina ekosystem i skärgården.

2.5.3 SÄRBARHETSANALYS

Tillgång på livsmiljöer, arters möjligheter att sprida sig och god förvaltning av ekosystemen lyfts i olika kunskapssammanställningar fram som vägen framåt för att möta hoten från klimatförändringarna. Centrum för Biologisk Mångfald på SLU konkluderar att vi i dagsläget saknar kunskap om biologisk mångfald som är relevant i en klimatförändringskontext⁵⁰. I Stockholms län bedöms situationen se ut enligt nedan år 2100.

Livsmiljöer

Akvatiska system bedöms bli hårt drabbade i både RCP4,5 och RCP8,5. Tillgången på lämpliga yngelområden för fisk är begränsad, mycket på grund av att kustnära våtmarker, strandängar, vassområden, skyddade vikar och havsområden exploateras.

⁴⁹ Rijnsdorp AD, Peck MA, Engelhard GH, Möllmann C, Pinnegar JK. Resolving the effect of climate change on fish populations. ICES J Mar Sci. 01 augusti 2009;66(7):1570–83.

⁵⁰ Lennartsson T, Simonsson L. Biologisk mångfald och klimatförändringar. Vad vet vi? Vad behöver vi veta? Vad kan vi göra? SLU, Centrum för Biologisk Mångfald, april 2007. Centrum för Biologisk Mångfald

Då länets avrinningsområden är relativt små och ofta utdikade, leder detta till att vattendragen riskerar att torka ut vid längre värmeböljor, med allvarliga konsekvenser för den biologiska mångfalden som följd.

Ängs- och betesmarker och miljöer med hög artrikedom bland kärlväxter bedöms bli få och fläckvis utspridda över länet.

Arters spridningsmöjligheter

Spridningsmöjligheter varierar från art till art, men utifrån att arter ska kunna följa förändringar i vegetationszoner så finns begränsningar och spridningshinder för markbundna och vattenlevande arter inom länet av naturliga skäl. Stora delar av Stockholms län är naturligt fragmenterade av vatten med vandringshinder såsom dammar, och ytterligare av bebyggd miljö och infrastruktur. Av naturliga skäl är spridningsmöjligheterna i skärgårdsmiljö begränsade för terrestra arter, men begränsningar finns även generellt i nord-sydlig riktning där Stockholms stad utgör en betydande barriär.

Funktionell redundans (mångfald vad gäller systemfunktioner)

Vad gäller funktionell redundans, det vill säga att flera olika delar av de naturliga systemen har samma eller liknande funktioner, är kunskapen begränsad. Inte bara vad gäller redundansen, utan även vilka funktionella grupper som behöver redundans, vilka de funktionella grupperna är, vilka arter som ingår i dem och vilka ekosystemtjänster som är beroende av dessa grupper. System med mångfald (t.ex. många olika arter) är generellt mer resilienta än system utan mångfald. Redundans ger en form av försäkring i ett system genom att låta vissa delar kompensera för förlusten av, eller brister hos andra. Mångfalden är ännu mer värdefull om beståndsdelarna reagerar olika på förändringar och störningar (responsdiversitet).

Idag inriktas naturvårdsmedel framför allt mot områdesskydd och skydd av arter som av olika skäl håller på att dö ut, men ur ett klimatförändringsperspektiv är detta inte en garanti för att ekosystem kan bibehålla sina vitala funktioner och fortsätta leverera önskvärda ekosystemtjänster, om inte större intakta ekosystem skyddas i sin helhet.

Ekosystembaserad förvaltning

Vad gäller ekosystembaserad förvaltning⁵¹, eller landskapsplanering, behöver både kunskapsluckor och juridiska förutsättningar utredas. För att förvaltning ska kunna ske på ekosystemens villkor, behöver berörda ekosystems egenskaper kvantifieras och övervakas. Stödet från regional nivå inom kommunal planering skulle sannolikt behöva utökas och förtydligas och det är inte orimligt att anta att viss typ av markanvändning skulle behöva regleras på nya sätt. I slutändan handlar det om att omorganisera mänsklig aktivitet så att den håller sig inom ramen för naturens bärkraft och på så vis minimera risker för ekologisk och ekonomisk kollaps.

2.5.4 SLUTSATS

Den generella problematiken kring biologisk mångfald och klimatförändringarna handlar om att 1) livsmiljöer kommer att försvinna och i många fall är det redan brist på dem och 2) extrema väderhändelser kommer innebära att populationer minskar kraftigt vid enstaka tillfällen och/eller att mindre ekosystem slås ut helt. Dessa förändringar går sannolikt snabbare än skapandet av nya livsmiljöer och inflödet av andra ursprungliga arter. Kopplingen till hållbar utveckling består i att artrika system försäkrar våra ekosystemtjänster och i längden vår ekonomi och vårt välfärdssamhälle.

⁵¹ Se t.ex. <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2020-08-10-ny-rapport-samlar-erfarenheter-av-ekosystembaserad-forvaltning-i-sverige.html>

Effekterna av RCP4,5 eller RCP8,5 på biologisk mångfald kommer sannolikt att bli tydligast i länets många akvatiska miljöer, främst mindre sjöar och vattendrag. Arterna i dessa miljöer har låg anpassningsförmåga och kan i princip inte sprida sig till nya livsmiljöer. Även i marina ekosystem förväntas situationen med syrefria bottenar och höga vattentemperaturer leda till att mosaiken av livsmiljöer kommer att förändras så att vissa typer minskar i utbredning medan andra ökar.

Trots att det finns betydande volymer kunskap från forskning och tillämpning kring våra svenska ekosystem, är kunskapsluckorna betydande vad gäller ekosystemtjänster, funktionella grupper och funktionell redundans i de flesta ekosystem. Befintliga miljöövervakningsprogram är heller inte utformade för att stödja ekosystembaserad förvaltning.

2.6 LIVSMEDELSPRODUKTION

Följande stycke handlar om påverkan på inhemsk och internationell livsmedelsproduktion och handel.

2.6.1 NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD

För att säkerställa en säker och hälsosam livsmedelsproduktion krävs en fungerande primärproduktion såsom lantbruk, fiske och djurhållning. För att säkerställa hela livsmedelssystemet krävs också fungerande förädling, transporter, handel och kontroller med mera. Särskilt Stockholms län är beroende av ett fungerande livsmedelssystem i hela Sverige och import av livsmedel från andra länder⁵². Orsaken till detta är att nästan en fjärdedel av Sveriges befolkning lever i länet men här finns knappt tre procent av landets åkermark och tre procent av de svenska jordbruksföretagen.

Importen består delvis av produkter vi inte kan producera i Sverige, men även andelen importerat kött och mejeriprodukter ökar. Stockholms län är inte självförsörjande inom någon kategori livsmedel. Beroendet av transporter, fungerande infrastruktur och insatsvaror i produktionen bidrar ytterligare till länets sårbarhet. Sverige har idag inga lager med livsmedel eller kemikalier för dricksvattenproduktion⁵³.

Samtidigt som primärproduktionen är förhållandevis låg i jämförelse med konsumtionen i länet arbetar mer än 80 000 invånare i någon del av livsmedelskedjan – inom primärproduktion, livsmedelsförädling, handel eller offentliga kök och restaurang. Tillväxten i livsmedelssektorn är god, de senaste åren har både sysselsättningen och antalet små- och medelstora livsmedelsföretag ökat mest i hela landet. Den offentliga konsumtionen av livsmedel i länet har idag ett värde av omkring 2 miljarder kronor per år. Omsättningen från primärproduktion av livsmedel i länet ökade med hela 30,3 procent under åren 2012–2016, jämfört med en ökning på 4,8 procent i landet som helhet. Merparten av denna omsättningsökning finns inom grönsaksproduktionen, som vuxit markant i länet på senare år. Spannmål och grönsaker (på friland och i växthus) är nu de viktigaste grödorna i länet, sett till både omsättning och sysselsättning.

I takt med länets snabba befolkningsökning är konkurrensen om marken stor, och i vissa områden är jordbruksmarken utsatt för ett ökat exploateringsstryck. Under perioden 2011–2015 exploaterades 130 hektar jordbruksmark i Stockholms län⁵⁴.

⁵² PVC Sverige (2019) <https://www.pwc.se/sv/hallbar-utveckling/klimatforandring.html>

⁵³ Länsstyrelsen Stockholm (2018) Underlag till Stockholms läns livsmedelsstrategi, Nulägesanalys.

⁵⁴ Exploatering av jordbruksmark 2011–2015, Rapport 2017:5, Jordbruksverket.

Fisket i länet är mycket begränsat. Antalet yrkesfiskare i Stockholms län har minskat kraftigt de senaste årtiondena och idag finns endast ett 30-tal licensierade yrkesfiskare i länet. Fiske bedrivs idag i Mälaren där det förekommer ett långsiktigt hållbart (MSC-certifierat) fiske. Fiske bedrivs även i viss mån längs ostkusten. Under senare år har det dock noterats stora nedgångar i kustfiskbestånden. Framförallt tillskrivs övergödning, överfiske och i viss mån klimatförändringar, som orsaker.

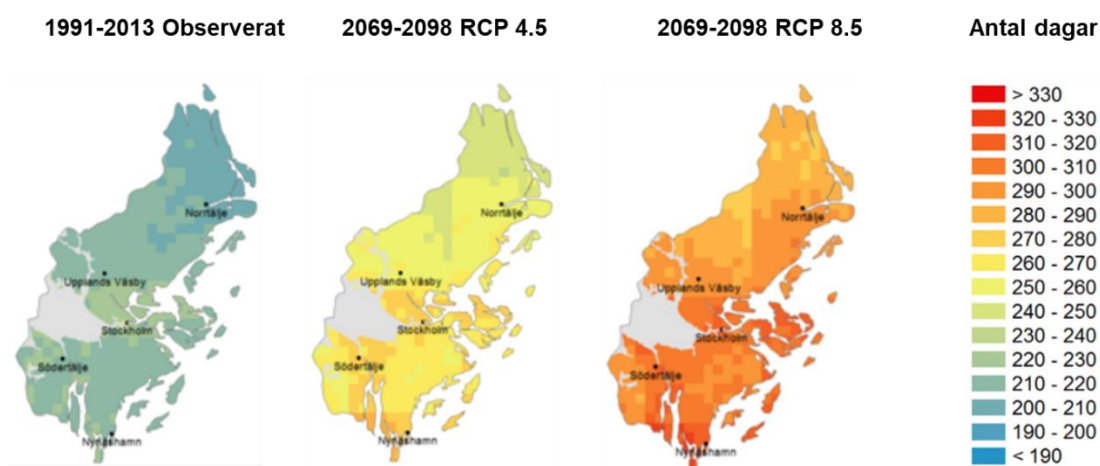
Klimatförändringarna har en direkt påverkan på livsmedelsproduktionen genom att jordbruket inklusive djurhållning och fiske tillhör de samhällssektorer som kommer att påverkas kraftigt. De klimatförändringar som har störst påverkan inom dessa områden är en ökad medeltemperatur samt högre men mer ojämnt fördelad nederbörd.

NEDERBÖRD

Årsmedelnedbörden kommer att öka i Stockholms län. Ökningen är störst i RCP8,5, upp mot 30 % till slutet av seklet, medan RCP4,5 har en ökning på knappt 20 procent. Störst ökning kommer att ske under vinter och vår. Risken för kraftig nederbörd, som skyfall, kan öka med så mycket som 30 procent. Maximal dygnsnederbörd kan öka med 20–30 procent och 1-timmesnederbörden med upp till 30 procent. Tillgången på vatten förväntas öka under vintern medan de höga temperaturerna under sommaren kan leda till torka. Detta ställer högre krav på jordbrukets vattenanläggningar och behovet av att reglera vattentillgången. De ökade vattenflödena kan även innebära ökade läckage av växtnäring och växtskyddsmedel.

VEGETATIONSPERIOD/VÄXTSÄSONG

Temperaturen i Stockholms län väntas öka med +3 °C enligt RCP4,5, och +5 °C enligt RCP8,5 (Figur 2). Klimatscenarierna visar tydligt att vegetationsperioden blir längre i och med detta. Fram mot slutet av århundrandet visar RCP4,5 på en ökning med cirka 60 dagar. Temperaturen i scenario RCP8,5 är lite varmare än RCP4,5 under våren och hösten och detta syns tydligt på vegetationsperioden. Mellan de två scenarierna skiljer det ungefär 40 dagar, det vill säga RCP8,5 ger en ökning på omkring 100 dagar till slutet av seklet. Detta scenario betyder att vegetationsperioden mot slutet av seklet kommer täcka in mer än fyra femtedelar av året. I Stockholms län kan vegetationsperioden i framtiden börja redan i februari.



Figur 2. Längden på vegetationsperioden definierad som skillnaden mellan sluttidpunkt och starttidpunkt. Starttidpunkt är första dagen på året i en sammanhängande fyradagarsperiod då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5 °C. Sluttidpunkt är sista dagen i årets sista fyradagarsperiod med dygnsmedeltemperatur över 5 °C. Observerade historiska värden samt framtida utveckling enligt scenario RCP4,5 och 8,5. Källa: SMHI.

I kombination med högre luftfuktighet förväntas höjda temperaturer medföra ett ökat antal smittbärande insekter och andra skadegörare, betesparasiter, ogrästillväxt, förskjutningar med otakt mellan blomningsperioder och pollinerare, samt svårigheter att bruka och skörda blöta marker.

2.6.2 PÅVERKAN PÅ INHEMSK OCH INTERNATIONELL LIVSMEDELSPRODUKTION OCH HANDEL

Konsekvenserna av högre medeltemperaturer och ökad nederbörd samt större variationer mellan olika regioner kommer att innebära stora utmaningar. Prognoserna innehåller dock osäkerheter, vilket gör det svårt att ta höjd för de olika scenarierna. Då RCP4,5 antas ge större skördar och en måttlig befolkningsökning globalt blir arealbehovet för jordbruksproduktionen mindre än i scenariot RCP8,5. I en utveckling mot RCP8,5 förväntas ökade anspråk på jordbruks- och betesmarker då världens befolkning ökar betydligt.

Ett varmare klimat medför dels en förlängd växtsäsong i delar av Sverige. Temperaturförändringarna skapar även en större variation i nederbörd, vilket leder till både torka och översvämningar. Andra direkta effekter handlar om ökad förekomst av skadedjur, ökad salinitet till följd av stigningar i havsnivån samt direkt påverkan på grödor till följd av högre koldioxidhalt.

EFFEKTER PÅ SKÖRDAR

Under den stora värmeböljan 2018 påverkades odlingar på flera håll i Sverige, främst genom vattenbrist. Samtidigt var torkan utbredd över hela den europeiska kontinenten, vilket gjorde att priset på grönsaker ökade och många bönder i Sverige kunde få bättre betalt⁵⁵. Det svenska jordbrukets motståndskraft mot den här typen av väderhändelser påverkas alltså i stor utsträckning även av hur andra länder drabbas, vilket exempelvis avgör hur väl investeringar i skyddsåtgärder kan bära sig ekonomiskt.

Det är framförallt i sydöstra Sverige och Stockholms skärgård, som riskerna med vattenbrist bedöms som svåra⁵⁶. Hur jordbruket klarar av att möta de olika klimatscenierna beror alltså i hög grad på hur vattentillgången kan säkras. Avsaltning är en välutvecklad och mogen metod, som dock hittills haft begränsad användning för bevattning inom jordbruket. Ett undantag är östra Gotland, där Bräckvattenverket i Herrvik förser lantbrukarna med avsaltat havsvatten, något som skapade goda skördar under det varma året 2018. Samtidigt finns stora driftmässiga utmaningar med avsaltningen kopplat till algblomning och igensättningar, något som väntas öka med högre havstemperaturer, särskilt enligt RCP8,5. Andra alternativ till avsaltning är återanvändning av avloppsvatten och magasinering, två tekniker som används i Sverige sedan 80-talet men i liten skala⁵⁷. Användningen är betydligt mer utbredd i andra länder och passar särskilt väl till jordbruk snarare än för att framställa dricksvatten för människor.

En källa till sårbarhet är att de grödor som odlas idag, liksom att jordbruksmetoderna, är anpassade till det befintliga klimatet. De dominerande grödorna i Mälardalen är i stort sett samma som i övriga Sverige, men till skillnad från andra odlingsområden är klimatet kallare och torrare och jorden domineras av lera som i många fall är strukturskällig. I synnerhet vid klimatsceni RCP8,5 kan avkastningen på skördarna

⁵⁵ Jennifer, W., Sköld, N. P., Hammar, S., Grahn, L., & Ruderfelt, L. (2020). Torka och Vattenbrist- Identifiering och prioritering av förebyggande åtgärder för att hantera torka och vattenbrist.

⁵⁶ Miljö- och utrikesutskottet (2020). *Lantbrukets sårbarhet - en uppföljning*. Rapport från riksdagen 2020/21:RFR7. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/rapport-fran-riksdagen/landbrukets-sarbarhet---en-uppfoljning_H80WRF7

⁵⁷ http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk_93-01_Del1.pdf

påverkas negativt om anpassning inte sker. Med nya grödor kommer ofta fler och nya skadedjur, vilket påverkar avkastningen negativt.

Markbördighet, definierat som markens förmåga att ge höga och säkra skördar med normal odlingsteknik år efter år, förutsätter att kemiska, fysikaliska och biologiska faktorer kan samverka och är i balans. En av de viktigaste förutsättningarna för markbördighet är ett gott växtnäringsutnyttjande, något som bland annat styrs av koldioxidhalten, men även av proportionerna av näringsämnen och vatten. Här antas koldioxidens gödningsseffekt öka och bidra positivt till skördarna fram till 2100 i båda klimatscenarier, särskilt då klimatet är torrt i Mälardalen, vilket visat sig vara det klimat där koldioxidgödning har störst effekt⁵⁸. Denna effekt är dock begränsad och överskuggas av andra faktorer som exempelvis val av jordbruksmetod.

Förändringar i temperatur och nederbörd kommer även att påverka markbördigheten, det vill säga sammansättningen av kemiska, fysikaliska och biologiska faktorer som behöver vara i balans. Ur ett globalt perspektiv blir nettoeffekten för Sverige att markarealen som lämpar sig för odling kommer att öka som en konsekvens av mildare och kortare vintrar.

EFFEKTER PÅ DJURHÅLLNING

När det gäller djurhållning kan ett varmare klimat leda till ökat dricksvattenbehov och värmestress. Dricksvattenintaget anses öka först när medeltemperaturen stiger över 25 °C, för att öka drastiskt från 27 °C. Varken RCP4,5 eller RCP8,5 väntas medföra så höga temperaturökningar⁵⁹. Dock kan dessa temperaturer uppträda tillfälligt och allt oftare i ett framtida klimat enligt båda scenarierna.

Värmestress leder enligt studier till minskad produktion inom alla produktionsgrenar och hanteras redan idag i både mjölk-, gris- och fågelproduktionen i Sverige. Hanteringen kan ofta ske genom åtgärder som inte involverar vattenförbrukning, men för mjölkproduktionen väntas värmestress medföra en ökad årlig vattenförbrukning på 2,5 kubikmeter per djur, enligt en översiktlig bedömning från Jordbruksverket⁶⁰.

Trots att prognoserna i båda klimatscenarier tyder på ett oförändrat vattenbehov kommer vattenförsörjningen bli en stor utmaning för djurhållningen genom att tillgången på dricksvatten minskar. Särskilt de kustnära jordbruken kan drabbas hårt, eftersom tillgången till grundvatten är sämre. Även kvaliteten på dricksvattnet väntas bli sämre, vilket ytterligare förstärker problemet med vattenbrist.

EFFEKTER PÅ VATTENBRUK

Klimatförändringarna kommer att påverka verksamheten för såväl fiskare som fiskodlare i Sverige. Tillgången på fisk i Östersjön väntas bli mer osäker när fiskarnas livsmiljöer förändras. Fiskar är växelvarma och är anpassade till omgivningens temperatur och salthalt. De har därför en begränsad geografisk spridning och blir också mer sårbara för förändringar i omgivningen.

Även anläggningar för vattenbruk påverkas, även om volymen i Sverige ännu är begränsad, inte minst i jämförelse med Norge, varifrån merparten av fisken importeras. Under 2019 uppgick produktionen inom svenska vattenbruk till cirka 10 000 ton, vilket kan jämföras med en årlig produktionsvolym i Norge på cirka 1,3 miljoner ton. I Sverige odlas främst regnbåge som kräver kallare vatten.

⁵⁸ Konjunkturrådets rapport 2020. Svensk politik för globalt klimat.

<https://snsse.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2020/02/konjunkturradets-rapport-2020-svensk-politik-for-globalt-klimat.pdf>

⁵⁹ Jordbruksverket, Rapport 2018:18.

⁶⁰ Ibid.

Ett varmare klimat med varmare havsvatten kan inverka negativt på förutsättningarna för odling av dessa arter. Vid högre temperaturer ökar även risken för sjukdomar och parasiter. Försurning av havsvattnet gör det svårare för musslor och ostron att lagra kalk.

Under de närmaste årtiondena kommer stigande havsnivåer att öka saliniteten uppströms och därigenom påverka vattenbruken negativt. Denna effekt skiljer sig åt mellan olika delar av landet. IPCC:s bedömning är att havsnivån globalt kan komma att stiga med drygt en meter fram till år 2100 för RCP8,5. I Stockholmstrakten är landhöjningen cirka 5 millimeter per år, vilket fortfarande är större än den genomsnittliga årliga ökningen för havsnivåhöjningen, som var 3,6 millimeter per år för perioden 2006–2015. Enligt beräkningar från SMHI kan det dröja till 2050 innan det sker en nettohöjning av havsnivån i Stockholm. Med hänvisning till dessa beräkningar och utifrån IPCC:s uppdateringar från 2019 skulle det i så fall innebära en relativ ökning av havsnivån i Stockholm med cirka en halvmeter till 2100 i det högsta utsläppsscenarioet. Värst drabbas Skåne, med en landhöjning på endast 1 millimeter per år. En stor del av fisken odlas dock i norra Sverige, särskilt Bottenviken, där landhöjningen är högre.

Effekten av ökad salinitet är således främst begränsad till södra delarna av Sverige. Samtidigt kan ökad avrinning till följd av ökad nederbörd påverka salthalten i Östersjön och Bottniska viken. Detta minskar saliniteten i Östersjön, vilket påverkar fiskens livsmiljö negativt. Sammanfattningsvis bedöms vattenbruket ha gynnsamma förutsättningar att växa då Sverige har stora vatten- och markarealer, men detta förutsätter att vattenkvaliteten säkras, där nya tekniker inom inte minst landbaserad fiskodling kan bidra positivt.

2.6.3 SÅRBARHETSANALYS

Stockholms län är idag sårbart genom beroendet av livsmedel från andra delar av landet och andra länder. Stockholms län är inte självförsörjande inom någon kategori livsmedel. Beroendet av transporter, fungerande infrastruktur och insatsvaror i produktionen bidrar ytterligare till länets sårbarhet.

Klimatförändringarna har en direkt påverkan på primärproduktionen genom att jordbruket, djurhållning och fiske tillhör några av de samhällsektorer som kommer att påverkas kraftigt. Främst är det en ökad medeltemperatur samt högre men mer ojämnt fördelad nederbörd som har störst påverkan inom dessa områden. Dessa orsakar i sin tur ett ökat antal smittbärande insekter och andra skadegörare, betesparasiter och ogrästtillväxt. En ytterligare källa till sårbarhet är att de grödor som odlas idag, liksom jordbruksmetoderna, är anpassade till det befintliga klimatet.

En positiv effekt av högre temperaturer är en förlängd växtsäsong i delar av Sverige runt år 2100. Samtidigt skapar temperaturförändringarna större variation i nederbörden vilket leder till såväl översvämningar som torka och vattenbrist. Detta är ett hot mot växtproduktionen, särskilt i de kustnära jordbruken eftersom tillgången till grundvatten är sämre. En ökad sårbarhet kan också ses inom animalieproduktionen. Vattenförsörjningen blir en stor utmaning för djurhållningen genom att såväl tillgången som kvaliteten på dricksvatten minskar.

2.6.4 SLUTSATS

Klimatförändringarna innebär långsiktigt stora utmaningar för primärproduktionen i Sverige och världen, och därmed för Stockholms län som importerar största delen av alla livsmedel.

Trots en längre vegetationssäsong med möjlighet till större avkastning utgör vattenbristen ett överhängande hot mot såväl växt- som animalieproduktion.

Effekterna av ett varmare klimat kommer kräva stora investeringar i skyddsåtgärder, inte minst i syfte att säkra tillgången på färskvatten. Avsaltning, utökad magasinering och återanvändning av avloppsvatten är olika tekniker som kan öka motståndskraften i livsmedelsproduktionen, särskilt i kustnära delar av landet där vattenbristen bedöms bli allvarligare än i andra områden.

I vissa delar av landet, exempelvis i Saltsjön/Stockholms skärgård, men även i andra delar av Östersjön, väntas algbloomningen utgöra ett växande problem och kommer bland annat medföra driftmässiga utmaningar för avsaltningsanläggningar.

Kostnaden för nödvändiga skydds- och anpassningsåtgärder kan delvis vägas upp av att klimatförändringarna väntas få än större effekter i andra länder, något som i sin tur driver upp priset på jordbruksprodukter.

En del produktionsmetoder och grödor kommer att behöva anpassas eller ersättas, vilket ger upphov till ökad förekomst av nya skadedjur. Detta påverkar växtodlingen, men även djurhållningen indirekt genom kostnader förknippade med foderproduktionen.

Cirkulära odlingstekniker och landbaserad fiskodling kan minska beroendet av markbördighet och färskvatten, och därmed öka tryggheten i produktionen i ett förändrat klimat.

Både scenarierna RCP4,5 och RCP8,5 ger likartade effekter på sårbarheten. Det är inte möjligt att exakt säga hur stora skillnaderna blir. Det är rimligt att anta att scenario 8,5 ger betydligt större negativa konsekvenser då detta ger större effekt på ökad medeltemperatur samt högre men mer ojämnt fördelad nederbörd.

2.7 SKADEGÖRARE, SJUKDOMAR OCH INVASIVA ARTER

2.7.1 NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD

SJUKDOMAR

Bland de infektionssjukdomar som uppvisar de högsta riskerna kopplat till klimatförändringar nämns främst befintliga vektorburna⁶¹ sjukdomar som sprids via fästingar, framför allt *TBE* och *borrelia* hos människor, samt *babesios* och *anaplasmos* hos djur. Uppskattningsvis insjuknar redan idag runt 10 000 personer varje år i *borrelia* och denna sjukdom bedöms innebära en mycket hög risk kopplat till klimatförändringar.

Badsårsfeber, orsakat av vibriobakterier, är relativt ovanligt idag, men klassas också som en högrisksjukdom kopplat till varmare vattentemperaturer. Överlag är det mycket få sjukdomar och smittämnen som bedöms *tillkomma* på grund av ett förändrat klimat, utan det handlar om att befintliga sjukdomar, som idag är ganska ovanliga, kan bli vanligare. Möjligen kan det ske en ökning av importsmitta på grund av ett ökat globalt smittotryck. Till stor del bedöms sjukdomar kopplade till kontaminering av dricksvatten och brutna kylkedjor i transport och förvaring av livsmedel, som redan idag förekommer med jämna mellanrum, öka i omfattning. Sådana utbrott kan knytas till ökade temperaturer och extrema nederbördsmängder.

⁶¹ En organism som är smittbärare men inte själv framkallar sjukdomsförloppet.

SKADEDJUR

Begreppet "skadedjur" innefattar egentligen allt som är "djur" och som vi på något sätt tycker illa om. Ofta handlar det om mindre djur, framför allt olika typer av insekter, men även olika gnagare benämns ofta som skadedjur. Även klövvilt, framförallt älg och vildsvin, diskuteras allt oftare i termer av skadedjur kopplat till skogs- och jordbruk eller villaägare (trädgårdsinnehavare). Situationen med vildsvin och villaägare samt jordbruk har på senare år uppmärksammats i flera kommuner i Stockholms län. Ibland räknas bekämpning av mögel- och svampangrepp till det bredare begreppet "skadedjursbekämpning" trots att dessa varken taxonomiskt eller semantiskt betraktas som djur.

I denna rapport hanteras endast skadedjur inom skogsbruk och jordbruk. Klimatförändringarnas potentiella effekter på skadedjur är dock något som uppmärksammats av flera branscher utan gemensamma nämnare, till exempel. kulturmiljövård och konservering av museiföremål, skadedjur i hemmiljö, restaurang och livsmedel, försäkrings-branschen med flera.

Skadedjur kan tänkas förekomma överallt där de lokala förhållandena sammanstrålar som gynnsamma inom artens (skadedjurets) globala utbredningsområde. I många fall finns skadedjuren överallt, men blir inte skadedjur förrän antalet individer plötsligt exploderar i antal under vissa perioder och belastningen på något system (till exempel ett skogsskifte) blir väldigt högt med negativa ekonomiska konsekvenser som följd.

Vad gäller den vanligaste gruppen skadedjur – insekter, sker dessa explosioner i populationstillväxt typiskt i cykliska intervaller där antalet individer ökar exponentiellt, konsumerar allt i sin väg för att sedan minska lika snabbt till följd av svält. Förutsättningarna för dessa utbrott byggs normalt upp under längre tid, under vilken populationen hålls under kontroll via faktorer som predation, temperatur och växtsäsong (vilken även i ett stabilt klimat kan variera mellan år) samt tillgång på föda.

Den cykliska dynamiken med kraftiga svängningar i populationsstorlek förekommer i naturliga såväl som påverkade ekosystem. Skillnaden är dock att i artrika ekosystem med hög naturlighet begränsas dessa utbrott på naturlig väg genom att skadedjuren äts upp av flera andra olika arter och tillgång på föda är oerhört mycket mer begränsad och svårtillgänglig i ett variationsrikt heterogent ekosystem jämfört med våra anlagda monokulturer av skogs- och jordbruksgrödor. I våra brukade landskap är antalet och tätheten av naturliga skadedjurspredatorer betydligt lägre än i naturliga system.

För att förstå förutsättningarna för skadedjur i ett avgränsat geografiskt område, till exempel Stockholms län, behöver man därför väga in landskapets heterogenitet, skadedjurens föda (vår ekonomigröda av intresse) och tätheten av arter som kan reglera skadedjurens populationstillväxt (ekosystemtjänsten "skadedjursreglering").

I Stockholm förekommer olika typer av naturbruk och även fler tänkbara intressenter med avseende på skadedjur, till exempel ett stort antal villaägare och företag som äger och driver golfbanor och friluftsanläggningar. De effekter som beskrivs vidare i denna rapport kan därmed tänkas i stort vara relevanta för Stockholms län.

INVASIVA ARTER

Artdatabanken⁶² publicerade 2018 en riskbedömning av olika arters invasionspotential⁶³ vad gäller både etablerade arter och arter som skulle kunna etablera sig ("dörrknackare"). I den rapporten bedöms 877 av totalt 5026 bedömda

⁶² www.artdatabanken.se

⁶³ Strand M, Aronsson M, Svensson M. Klassificering av främmande arters effekter på biologisk mångfald i Sverige - Artdatabankens risklista. Artdatabanken rapporterar 21. Uppsala: Artdatabanken SLU; 2018.

arter ge något slags riskutfall. Bland dessa 877 arter är 677 redan etablerade och ytterligare 200 bedöms kunna etablera sig i Sverige till följd av ett förändrat klimat. Av de riskbedömda arterna bedöms 130 utgöra hög risk och 127 mycket hög risk för skador på inhemska arter och ekosystem.

Bland växter och svampar sticker alger och svampar ut som artgrupper med stor proportion arter klassade till hög- och mycket hög risk. Bland djur framstår marina evertebrater⁶⁴, fåglar, grod- och kräldjur, fiskar, däggdjur och framförallt limniska evertebrater som artgrupper med stor proportion hög- och mycket hög risk.

I Stockholms län möts flera olika typer av ekosystem. Därmed ökar också risken för att främmande arter får fäste någonstans i länet och möjligen utvecklas till invasiva arter. De senaste tio åren har 14 invasiva arter rapporterats till artportalen i Stockholms län. Bland dessa märks bland annat tvättbjörn, nilgås och östlig gråekorre, som i Artdatabanken klassas som dörrknackare med mycket hög risk. De flesta inrapporterade arter betraktas dock som etablerade och utgörs till övervägande del av högriskarterna gul skunkkalla (sjöstränder, sumpskogar) och smal vattenpest (sötvatten, brackvatten) samt jättebalsamin och jätteloka.

2.7.2 PÅVERKAN PÅ MÄNNISKOR, DJUR OCH VÄXTER

SJUKDOMAR

Skadedjur och smittsamma sjukdomar, både för djur och människor, är tätt sammanflätade med förändringar i artsammansättning och ekosystem samt handels- och resmönster. Detta gör det också svårt att skilja klimatförändringens effekter från effekter från ökat resande och handel, men en allmän riskhöjning framstår som trolig⁶⁵. Denna bedömning är generell, men gäller även Stockholms län.

Många smittämnen sprids indirekt via livsmedel, vatten, eller vektorer såsom myggor och gnagare. Förändringar i både vattensystem och bland vektorer är att vänta till följd av klimatförändringar. Smittsamma sjukdomar kan spridas inom en art eller mellan arter och många sjukdomar som sprids mellan arter är även zoonoser, alltså sjukdomar som kan gå mellan djur och människa.

Ett förändrat klimat med högre frekvens av extremväder såsom torka och kraftig nederbörd kommer innebära fler och allvarigare påfrestningar på dricksvattenresurser. Vattenburen smitta, speciellt med avseende på parasitära protozoer⁶⁶ har pekats ut av världshälsoorganisationen (WHO) som en allvarlig hälsorisk kopplat till vattenförsörjning i utvecklade länder, och är sannolikt en relevant risk för Stockholms län. År 2010 skedde ett utbrott av *Cryptosporidium* i Östersund, och denna parasit antas leda till fler sjukdomsfall framöver. I det fallet var utbrottet sannolikt kopplat till avloppspåverkan på dricksvattnet, vilket kan antas bli vanligare i ett klimat med extrema nederbördsmängder vilket kan leda till att till exempel pumpstationer svämjar över eller drabbas av strömavbrott.

Stigande temperaturer förväntas leda till fler sjukdomsfall kopplade till livsmedel. Långa transporter av livsmedel kan till exempel leda till brutna kylkedjor. Salmonella och möjligen legionella är sjukdomar som förväntas öka med stigande temperaturer. Detta är troligen relevant för Stockholms län, liksom för resten av landet.

⁶⁴ Rygggradslösa djur.

⁶⁵ Carlson J, Holm LE, Engvall A. Smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat. Redovisning av ett myndighetsuppdrag. Smittskyddsinstitutet, Socialstyrelsen och Statens veterinärmedicinska anstalt. 2011. ISBN: 978-91-86585-99-0. 2011.

⁶⁶ Samlingsnamn för diverse olika encelliga organismer.

Stora förändringar rörande vektorer för smittsamma sjukdomar med avseende på både djur och människor är att vänta till följd av ett förändrat klimat. Vektorburna sjukdomar hos både människa och djur pekas också ut som högrisksjukdomar i en syntesrapport sammanställd av svenska myndigheter⁶⁷. Olika arter flugor, som i många fall utgör vektorer för smittspridning, förväntas öka i stor skala med stigande temperaturer. Insekter (vilket många vektorer är) gynnas i många fall av högre temperaturer genom att aktivitetssäsongen förlängs, tid för utveckling från ägg – larv – fullvuxen insekt minskar, och insekter blir också mer aktiva och då kan antas bita fler människor då deras ämnesomsättning ökar med stigande temperaturer. Smittämnen i insektsvektorer kan även få ökad replikationstakt i ett varmare klimat.

I Sverige finns 16 inhemska stickmyggarter som i andra länder redan är, eller misstänks vara kompetenta vektorer för överföring av WNFV (West Nile Fever) mellan fåglar – fåglar eller fåglar - människa och häst. Två av våra allmänt spridda vanligaste myggarter (*Culex pipiens* och *Coquilleltidia richiardi*) anses vara de viktigaste vektorerna för denna smitta vid tidigare utbrott i andra länder.

Insekter kan missgynnas av extrema väderhändelser och då sådana förväntas öka i frekvens och omfattning med stigande temperatur är det osäkert om RCP8,5 utgör en större risk än RCP4,5 i detta avseende. RCP8,5 kan antas innebära fler extrema väderhändelser som potentiellt missgynnar smittbärande vektorer, men också fler tillfällen som gynnar sjukdomsutbrott kopplade till vattenresurser, samt allmänt förbättrade livsbetingelser för många arter insekter.

Utöver insekter (främst myggor, fästingar och flugor) pekas även gnagare och fladdermöss ut som vektorer där mer kunskap behövs. Kunskapen kring vektorer och reservoarer i Sverige är begränsad.

I många fall handlar klimatförändringars effekter på smittsamma sjukdomar om att omfattningen av befintliga problem ökar, t.ex. att säsongen för fästingburen smitta blir längre, men troligen kommer nya sjukdomar etablera sig i Stockholms län via vektorer som idag är harmlösa eller inte etablerade i Sverige och Stockholms län. Hos djur pekas framförallt babesios och anaplasmos/erlichios ut som risksjukdomar kopplade till klimatförändringar.

Två allvarliga vektorburna sjukdomar som idag finns i Europa bedöms etablera sig i Sverige och sannolikt Stockholms län till följd av stigande temperaturer. Det gäller *bluetounge* (BT) som drabbar djur, och överförs via svidknott, samt *visceral leishmaniasis* som överförs av sandmygga. Ett utbrott av BT har redan inträffat i Sverige (2008) och sandmyggan har i dagsläget sin nordliga utbredningsgräns i Tyskland. Sandmygga kan troligen etablera sig i Sverige i både RCP4,5 och i RCP8,5.

VTEC, *cryptosporidie-relaterade* infektioner, *campylobacter* och *legionella* samt *algtoxin* och *toxinmatförgiftning* antas öka hos människor samt infektioner orsakade av *cryptosporidier*, *campylobacter*, *algtoxin*- och *kotoxinförgiftning* och *foderbotulism* antas öka hos djur⁶⁸.

För människa bedöms sjukdomarna *borrelia*, *badsårsfeber* och *visceral leishmaniasis* utgöra störst risk kopplat till klimatförändringar.

⁶⁷ Carlson J, Holm LE, Engvall A. Smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat. Redovisning av ett myndighetsuppdrag. Smittskyddsinstitutet, Socialstyrelsen och Statens veterinärmedicinska anstalt. 2011. ISBN: 978-91-86585-99-0. 2011.

⁶⁸ Carlson J, Holm LE, Engvall A. Smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat. Redovisning av ett myndighetsuppdrag. Smittskyddsinstitutet, Socialstyrelsen och Statens veterinärmedicinska anstalt. 2011. ISBN: 978-91-86585-99-0. 2011.

SKADEDJUR

Effekter på skogsnäringen

Sammantaget innebär klimatförändringarna att vegetationsperioderna förlängs, vintrarna blir mildare och somrarna torrare. Längre växtsäsong betyder vanligen ökad skogstillväxt, men klimatförändringar innebär även en ökad frekvens av extrema väderhändelser såsom torka, stormar och skyfall. Riskerna för skogsnäringen bedöms därför öka med ett förändrat klimat, i form av fler angrepp av befintliga och sannolikt nya skadedjur.

I Skogsstyrelsens rapport 2019:23 beskrivs ett urval av effekter som bedöms ha stor betydelse för skogen och skogsbruket, samt mål och förslag på klimatanpassning⁶⁹. Gällande skadedjur belyser rapporten skador från klövvilt (älg, rådjur, dovhjort och kronhjort), insektsangrepp och till viss del patogener och svampar. Detta beror främst på ett mildare klimat med högre medeltemperatur, som skapar mer gynnsamma förhållanden för dessa listade skadedjur.

Vad gäller klövvilt beskrivs en betydande skadebild där effekterna konstateras till framförallt brist på naturlig etablering av vanliga lövträd, överanvändning av gran, nedsatt tillväxt och virkeskvalitet. Bristen på lövträd medför brist på variation på bestånds- och landskapsnivå och är negativt för biologisk mångfald. Överanvändning av gran ökar risken för relaterade skador såsom stormfällning och angrepp av granbarkborre. Nedsatt tillväxt och försämrad virkeskvalité bedöms till betydande kostnader, 7,2 miljarder SEK per år för sektorn som helhet⁷⁰.

Klövviltproblematiken är i stort styrd av våra egna beslut, då det saknas rovdjursstammar (t.ex. varg och lo) i sådan omfattning som krävs för naturlig kontroll. Klimatförändringarna lär inte minska problemen, men dess roll i sammanhanget är oavsett underordnad den roll som viltförvaltningen spelar. Utan förändringar i viltförvaltningen är det troligt att viltskadorna ökar med ett varmare klimat, uppåt 20 % år 2100 jämfört med idag. Älgens utbredningsområde kommer troligen skifta något norrut, medan andra klövvilt, hjortar och rådjur, kommer bli vanligare. Vitsvanshjort kommer troligen sprida sig från Finland och vidare söderut i Sverige, troligen ner mot Stockholms län.

Vad gäller insektsskador bedöms de vanliga skadeinsekterna (tallstekel, granbarkborre och barrskogsnunna) gynnas av klimatförändringar. Därtill har en rad nya skadeinsekter dykt upp de senaste decennierna, t.ex. liten granbarkborre, gransköldslusen, blåsvart björkstekel, lärkborre och lärksäcksmal.

Granbarkborre väntas av flera skäl gynnas kraftigt av klimatförändringar. Tidigare vår och högre temperaturer leder till tidigare svärmningar, och fler kullar per år, vilket innebär fler och kraftfullare utbrott, och ökad mängd torkstressade och stormfällda träd är likaså gynnsamt⁷¹. Simuleringar tyder på att fler svärmningar per år än normalt idag kommer vara normaltillstånd i södra halvan av Sverige, alltså även Stockholms län, kring 2100. Skadorna från granbarkborre år 2100 kommer sannolikt vara mångdubbelt större i både RCP4,5 och RCP8,5 jämfört med idag, om inte skogsbruket utvecklar motstrategier. Skattningar av kostnader för detta är i storleksordningen 600 miljoner SEK per år 2050, ökande till 1,5 miljarder SEK per år 2100.

⁶⁹ Ståhlberg D. Klimatanpassning av skogen och skogsbruket - mål och förslag på åtgärder. Skogsstyrelsen rapport 2019/23. 2019.

⁷⁰ Ståhlberg D. Klimatanpassning av skogen och skogsbruket - mål och förslag på åtgärder. Skogsstyrelsen rapport 2019/23. 2019, s. 30.

⁷¹ Bergström L, Borgström P, Smith HG, Bergek S, Caplat P, Casini M, m.fl. Klimatförändringar och biologisk mångfald - slutsatser från IPCC och IPBES i ett svenskt perspektiv. Klimatologi Nr 56 2020. SMHI och Naturvårdsverket. 2020.

Snytbaggen är en skadegörare på framförallt unga plantor. I södra Sverige är uppemot 80 % plantdödighet inte ovanligt. Även denna art bedöms gynnas av klimatförändringar, och skadeverkningar från snytbagge lär öka utan motåtgärder.

Skador på lärk är inte ett stort problem för svensk skogsnäring, men då lärken ibland pekas ut som ett alternativt till tall eller gran har Skogsstyrelsen uppmärksammat en del insekter kopplade till lärk, bland annat lärkborren och lärksäcksmalen, som i Centraleuropa idag uppvisar populationsutbrott cykliskt och orsakar skada, främst i form av tillväxtförluster.

Lilla granbarkborren har i relativ nutid spridit sig från Finland till Sverige och expanderar söderut. Detta är en skadegörare som går på alla barrträd, även concortatall.

Tallvedsnematoden (en liten rundmask) är en nordamerikansk art som lyckats etablera sig i Portugal med oerhörda konsekvenser som följd. Arten sprids via skalbaggar, infekterar tallar som efter cirka 6 veckor dör av torkstress. Trots att tiden för infekterade tallars dödande i ett framtida svenskt klimat sannolikt skulle gå långsammare skulle konsekvenserna för svensk skogsnäring om arten tog sig till Sverige bli dramatiska.

Även den amerikanska tallbarkborren skulle rent klimatologisk kunna överleva i Europa. Den skulle då kunna angripa både vår vanliga tall samt concortatall.

Utöver skadeinsekter förväntas även flera olika typer av svampsjukdomar och andra patogener drabba skogsbruket till följd av ett förändrat klimat. Höjda temperaturer ökar infektionsrisken av flera patogener, och därtill förväntas en större del av avverkningar förläggas till vegetationsperioden (vilket ytterligare ökar risken för smittspridning) då mildrar vintrar kan innebära bärighetsproblem för skogsbruksmaskiner och fordon när marken inte är frusen. Andelen rötskadade granar i landet bedöms öka från 8 % till cirka 12–15 % vid RCP4,5, och än högre än så vid RCP8,5 kring 2100, motsvarande skadekostnader kring 1,1–1,6 miljarder SEK per år.

Effekter på jordbruket

Jordbruksverket publicerade 2012 en sammanställning av olika aspekter på klimatförändringars effekter på jordbruket, bland annat bedömningar av hur situationen kring växtskydd och skadedjur kan utvecklas⁷². År 2085 (rapportens tidshorisont) kommer förhållandena för jordbruksverksamhet i Sverige likna de vi idag ser i norra Centraleuropa, med en sydlig gräns i norra Frankrike. Detta innebär en längre växtsäsong, större skördar, större odlingszon för vissa grödor, större variation av grödor som går att odla i ett nordiskt klimat, men även ett större behov av växtskydd samt risk för värmestress för boskap.

På en övergripande nivå slår utredningen fast att skadedjursproblematiken sannolikt kommer att öka och att vi måste öka vår kunskap kring befintliga och framtida skadegörare för att utveckla effektiva strategier. Vidare lyfter rapporten risker kopplade till ett ökat användande av växtskyddsmedel som en naturlig men kortsiktig reaktion på ökade skadedjursangrepp, då dessa bedöms motverka regleringen av skadedjur på naturlig väg och därtill motverka miljömålet om en giftfri miljö.

Svampsjukdomar

Förhållandet mellan svampsjukdomar och deras värdväxt (grödan i fråga) förväntas påverkas av klimatförändringarna. Exakta mekanismer är svåra att slå fast, men ökad

⁷² Jordbruksverket. Våssa växtskyddet för framtidens klimat. Hur vi förebygger och hantear ökade problem i ett förändrat klimat. Jordbruksverket rapport 2012:10. 2012.

översomring/övervintring, sporbildning och sporproduktion är sannolikt. Höga temperaturer med fler regndagar och milda vintrar kan innebära fler epidemier. Förändrade tillväxtmönster i värdplantan, t.ex. vad gäller bladyta, tjocklek och egenskaper hos klyvöppningar har också en påtaglig inverkan på relaterade svampsjukdomar.

Skadedjur

Temperatur har primär inverkan på skadeinsekter och andra växelvarma djur. På nordliga breddgrader är många insekter anpassade till ett brett temperaturintervall, och är generellt aktiva utanför sitt temperaturoptimum. Som tidigare påpekats ökar också växtsäsongens längd och primärproduktionen generellt bedöms öka. Höjda temperaturer i ett framtida förändrat klimat kan därav antas leda till generellt förbättrade livsbetingelser, större utbredningsområde, lägre vinterdödlighet och högre populationstillväxt och kortare generationstid för många skadedjur. Med ökad förekomst av skadeinsekter, bedöms även spridningen av bakterier och vektorer för virus öka.

Ogräs

Till följd av ökad koldioxidhalt i atmosfären, samt längre och mer frekventa perioder med torka, förväntas en stor mängd nya arter ogräs ges klimatologiska förutsättningar för att etablera sig i Sverige. På kort sikt bör inte detta ge några märkbara effekter på jordbruket, men på lång sikt kan artsammansättningen av ogräs förändras.

Växtparasitära nematoder

Denna grupp av skadegörare förväntas gynnas av ett varmare klimat på liknande sätt som insekter, med större populationer, lägre dödlighet och kortare generationstider. För nematoder är även ökade nederbördsmängder gynnsamt, framförallt för spridning i och mellan olika bestånd. Skadeverkningarna av nematoder ökar också i ett varmare, torrare klimat när växter har sämre tillgång till vatten.

INVASIVA ARTER

Spridning av invasiva arter sker till stor del via transporter, både i de fall arter introduceras samt i de fall när arter redan har sin startpunkt i den svenska miljön. Transporter kan utgöras av bilar, maskiner, båtar med ballastvatten med mera. Arter kan spridas både som fripassagerare (exempelvis i ballastvatten), men även i form av föroreningar på/i djur eller växter. Även egenspridning är en betydelsefull spridningsväg i sammanhanget.

I CBM:s skriftserie 110⁷³ beskrivs högriskområden för invasiva arter som tätorter (hög täthet av sällskapsdjur och akvarier), trädgårdar och parker, odlingslandskapet i sin helhet där det förekommer maskiner och fordon, och sjöar med båttrafik. Linjära miljöer som vägar, järnvägar och vattenvägar (kanaler) är viktiga både för spridning och som habitat. Hamnar samt sjöar som står i förbindelse med havet pekas ut som specifika områden med hög risk för invasiva arter.

Stockholm har ett stort utbud av ovan beskrivna miljöer, och är därför sannolikt sårbart med avseende på invasiva arter. Effekterna är svåra att förutsäga, men handlar generellt om att invasiva arter är så pass framgångsrika att de konkurrerar ut lokala arter och på så vis minskar den biologiska mångfalden. Vissa invasiva arter kan indirekt medföra stora kostnader för samhället.

⁷³ Ebenhard T. Spridningsvägar för invasiva främmande arter av unionsbetydelse. CBM:s skriftserie 110. Redovisning av uppdrag från Naturvårdsverket enligt överenskommelse Nr 3329-17-012, NV-04839-17. Centrum för biologisk mångfald. Sveriges Lantbruksuniversitet. 2019.

2.7.3 SÅRBARHETSANALYS

SJUKDOMAR

I övervakning och bekämpning av smittsamma sjukdomar uppstår ett behov av att samordna flera olika discipliner; human- och veterinärmedicin, miljöövervakning och handel- och resmönster. Tvärsektoriell samverkan kommer därför vara av stor betydelse för att lösa framtida utmaningar och inte minst målkonflikter mellan olika utmaningar som kommer uppstå till följd av ett förändrat klimat.

En viktig komponent för att förstå epidemiologi hos inte minst tillkommande sjukdomar kommer vara att förstå ekologi, utbredning samt meteorologiska och biologiska faktorer som påverkar vektorer och reservoarer. Att kontinuerligt övervaka nyckelarter (olika värddjur och reservoarer för sjukdomar, till exempel olika arter mygg och däggdjur) och nyckelbiotoper där dessa arter kan tänkas etablera sig kommer bli viktigt framöver. Det kommer även bli viktigt att förstå hur sannolika vektorer begränsas på naturlig väg genom interaktioner i näringsvävar. Det finns starka belägg för att interaktioner mellan konkurrerande sorkarter samt predatorer (t.ex. ugglor) begränsar utbrott av sorkfeber och på liknande sätt befinner sig även mygg i en näringsväv som på naturlig väg är utsatt för begränsningar i populationstillväxt genom interaktioner med andra arter. En övergripande sårbarhet inför smittsamma sjukdomar är att kunskap kring vektorer, reservoarer, deras roll i näringsvävar samt deras geografiska utbredning är bristande.

I Stockholms län finns sannolikt förutsättningar för utbrott av sjukdomar kopplade till sjöar och badområden, speciellt i RCP8,5 då dessa sjukdomar är kopplade till söt- eller brackvatten som når högre temperaturer än normalt, vilket kan antas inträffa under värmeböljor. Även algblomning i sjöar och relaterad toxinförgiftning för människa och djur förväntas öka vid långvariga värmeböljor. Fästingburna sjukdomar är redan etablerade i Stockholms län, men en ökning av sådana fall är trolig med ett varmare klimat.

SKADEDJUR

Skogsbruk

De underlag som har konsulterats för denna rapport tyder på en framväxande insikt om att klimatförändringseffekter inte är möjliga att hantera endast via skötselåtgärder, utan handlar i stort om åtgärder för att säkra variation på olika skalor och för att göra planterad skog mindre utsatt för risker från skadedjur och extrema väderhändelser. Att jobba långsiktigt för att förebygga ökade skaderisker bedöms vara en förutsättning för att ta till vara på möjligheterna med en förlängd växtsäsong⁷⁴. Dock behöver skogsbruket genomföra en rad strukturella åtgärder för att motverka negativa effekter på lång sikt.

En framgångsrik anpassning av skogsbruket bedöms dock vara beroende av strukturella åtgärder i andra sektorer, inte minst inom viltförvaltningen. Men storlek och reglering av viltstammar har även kopplingar till rovdjursförvaltning, vilket inte förenklar den typ av samverkan som behövs för att skogsbruket ska genomföra nödvändiga strukturella reformer.

⁷⁴ Ståhlberg D. Klimatanpassning av skogen och skogsbruket - mål och förslag på åtgärder. Skogsstyrelsen rapport 2019/23. 2019.

Jordbruk

Vegetationszoner kommer att förskjutas norrut och med dem kommer även patogener och skadegörare att följa. Även strategier för befintliga skadegörare behöver troligen justeras. Framöver blir det viktigare att kontinuerligt följa utvecklingen i fält, för att inte överraskas av utbrott eller nya skadegörare. Internationell samordning kommer också bli viktigare för att förstå spridningsvägar och risker. All erfarenhet från att försöka begränsa eller utrota en skadegörare tyder på att tidig upptäckt är avgörande för hur framgångsrikt det går att hantera och i förlängningen hur kostsamt det blir.

Befintliga prognos- och varningssystem behöver utvecklas och framförallt växa i omfattning och omfatta fler grödor och längre perioder för att få varningar i tid. Att dra nytta av allmänheten via öppna rapporteringssystem, t.ex. artportalen, kan vara en möjlighet och kanske en nödvändighet framöver.

Lagstiftning kan behöva ses över, till exempel omfattas inte ogräs och andra växter och skadegörare som har negativa effekter på annat än växter och biodiversitet (t.ex. växter som kan orsaka skada på djurs hälsa eller är allergiframkallande). Jordbruksverkets ansvar sträcker sig heller inte längre än till att plantor och växtmaterial som saluförs ska vara fria från smitta. Krav på bekämpning av smitta som etablerat sig på växande gröda saknas.

INVASIVA ARTER

Stockholms län har många verksamheter och miljöer, både på vatten och land, som talar för att flera olika invasiva arter kommer ha etablerat sig i länet år 2100. Av flera skäl bedöms Stockholms läns sårbarhet för invasiva arter som stor. Utöver de gynnsamma förutsättningar som råder för spridning och etablering av invasiva arter är befintliga regelverk unga och till stor del oprövade. Ansvar för flera inblandade aktörer vad gäller förebyggande skyddsåtgärder och sanering är oklart.

2.7.4 SLUTSATS

Utifrån den kunskap som finns runt vad som reglerar utbredning av sjukdomar, skadedjur och invasiva arter, kan en generell slutsats dras att alla dessa tre normalt gynnas av ökande temperaturer och ökad fuktighet. Dock är kunskapen kring spridning och geografisk utbredning alltför bristande.

I Stockholms län är troligen risken för utbrott av tillkommande sjukdomar framför allt kopplad till livsmedelshanteringen samt till sjöar och badområden, då spridning av flera sjukdomar ofta sker via vektorer som är kopplade till söt- eller brackvatten som når högre temperaturer än normalt, till exempel under värmeböljor. Även algblomning i sjöar, som kan leda till toxinförgiftning hos människa och djur, förväntas öka vid långvariga värmeböljor. Tillika är en ökning av fästingburna sjukdomar att vänta i ett varmare klimat.

För såväl skogs- som jordbruk kommer ett varmare klimat troligen att leda till att fler skadedjur får fäste och kan breda ut sig. Allt från olika skadeinsekter till betande vilt, kommer att åstadkomma ökade skador inom jord- och skogsbruket. Ett ändrat klimat kan även leda till att arter gynnas eller missgynnas på olika sätt, vilket kan kräva förändringar vad gäller de grödor, träd, med mera som odlas. Vidare kommer vegetationszoner att förskjutas norrut och med dem kommer även patogener och skadegörare att följa.

2.8 SKOGSMARK

2.8.1 NULÄGESBESKRIVNING OCH HOTBILD

Beskrivningen nedan är i huvudsak hämtad från rapporten *Nulägesbeskrivning inför Stockholms läns regionala skogsstrategi* (Rapport 2020:05, Länsstyrelsen i Stockholm). Rapporten beskriver hur skogen kommer påverkas av ett förändrat klimat och berör kort även brand. Urvalet i beskrivningen nedan är gjord från ett risk- och sårbarhetsperspektiv. Skogen som system har flera olika uppgifter och värden och är betydelsefull både som näringsgren och för det rörliga friluftslivet. Skogen och grönområden är också ett system av stor betydelse när det gäller länets förmåga att möta effekter av klimatförändringarna men utgör också genom risken för brand ett hot.

Stockholms läns landareal domineras av skog med en skogsmarksareal som uppgår till 380 000 hektar, vilket är 1,4 procent av Sveriges totala skogsmarksareal. Arealen produktiv skogsmark, det vill säga skog som producerar mer än en skogskubikmeter (m³sk) per hektar och år och som inte används för annat ändamål, är 318 000 hektar. Det motsvarar 47 procent av den totala landarealen vilket är en lägre andel än för landet i övrigt. Andelen bebyggd mark i Stockholms län, 20 procent, är nästan sju gånger så stor som för Sverige i genomsnitt. Resterande areal är fördelad på:

- berg- och myrmark 90 000 hektar (14 procent),
- åkermark 86 000 hektar (13 procent),
- övrig mark till exempel vägar och kraftledningsgator 19 000 hektar (3 procent)
- naturbetesmark 19 000 hektar (3 procent) Skogsmarken i länet är diversifierad och består av allt från tätortsnära skogar till skärgårdsskogar.

Det finns inte siffror på totala andelen tätortsnära skog i länet men SCB har tagit fram siffror för andelen skog i tätorter med fler än 30 000 invånare. Av den totala landarealen i länets tätorter (Upplands Väsby, Stockholm, Tumba, Södertälje och Lidingö) består 39 procent av skogsmark (SCB 2019). Detta är högre än för resten av landet där andelen skog av totala markarealen i tätorter är cirka 30 procent. De tätortsnära grönområdena ägs till största delen av offentliga institutioner som kommuner, regionen och staten. Näst största ägarkategori är enskilda personer.

Inom Stockholms län finns tio gröna kilar med höga natur-och kulturmiljövärden. Samtliga kilar är viktiga för spridning av arter mellan de gröna värdekedjorna och utgör stommen i huvudstadens närområden. De gröna kilarnas höga naturvärden är beroende av att de bildar sammanhängande grönstruktur. Det gör kilarna till ett så kallat mellankommunalt planeringsområde. Åtgärder i ett område kan få stor påverkan på naturvärdena i en annan kommun. Kilarnas grönstruktur förbättrar livsmiljön i staden, exempelvis genom vatten- och luftrening, utjämning av temperatur och luftomväxling. Den regionala utvecklingsplanen för Stockholmsregionen (RUF 2050) understryker vikten av att bevara den sammanhängande strukturen i de gröna kilarna och stärka deras funktioner och kvaliteter.

I en nyligen publicerad rapport⁷⁵ har forskarna Anders Granström (SLU), och Johan Sjöström (RISE), analyserat trender och mönster i skogs- och gräsbränder i Sverige under senare decennier, 1996 till 2018.

⁷⁵ Granström A., Sjöström J., *Skogsbränder och gräsbränder i Sverige - Trender och mönster under senare decennier*, MSB 1536, April 2020

Forskarna har analyserat de senaste 20 årens skogsbränder och brandväder i landet, och har nyttjat två skilda databaser, dels räddningstjänstens insatsrapporteringen för åren 1996–2018 dels SMHI:s brandriskdata 1999–2018. Nedanstående beskrivning är i sin helhet baserad på ovanstående rapport från MSB.

I Stockholms län inträffade under perioden 7 978 gräsbränder, 14 295 mindre skogsbränder under en halv hektar och 712 stora skogsbränder över en halv hektar. Riktigt stora skogsbränder på över 10 hektar inträffade vid 48 tillfällen varav endast en var större än 100 hektar.

Den rapporterade totala arean brunnen mark var 82 429 hektar under den studerade 23-årsperioden. Det motsvarar cirka 3 600 hektar per år, varav över 2 900 hektar per år var klassad som skogsmark. För Stockholms län fördelar sig den bränd arealen på 583 hektar ej trädbevuxen mark, 821 hektar produktiv skogsmark och 1 542 hektar övrig trädbevuxen mark. Av rapporten framkommer att under de senaste 23 åren har i medeltal 3 600 hektar brandhärjats, mestadels i skog. Denna area är fördelad på i medeltal nästa 5 000 brandincidenter, delad ungefär lika mellan gräsbränder och skogsbränder. Vad gäller bränd area står dock ett litet fåtal skogsbränder för den absolut största delen.

Den väderbaserade brandrisken har tydliga gradienter över landet i nord-sydlig samt väst-östlig riktning. Östra Svealand (där Stockholms län ligger) uppvisar i medeltal högst riskindex, både i antalet högriskdagar per år och i medelnivå på FWI-värdet (Fire Weather Index), följt av östra Götaland och hela Norrlandskusten. Sydvästra Sverige och Norrlands inland har i medeltal väsentligt lägre risknivåer.

Karaktéristiskt för de största bränderna är att de sker i glesbygd, att tiden till första insats har varit lång, att vädret har varit ogynnsamt under flera dagar efter antändningsdagen och att de har antänts av blixtnedslag, arbete med skogsmaskiner, eller återantändning som följd av bristfällig eftersläckning. Tillsammans står dessa tre antändningsorsaker för 48 procent av alla bränder över 100 hektar.

Till skillnad från de ovan nämnda antändningsorsakerna är de vanligaste orsakerna till alla bränder (oavsett brandarea) eldning av gräs eller annat material i anslutning till trädgårdar, barn som leker med eld eller lägereldar i skogen. En mycket liten andel av alla bränder står för större delen av all bränd mark. Över perioden 1996–2018 var det exempelvis bara 61 bränder som var större än 100 hektar.

2.8.2 PÅVERKAN PÅ SAMHÄLLEN, INFRASTRUKTUR OCH FÖRETAG

SMHI har på uppdrag av MSB gjort en uppföljning av tidigare analyser av brandrisk i framtida klimat baserat på nya resultat från klimatforskningen. Brandrisken analyseras med avseende på så kallade högriskperioder, vilket syftar till flera dagar i följd med hög brandrisk.

Två möjliga framtida scenarier studeras, RCP4,5 som innefattar minskade utsläpp till följd av kraftfull klimatpolitik och RCP8,5 som innebär fortsatt accelererande utsläpp. Resultaten redovisas i rapporten *Framtida perioder med hög risk för skogsbrand enligt HBV-modellen och RCP-scenarier* (MSB997 – april 2016). Nedanstående redovisning bygger i sin helhet på ovanstående rapport och med fokus på den geografi som utgör Stockholms län.

Svealand är den mellersta av Sveriges tre landsdelar, och består av landskapen Dalarna, Närke, Södermanland, Uppland, Värmland och Västmanland. Det finns inga exakta gränser i vädersträcksindelningen av Svealand men Stockholms län brukar i sin helhet normalt räknas till Östra Svealand. Landskapen Södermanland och Uppland räknas till

Östersjölandskapen. Nedan följer en beskrivning av den förväntade utvecklingen av skogsbrandrisken med fokus på de delar som berör den geografi som utifrån ovanstående definieras som Stockholms län. Rapporten identifierar södra Svealand som ett geografiskt område och bedömningen är att det som här redovisas för södra Svealand också gäller för östra Svealand, det vill säga Stockholm.

I ett varmare klimat kommer brandrisksäsongen starta tidigare. Till mitten av seklet visar RCP-scenarierna att starten sker i mitten av juni i Götaland och i södra Svealand sker starten i juni. I slutet av seklet visar RCP4,5 att starten tidigareläggs ytterligare någon vecka.

Brandrisksäsongen avslutades nästan vid samma tidpunkt i hela landet under referensperioden 1961–1990, mellan slutet på juli och mitten på augusti. I ett varmare klimat kommer sommartemperaturerna hänga kvar längre och därmed också avdunstningen från marken. Till mitten av seklet har slutdatumet förskjutits med ungefär en vecka. I slutet av seklet avslutas brandrisksäsongen i södra Svealand i början på augusti enligt RCP8,5.

Brandrisksäsongens längd definieras som skillnaden mellan startdatum på den första sammanhängande högriskperioden och slutdatum på den sista sammanhängande högriskperioden varje år. I slutet av seklet visar RCP4,5 på en brandrisksäsong från 50 till 100 dagar i södra Svealand.

Perioder med hög brandrisk definierats som sammanhängande dagar med höga index, det vill säga högriskperioder. Under referensperioden 1961–1990 förekom högriskperioder (perioder med index 4,5 eller 6) i genomsnitt vartannat år i sydligaste Svealand. Östersjökusten har något högre frekvens.

I framtiden ökar förekomsten succesivt i hela landet och till mitten av seklet visar de två RCP-scenarierna på lika resultat. I sydligaste Svealand förekommer högriskperioder 2 av 3 år. Mot slutet av seklet ger RCP4,5 bara något högre värden, medan RCP8,5 innebär förekomster av högriskperioder i princip varje år i Götaland.

Ett sätt att bedöma risken för skogsbrand är att använda HBV-skogsbrandsmodellen⁷⁶ som beskriver fuktigheten i de markskikt som har störst betydelse för framförallt antändningsrisken i skogsmark. Utifrån modellen kan ett index beräknas som är ett viktat markfuktighetsindex i 6 steg, som varierar mellan index 1 *mycket blött* till index 6 *extremt torrt*.

Till mitten av seklet är resultaten för de två RCP-scenarierna lika. Till slutet av seklet ökar värdena något med RCP4,5. Hos RCP8,5 blir högriskperioder med index 6 lika vanliga som de med index 4,5 eller 6 blir till mitten av seklet. Längsta perioden med högrisk definieras som maximalt antal sammanhängande dagar med högrisk för varje år.

RCP-scenarierna visar lika resultat för mitten av seklet, högriskperioderna har blivit något längre i hela landet. Till slutet av seklet beräknas årets längsta högriskperiod i östra Svealand vara i över 20 dagar. Östersjölandskapen får de allra längsta perioderna, knappt 30 dagar med RCP4,5 och upp till 35 dagar med RCP8,5.

⁷⁶ Sjökvist E. mfl. Framtida Perioder med hög risk för skogsbrand enligt HBV-modellen och RCP-scenarier, MSB997 – april 2016, ISBN 978-91-7383-660-9. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. 2016

RCP-scenarierna visar båda på en förlängning av de längsta högriskperioderna till seklets slut och Östersjölandskapen får de längsta perioderna med upp till 13–15 dagar med högsta riskvärdet.

2.8.3 SÅRBARHETSANALYS

I ett varmare klimat kommer brandrisksäsongen att starta allt tidigare, i juni, och vara allt längre. Tidigare start och senare slut på brandrisksäsongen i ett allt torrare och varmare klimat ger förutsättningar för längre perioder med hög uttorkning av markerna och ökad möjlighet för antändning och brandspridning. Detta kommer sannolikt att negativt påverka skogsnäringen i länet genom till exempel begränsningar i hur, var och när avverkning och markberedning kan ske. Sannolikt kommer också ökad diversifiering av skogsbestånden att krävas för att minska risken för antändning och brand och förluster i samband med brand.

Långa perioder med hög uttorkning och ökad risk för antändning och spridning av bränder i skog och vegetation kommer sannolikt också påverka och ge begränsningar för andra system och verksamheter. Allt längre perioder med eldningsförbud och andra regleringar kommer att bli vanligare och påverka allmänheten, det rörliga friluftslivet, skogsnäringen, skötseln av grönytor och tätortsnära skogar, samt till exempel kritisk infrastruktur och transportinfrastruktur som passerar genom skogs- och grönområden.

En allt längre brandrisksäsong kommer också påverka skötsel och drift av vegetationen och grönstrukturen i övrigt i länet. De gröna kilarna består inte enbart av skogar utan även parkområden, gräsytor och annan vegetation som lätt torkar ut och gulnar under värmeböljor och andra perioder med lite nederbörd. Idag arbetar samhället med klimatanpassning där begreppen blå och gröna lösningar är vanligt förekommande i samhällsplaneringen. Alltmer grönska förs in i bebyggelsen, dels genom värnandet av de gröna kilarna i länet och de tätortsnära skogarna, dels genom till exempel gröna tak och fasader. Det gröna är positivt men utgör i ett förändrat klimat också ett potentiellt hot genom risken för brand. Uttorkade gröna tak, eftersatt skötsel av tätortsnära skogar och uttorkade grönytor kan under högriskperioder komma att utgöra potentiella brandhot inne i bebyggelsen och i värsta fall leda till stadsbränder.

I modern tid har vinterbränder förekommit i Norge där torr vegetation på frusna och delvis snöklädda marker brunnit intensivt. Det är inte osannolikt att vinterbränder skulle kunna inträffa även i Sverige, till exempel i hållmarksområden eller i skärgården. Risken för vinterbränder kan leda till begränsningar både för skogsnäringen och det rörliga friluftslivet och utgöra stora utmaningar för räddningstjänsten.

Förtätningen av samhället kommer troligen att fortsätta och bostäder och transportinfrastruktur kommer i samband med detta förekomma allt närmare skogen. Detta kan medföra att bostadsområden kan behöva utrymmas vid en större skogsbrand och vägar och järnvägar behövas stängas av för kortare eller längre tid.

Tekniska försörjningssystem för till exempel el, tele och internet grävs i dag ned i marken i allt större omfattning. I vissa fall minskar det risken för brand men sårbarheten ökar också. Till exempel grävs internetinfrastrukturen ned på begränsade markdjup i vägkanter, diken, åkermark och annan lättgrävd terräng. En skogsbrand som pågår en längre tid går ofta ned djupt i marken och kommer med stor sannolikhet att skada kablar i mark. Även tunga fordon som används vid skogsbrandsläckning kan skada sådan känslig infrastruktur i marken. Infrastrukturen för transporter samt hamnar bedöms vara sårbar för en större skogsbrand.

Även kulturmiljön och kulturbyggnader i länet är sårbara för skogs- och vegetationsbränder. Ett exempel är Nationalstadsparken som kommer att kräva ökade

insatser för skötsel, tillsyn och regleringar av brukandet för att begränsa risken för brand i samband med allt längre högriskperioder. Även byggnader (kyrkor, slott, herrgårdar och samlad träbebyggelse) och miljöer i närheten av brandkänsliga områden behöver sannolikt ökad uppmärksamhet och organisatoriska och tekniska åtgärder för att minska risken för antändning från bränder i skog och mark. Även dricksvattenförsörjningen i länet är sårbar vid bränder, då både ytvattentäkter och grundvattentäkter är mycket känsliga för påverkan från släckvatten.

MSB har låtit klassificera skogsvegetationens brandbenägenhet utifrån Nationella marktäckedata (NMD). Resultatet redovisas i det digitala verktyget Brandbränsleklassificering⁷⁷.

Klassningen kan utgöra ett underlag för att få en riskuppfattning var större sammanhängande områden finns med mer eller mindre brandbenägen skog och vegetation. Klassningen kan också utgöra ett beslutsunderlag vid pågående släck- och begränsningsinsatser för att få en uppfattning om brandspridning och brandbeteende och därmed vilka åtgärder som kan behöva vidtas, till exempel utrymning av bostadsområden eller enskilda fastigheter. Med stöd av verktyget kan en uppfattning fås om var de brännbara volymerna av skog finns i länet och därmed också få en bild av var stora och intensiva skogsbränder skulle kunna uppstå under högriskperioder för antändning. I geografiska informationssystem, GIS, kan olika överlagringsanalyser göras mot till exempel tekniska försörjningssystem, trafikinfrastruktur, kulturmiljöer och bostadsområden.

En överblicksbild över Stockholms län visar att Tyresöhalvön och Södertörn i södra delen av länet utgör potentiellt brandkänsliga områden samt att det i länets norra delar finns ett stråk i nordöstlig riktning längs Roslagskusten som innehåller potentiellt stora brännbara volymer. Stockholms skärgård har också områden med skogsklädda öar som utgör en särskild utmaning både vad gäller sårbarheten och samhällets förmåga att göra insatser mot bränder. Det finns goda möjligheter att med MSB:s bränsleklassificering alltmer precist hitta högriskområden i länet. Med olika skogliga åtgärder och robust samhällsplanering tillsammans med en stärkt krisberedskap i skogen och ökad insatsförmåga hos räddningstjänsten är det möjligt att reducera risken för framtida stora skogs- och markbränder.

Observera att beskrivningen ovan är begränsad till att beskriva förutsättningar för bränder i skog- och mark utifrån brandrisksäsongens längd och förekomsten av högriskperioder. Brand förutsätter någon form av tändkälla. Den kan vara naturlig i form av till exempel blixnar i samband med åska, skador på infrastrukturen för elförsörjning i samband med stormar eller mänsklig aktivitet i form av till exempel grillning, skogsskötsel eller olyckor i transportinfrastrukturen. Förutsättningarna för brand ökar alltså, men om det faktiskt kommer att brinna mer beror på flera andra faktorer i utvecklingen av klimatet och i samhället.

2.8.4 SLUTSATS

Beskrivningen av utvecklingen för skogs- och vegetationsbränder visar att brandrisksäsongen kommer att starta tidigare för båda klimatscenarierna RCP4,5 och 8,5 samt att säsongen kommer vara längre. Även högriskperioder för skogsbrand kommer bli mer vanligt förekommande och kommer äga rum 2 av 3 år vid år 2100. Östersjölandskapen får de allra längsta perioderna, knappt 30 dagar med RCP4,5 och upp till 35 dagar med RCP8,5.

⁷⁷ Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. [Brandbränsleklassificering \(msb.se\)](https://brandbransleklassificering.msb.se).

RCP-scenarierna visar båda på en förlängning av de längsta högriskperioderna till seklets slut och Östersjölandskapen får de längsta perioderna med upp till 13–15 dagar med högsta riskvärdet.

Gröna kilar med grönområden och tätortsnära skogar som torkar ut i perioder kommer att utgöra sårbara områden och kräva allt mer skötsel och tillsyn. Vid allt längre högriskperioder kommer sannolikt eldningsförbud och andra regleringar att påverka nyttjandet.

Utöver påverkan på själva skogen, den näringsverksamhet som är kopplad till den och de rekreations- och upplevelsevärden som skogen ger, utgör också de bränder som kan komma att inträffa idag och i framtiden en risk att negativt påverka exempelvis transportinfrastruktur, tekniska försörjningssystem, kritisk infrastruktur, kulturmiljön och kulturbyggnader.

Sammanfattningsvis bedöms en robust samhällsplanering som till exempel väger in riskavstånd till särskilt brännbara skogs- och vegetationsområden vara en central förebyggande komponent för att möta hotet från en allt längre brandrissäsong med längre högriskperioder med risk för antändning i skog och mark. Skogens aktörer behöver också öka sitt fokus på förebyggande- och riskreducerande åtgärder.

Operativt är bedömningen att skogens aktörer också behöver ta ett större medansvar för krisberedskapen i skogen. Räddningstjänsten måste också successivt öka sin insatsförmåga och ha en beredskap som kan följa brandriskens variation över året. Stockholms skärgård med sina skogsklädda öar och hållmarker utgör här en särskild utmaning i takt med att skärgårdsmiljön också exploateras och får fler boende och fler näringsverksamheter.

3 SAMLADE SLUTSATSER

Här redovisas samlat slutsatser från de åtta prioriterade områden för klimatanpassning som analyserats i uppdraget.

3.1 RAS, SKRED OCH EROSION SOM HOTAR SAMHÄLLEN, INFRASTRUKTUR OCH FÖRETAG

Genom de naturliga, geologiska förutsättningarna finns redan idag förutsättningar för ras, skred och erosion i Stockholms län. Att dessa inträffar är dock relativt ovanligt. Ett förändrat klimat kommer att påverka stabiliteten i marken, men det är inte möjligt att säga exakt var och hur mycket. Områden som idag har förutsättningar kommer sannolikt att ha ökad risk i framtiden.

Ökad årsnederbörd förväntas öka skredrisken, fler nollgenomgångar kan öka sannolikheten för ras i bergsslänter samt högre vattennivåer och flöden ökar risken för erosion. Sammantaget bedöms ökningen av stabilitetsproblematiken vara betydande i de båda klimatscenarierna. Troligtvis försämras markstabiliteten mer i scenariot RCP8,5 än i RCP4,5.

Även markanvändningen vid exploatering och nybyggnation påverkar markens totalstabilitet exempelvis av byggnation och ökad belastning.

3.2 ÖVERSVÄMNING SOM HOTAR SAMHÄLLEN, INFRASTRUKTUR OCH FÖRETAG

Ökad avrinning bedöms bli allt vanligare i länet under vintertid vilket bedöms kunna påverka närliggande bebyggelse och infrastruktur. Ökningen i tillrinning prognostiseras bli cirka 10–20 procent större för scenario RCP8,5 än RCP4,5. Samtidigt bedöms tillrinningen sommartid minska till följd av ökad avdunstning.

Översvämningar som sker vid ökad avrinning till vattendrag och sjöar, ökad nederbörd och höjda havsnivåer vid högvattenstånd ger direkt påverkan på samhället med risk för skador på byggnader och infrastruktur. Förändringarna i avrinning, nederbörd och höjda havsnivåer blir mer påtagliga i RCP8,5 än RCP4,5 och kommer påverka infrastruktur som kan ge långvarig obrukbarhet. Vissa effekter av klimatförändringar kommer att synas först i sista halvan av seklet och behovet av förebyggande åtgärder kan därför komma att påverkas av hur samhällsbilden ser ut då.

En annan indirekt påverkan av en höjd havsnivå är risken för saltinträngning i Mälaren. Effekten av ett stigande hav bedöms bli påtaglig efter år 2050 och särskilt fram mot 2100, då havet stiger fortare än den kompenserande landhöjningen. Detta kommer kunna få stor påverkan på flertalet övriga samhällssektorer. Att anpassa Mälaren som dricksvattentäkt till framtida havsnivåhöjning är en fundamental planeringsfråga som sträcker sig bortom detta århundrade.

3.3 HÖGA TEMPERATURER SOM INNEBÄR RISKER FÖR HÄLSA OCH VÄLBEFINNANDE FÖR MÄNNISKOR OCH DJUR

Höga temperaturer samt längre värmeböljor som kommer oftare är att vänta i framtiden. Hur mycket detta kommer att påverka människors hälsa och välmående beror av befolkningens historiska anpassning till en viss temperaturnivå, hur sårbar den enskilda individen är, men också hur samhället är anpassat.

Redan idag har forskare kunnat konstatera en överdödlighet orsakad av värmebölja i Sverige. Det är främst äldre, personer med hjärt- och kärlsjukdomar samt de med psykisk ohälsa som drabbas. Höga temperaturer blir mest kännbart i tätt byggda städer med få grönytor, där temperaturen kan bli många grader högre än i omgivande landskap. Även byggnaders utformning och lokalisering påverkar inomhus-temperaturen markant och därmed även människors hälsa och välmående

3.4 BRISTER I VATTENFÖRSÖRJNING FÖR ENSKILDA, JORDBRUK OCH INDUSTRI

Vattenförsörjningen kommer att påverkas kännbart av klimatförändringarna år 2100, såväl den allmänna vattenförsörjningen som den enskilda. För den allmänna vattenförsörjningen via Mälaren är negativ påverkan på vattenkvalitet den mest uppenbara risken, och beredningsprocesserna behöver anpassas utifrån detta.

För enskild vattenförsörjning, som ofta även utgör grunden för vattenförsörjning inom jordbruket, riskerar vattenbrist bli allt vanligare, och mest längs kusten. Generellt väntas klimatscenario RCP8,5 orsaka värre effekter än scenario 4,5. Vattenbesparande åtgärder och/eller magasinering kan ses som en positiv, om än framtvingad effekt kopplad till klimatförändringar, eftersom det innebär en bättre resurshushållning.

3.5 BIOLOGISKA OCH EKOLOGISKA EFFEKTER SOM PÅVERKAR EN HÅLLBAR UTVECKLING

Den generella problematiken kring biologiska och ekologiska effekter och klimatförändringarna handlar om att 1) livsmiljöer kommer att påverkas och 2) extrema väderhändelser kommer att innebära att populationer riskerar att minska kraftigt. Artrika system är en förutsättning för väl fungerande ekosystemtjänster och i längden vår ekonomi och vårt välfärdssamhälle.

Effekterna av ett förändrat klimat kommer sannolikt att bli tydligast i akvatiska miljöer, främst mindre sjöar och vattendrag. Även marina ekosystem förväntas påverkas med ökade ytor syrefria bottenar och höjda vattentemperaturer. Det finns mycket som talar för att ett varmare klimat med högre frekvens av extrema väderhändelser kommer accelerera redan befintliga problem med utarmning av den biologiska mångfalden och därmed ha övervägande negativa konsekvenser i ett större perspektiv.

Dessa förändringar är viktiga att ta på allvar, varför miljökontrollprogram behöver anpassas så att de täcker in alla typer av förändringar som är kopplade till klimatförändringarna, så att man kan sätta in relevanta åtgärder i tid.

3.6 PÅVERKAN PÅ INHEMSK OCH INTERNATIONELL LIVSMEDELSPRODUKTION OCH HANDEL

Stockholms län är inte självförsörjande inom någon kategori livsmedel, utan är beroende av import från andra delar i Sverige och från andra länder. Detta i kombination med beroendet av transporter, fungerande infrastruktur och insatsvaror i produktionen bidrar ytterligare till länets sårbarhet och bristande krisberedskap.

Den största påverkan från klimatförändringar orsakas av högre temperaturer och ojämnt fördelad nederbörd. Detta leder till vattenbrist som hotar såväl växtproduktionen som djurhållningen. Vattenbristen bedöms bli som allvarligast i kustnära delar av landet där grundvattentillgången är sämre.

De positiva effekterna av högre temperaturer och längre växtsäsong minskar på grund av vattenbrist, att de grödor som odlas idag, liksom jordbruksmetoderna, är anpassade till det befintliga klimatet samt nya och fler skadedjur.

3.7 ÖKAD FÖREKOMST AV SKADEGÖRARE OCH SJUKDOMAR SAMT INVASIVA FRÄMMANDE ARTER SOM PÅVERKAR MÄNNISKOR, DJUR OCH VÄXTER

Generell kan sägas att skadegörare, sjukdomar och invasiva arter alla normalt gynnas av ökande temperaturer och ökad fuktighet. I Stockholms län är troligen risken för utbrott av tillkommande sjukdomar framför allt kopplad till livsmedelshanteringen samt till sjöar och badområden. Algbloomning i sjöar, ofta av alger som är giftiga för människor och djur, förväntas öka vid långvariga värmeböljor. Detsamma gäller fästingburna sjukdomar. För skogs- som jordbruk kommer ett varmare klimat troligen att leda till att fler skadedjur får fäste, allt från skadeinsekter till betande vilt, samt olika invasiva arter.

Regelbunden kontroll och uppföljning är av yttersta vikt, så att vi inte riskerar att hamna i en situation där vi får svårt att hantera sjukdomsutbrott, angrepp av skadedjur eller invasiva arter som påverkar ekosystemen negativt.

3.8 BRÄNDER I SKOG OCH MARK

Sårbarhetsanalysen för skogs- och vegetationsbränder visar att brandrisksäsongen kommer att starta tidigare för båda klimatscenarierna RCP4,5 och 8,5 samt att den kommer vara under en längre period. Även högriskperioder för skogsbrand kommer bli mer vanligt förekommande och kommer äga rum 2 av 3 år vid år 2100. Östersjölandskapen får de allra längsta perioderna, knappt 30 dagar med RCP4,5 och upp till 35 dagar med RCP8,5.

RCP-scenarierna visar båda på en förlängning av de längsta högriskperioderna till seklets slut och Östersjölandskapen får de längsta perioderna med upp till 13–15 dagar med högsta riskvärdet.

4 DISKUSSION

De klimatanpassningsåtgärder som idag vidtas kan behöva omprövas utifrån nya data, ny teknik och nya samverkansformer. Flera av dessa är idag okända men kan redan i närtid ge nya utmaningar och möjligheter att kostnadseffektivt skydda mot negativa konsekvenser av extremt väder och ett förändrat klimat. Ett vanligt sätt idag vid dimensionering av skyddsåtgärder är till exempel att göra beräkningar med en "klimatfaktor" eller utifrån dimensionerande nederbördsmängder. Sådana data kan komma att behöva justeras löpande, alternativt bör man redan idag ta ökad höjd för förväntad utveckling med avstamp i scenariodata.

På samma sätt gäller det att vara vaksam på utvecklingen av de båda utsläppscenarierna. De uppföljningar som görs internationellt och nationellt och i förhållande till ingångna internationella överenskommelser visar att världens utsläpp av växthusgaser för närvarande är på väg mot en utveckling som snarare ligger närmare RCP8,5 än det mer optimistiska scenariot RCP4,5

Med nuvarande utveckling ter sig scenario RCP8,5 som ett alltmer realistiskt utfall snarare än ett "värsta möjliga utfall" och på samma sätt kan scenario RCP4,5 uppfattas som alltmer avlägset. Sammanfattningsvis innebär det att de analyser och den möjliga utveckling som redovisas i denna rapport bör bedömas med viss försiktighet och att nya data kontinuerligt kommer att tillföras de kommande åren och i samband med detta påverka utfallet av klimatförändringarnas bedömda påverkan.

I den här rapporten har Stockholms länsgränser utgjort gräns för det geografiska område som studerats. För flera av de analyserade områdena finns länsgränsöverskridande beroenden och kopplingar. Ingen sådan hänsyn har tagits i arbetet och de bedömningar som gjorts men har naturligtvis stor betydelse för utvecklingen av sårbarheten både i ett kortare och längre perspektiv. Beroenden och kopplingar bör studeras närmare i det fortsatta arbetet. Det gäller i stort sett för samtliga områden i analysen utom möjligen ras och skred

För att bedöma länets sårbarhet mer ingående behövs ett mer detaljerat underlag över länets samhällsviktiga verksamheter. Dessa kan läggas samman med kritisk infrastruktur i till exempel en överlagringsanalys. Detta skulle bilda en grund för en fördjupad analys som också kan involvera offentliga och privata aktörer.

Sårbarheten kan till exempel vara geografisk/fysisk eller teknisk/organisatorisk, eller bådadera. Sårbarheten kan också bestå av externa beroenden utanför länets gränser och rådighet. Inget sådant underlag har ingått i denna analys.

I arbetet med att beskriva hur de prioriterade områdena kan komma att påverkas av framtida klimatförändringar har ingen värdering av allvarlighet eller prioritering mellan listade konsekvenser genomförts. Inte heller har värdering och prioritering mellan de valda områdena eller identifiering av åtgärder för att motverka eller överbygga eventuella identifierade sårbarheter ingått uppdraget.

Det betyder att sårbarhetsanalysen som redovisas i den här rapporten är att ses som övergripande. En central koppling finns också till länets risk- och sårbarhetsanalys där klimatets utveckling är en viktig faktor. Dessa processer bör hanteras integrerat i så stor utsträckning som är lämpligt.

Länet bedöms fram till år 2100 behöva möta ett varmare klimat med ökad nederbörd. Detta bedöms resultera i mildare vintrar samt varmare och torrare vår- och sommarperioder. Klimatförändringarna bedöms även till stor del komma att förändra tillrinningsmönster till sjöar, vattendrag och hav med en ökad tillrinning under vinterhalvåret och minskad tillrinning under sommar och vår. Havet längs länets kust kommer också gradvis att stiga och på sikt utgöra ett hot både mot bebyggelse och infrastruktur men framförallt mot Mälaren som dricksvattentäkt.

Vid en samlad analys av länets sårbarhet är det utöver Mälarens sårbarhet några andra områden som också sticker ut. Den ökade nederbörden, både på årsbasis och som ökad frekvens av extrem korttidsnederbörd, skyfall, utgör en stor utmaning i ett alltmer tätbebyggt och exploaterat län med allt högre andel hårdgjorda ytor. Att samtidigt förtäta och ge mer utrymme för olika dagvattenlösningar är en stor utmaning. Ökade nederbördsmängder påverkar också stabiliteten i mark och ökar risken för stabilitetsproblem i det redan byggda och vid exploatering på allt sämre markförhållanden.

Temperaturen ökar sakta och länet blir allt varmare och kommer att behöva möta fler perioder av värmebölja och torka. På samma sätt som med vattnet utgör värmen en stor utmaning i den alltmer förtätade bebyggelsen. Risken för extrema temperaturer i vistelsemiljöer utomhus, i kontor, handelsytor och bostäder är stor redan i dagens klimat och ökar successivt över den studerade perioden. Här finns stora möjligheter i till exempel blå-gröna lösningar som kan hantera både dagvattenutmaningar och ge svalka och sänkta temperaturer.

Kopplat till värme och torka finns slutligen risken för till exempel skadeinsekter och invasiva arter. Möjligheten för stora bränder i skog och mark ökar också succesivt i takt med att brandriskperioden blir allt längre och antalet dagar med högsta brandriskindex blir fler. Sannolikt kommer den förväntade positiva effekten av ett varmare och blötare klimat på tillväxten i skogen och i jordbruket att delvis degraderas av ett ökat hot från skadegörare, torrperioder och ökad risk för brand.

Ett varmare klimat bedöms även kunna leda till vattenbrist som hotar såväl växtproduktionen som djurhållningen. Detta påverkar främst områden där grundvattentillgången generellt är mer begränsad vilket är vanligare inom de kustnära områdena inom länet.

För att bygga ett robust Stockholms län för framtiden behöver samhällsstrukturerna anpassas för att möta de pågående och kommande klimatförändringarna, men också sätta dessa i relation till andra frågor som är aktuella i länet. De naturliga förutsättningarna i länet, pågående och ändrad markanvändning och samhällsutvecklingen kan också påverka hur sårbara olika system är för olika typer av risker och hot.

Processerna för risk- och sårbarhetsanalys respektive klimat- och sårbarhetsanalys är centrala verktyg för att skapa robusthet, resiliens och en hållbar utveckling i Stockholms län där både hot och möjligheter tas tillvara och möts med konkreta åtgärder.

5 SAMMANFATTNING: KLIMATFÖRÄNDRINGAR I STOCKHOLMS LÄN ÅR 2100

SMHI⁷⁸ har tagit fram data som visar hur klimatet kommer att förändras i Stockholms län i framtiden. Hur stor klimatförändringen blir beror på hur mycket växthusgaser vi släpper ut. Analysen utgår från två utvecklingsvägar, eller scenarier, dels en för begränsade utsläpp av växthusgaser (RCP4,5) samt en för fortsatt höga och ökande utsläpp (RCP8,5). Även med minskade utsläpp av växthusgaser kommer effekter på grund av en tröghet i systemet.

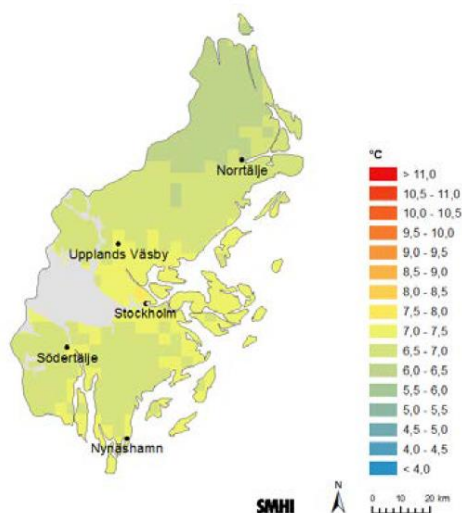
Årsmedeltemperatur och årsmedelnederbörd är de klimatindex som oftast används för att beskriva klimatet och redovisas därför närmare enligt de scenarier som tagits fram för Stockholms län.

5.1 ÖKAD TEMPERATUR

5.1.1 ÅRSMEDELTEMPERATUR

Under perioden 1961 till 1990 var årsmedeltemperaturen⁷⁹ i Stockholms län +5,9 °C, och under perioden 1991–2020 var den +6,6 °C. Sedan 1990 har temperaturen alltså ökat med cirka 0,7 °C. Årsmedeltemperaturen ligger idag mellan 5 och 7 °C i länet, se Figur 3. Varmast är det i länets södra del, i de mer centrala delarna av Stockholm och i skärgården. Längst i norr är det något kallare.

Observerat 1991 - 2013

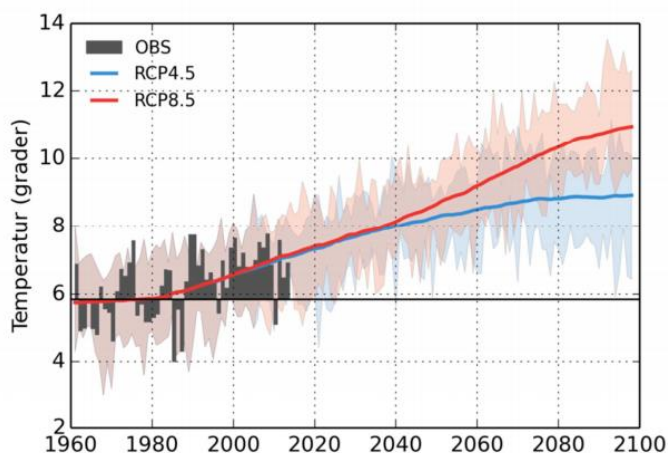


Figur 3. Årsmedeltemperaturer 1991-2013.

Enligt SMHI:s analys kommer det att bli varmare i framtiden i de båda scenarierna. Medeltemperaturen beräknas öka med cirka 3 °C till år 2100 enligt RCP4,5 och med cirka 5 °C enligt RCP8,5, se Figur 4. Förändringen är ungefär densamma för hela länet.

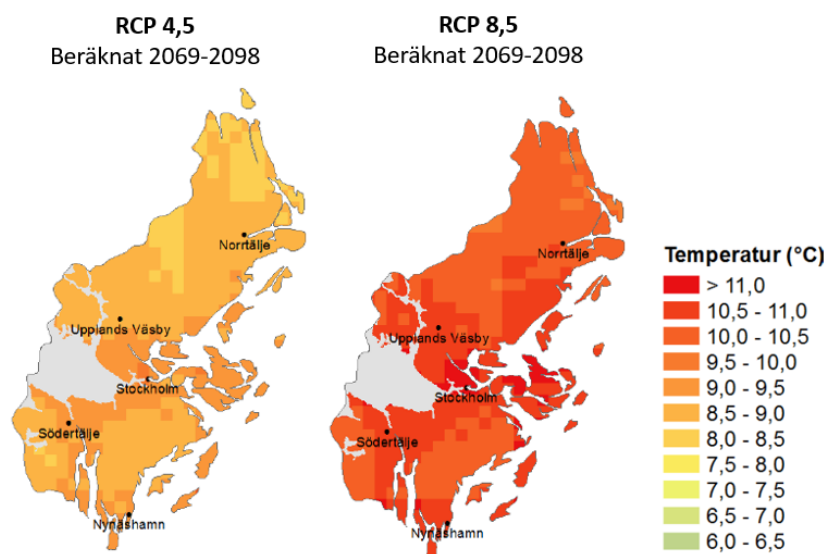
⁷⁸ Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier. SMHI KLIMATOLOGI Nr 21, 2015.

⁷⁹ Årsmedeltemperatur är medelvärde av varje års medeltemperatur beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur



Figur 4. Temperatutveckling för Stockholms län enligt IPCC/SMHI⁸⁰. De skuggade banden är högsta och minsta värdet av beräkningsfallen och illustrerar osäkerheten beräkningsmetodiken.

Fram till omkring år 2100 beräknas medeltemperaturen ha stigit till omkring 9–10 °C enligt RCP4,5 och omkring 11–12 °C enligt RCP8,5, se Figur 5.



Figur 5. Beräknad årsmedeltemperatur för åren 2069-2098

Det är under vintrarna som den största förändringen kommer att ske. Enligt RCP8,5 blir vintrarna upp till sex grader varmare än under referensperioden 1961–1990. Fortsatta utsläppsökningar innebär alltså för Stockholms län ett varmare temperaturklimat än vad Skåne har idag.

⁸⁰ Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier. SMHI KLIMATOLOGI Nr 21, 2015.

5.1.2 VEGETATIONSPERIOD/VÄXTSÄSONG

En vegetationsperiod definieras som den del av året då dygnsmedeltemperaturen överstiger ett visst gränsvärde, som vanligen ligger mellan +3 °C och +5 °C⁸¹. Längden på vegetationsperioden i länet var som helhet 201 dagar det vill säga drygt 6 månader, under perioden 1961–1990. Vegetationsperioden är något längre i länets södra del och lite kortare längst i norr. Under de senaste dryga 20 åren har vegetationsperioden utökats med ungefär 1 vecka.

Beräkningarna visar tydligt att vegetationsperioden blir allt längre. Fram till omkring år 2100 visar RCP4,5 på en ökning med cirka 60 dagar och enligt RCP8,5 en ökning på cirka 100 dagar. I detta scenario, med varmare vårar och höstar, kommer vegetationsperioden täcka in mer än fyra femtedelar av året mot slutet av seklet. I Stockholms län kan vegetationsperioden i framtiden börja redan i februari.

5.1.3 VÄRMEBÖLJA

Värmebölja är ett begrepp för att beskriva en längre period med höga dagstemperaturer. Vad som kan betraktas som höga dagstemperaturer varierar stort mellan olika länder och klimat. Vi är dock anpassade till ett kallt klimat vilket innebär att normal värme i andra länder kan upplevas som besvärande varmt här.

Det finns ingen allmänt vedertagen internationell definition av värmebölja. Även i Sverige förekommer flera olika definitioner och begrepp. Följande definitioner används av SMHI.

- En sammanhängande period då dygnets högsta temperatur är minst 25.0 °C minst fem dagar i sträck⁸².
- Årets längsta sammanhängande period med dygnsmedeltemperatur över 20 °C⁸³.

I framtiden kan värmeböljor inträffa betydligt oftare i Sverige jämfört med i dag och dessutom varar de längre. Under de senaste drygt 20 åren har det blivit något varmare och antalet sammanhängande dagar med medeltemperaturer över 20 °C har ökat till upp emot 5–7 dagar per år.

Beräkningarna visar på längre perioder med dygnsmedeltemperaturer över 20 °C. I slutet av seklet kommer värmeböljornas längd ökat till cirka 25 dagar enligt RCP8,5 och till cirka 10 dagar enligt RCP4,5.

5.2 ÖKAD NEDERBÖRD

5.2.1 ÅRSMEDELNEDERBÖRD

En varmare atmosfär innebär högre avdunstning och snabbare cirkulation vilket ger mer nederbörd. Årsmedelnederbörden⁸⁴ i Stockholms län var 609 millimeter under perioden 1961 till 1990. Enligt SMHI:s analys kommer nederbörden att öka i Stockholms län i båda scenarierna fram till år 2100. Scenariot RCP4,5 visar på en ökning på cirka 20 % av årsmedelnederbörden och scenariot RCP8,5 visar på en ökning upp mot 30 %. Nederbörden kommer öka mest under vinter och vår, då ökningen kan bli upp till 40 %.

⁸¹ Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier. SMHI KLIMATOLOGI Nr 21, 2015.

⁸² SMHI, 2016 <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/varmebolja-1.22372>

⁸³ Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier. SMHI KLIMATOLOGI Nr 21, 2015.

⁸⁴ Årsmedelnederbörd är medelvärdet av varje års summerade dygnsnederbörd.

I ett varmare klimat kommer kraftig nederbörd och skyfall bli vanligare, frekvensen kommer öka och så även intensiteten. Den maximala dygnsnederbörden kan komma att öka med 20–30 % och 1-timmesnederbörden med upp till 30 %.

5.3 FLÖDEN OCH VATTENNIVÅER

Genom att både nederbörd och temperatur ökar leder det till att flödena i våra vattendrag och sjöar förändras. Omkring år 2100 kommer tillrinningen till vattendragen att öka med uppemot 75 % vintertid. För vår och sommar ses däremot en minskad tillrinning för vattendragen.

Framtidsscenarierna visar att vattenflödena kommer bli lägre sommartid och högre under hösten och under vintern. Då mer nederbörd faller som regn vintertid ger det högre vinterflöden och mindre distinkta eller till och med avsaknad av vårflodstoppar.

RCP8,5 ger högre vintertillrinning och lägre sommartillrinning samt längre period med låg tillrinning än vad RCP4,5 ger. Antalet dagar då tillrinningen är låg väntas öka från cirka 30 dagar i dagens klimat till 50–80 dagar i slutet av seklet. Antalet dagar med låg markfuktighet ökar i framtiden.

För mer information om flöden och vattennivåer se kapitel 2.2 Översvämning och kapitel 2.4 Brister i vattenförsörjning.