



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

FORSKNING/STUDIE

Plattform för analys av förmågan att hantera händelser med avseende på ett förändrat klimat (PAKT)

Plattform för analys av förmågan att hantera händelser med avseende på ett förändrat klimat (PAKT)

Tidsperiod: 2022-2023

Utförare: Linköpings universitet

Ansvarig: forskare/författare Tobias Andersson Granberg, Anna-Maria Grönbäck, Magnus Johansson, Martin Waldemarsson

Kort sammanfattning Rapporten sammanställer kunskapsläge om riskbilder och scenarion i Sverige för framtida naturhändelser utifrån ett klimatförändringsperspektiv. Därtill presenteras ett konceptuellt ramverk för kartläggning av beredskap uppdelat i fyra domäner (Behov, Resurs, Styrning och Beroenden), samt en metodik för att analysera samhällets förmåga att hantera framtida händelser i ett förändrat klimat.

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

MSB:s Kontaktpersoner: Josefin Gullstrand, 010-2405208, Viveca Norén, 010-240 40 99

Text: Tobias Andersson Granberg, Anna-Maria Grönbäck, Magnus Johansson, Martin Waldemarsson

Publ. nr: MSB2189 – april 2023

Parallellt publicerad: CARER Rapport 2023:42

ISBN: 978-91-7927-387-3

MSB har beställt och finansierat genomförandet av denna forskningsrapport (alt. studierapport). Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll.

Innehåll

SAMMANFATTNING	5
INLEDNING	6
Bakgrund	6
Syfte	6
Mål	7
Disposition	7
DEL 1 - RISKBILDER OCH SCENARION	8
Underlag och avgränsning	8
Klimatförändringar och effekter	9
Risker som framhålls	10
DEL 2 – ATT ANALYSERA SAMHÄLLETS FÖRMÅGA	15
A – Behov	16
B – Resurser	16
C – Styrning	17
D – Beroenden	19
METODBESKRIVNING	20
Välj händelse och område för analys	20
Kartlägg behov	20
Identifiera platser	21
Skatta sannolikheter och omfattning	21
Bedöm sårbarheter, inklusive population och kritisk infrastruktur	21
Bedöm risken för multipla händelser	22
Kartlägg resurser	22
Identifiera lokala, regionala, nationella och internationella resurser	22
Skatta insatstid för samtliga resurser	23
Skatta insatsförmåga för samtliga resurser	23
Kartlägg styrning	24
Identifiera resursägare	24
Identifiera ledningsstrukturer	24
Identifiera samverkans- och kommunikationsvägar	24
Modellera beroenden	24
Gör en kvantitativ, konceptuell modell över beroenden	25
Vid behov: ta fram kvantitativa samband mellan behov och resurser	25
Analysera beredskap	26
EXEMPEL PÅ APPLICERAD METOD	28
Välj händelse och område för analys	28
Kartlägg behov	28

Kartlägg resurser	29
Kartlägg styrning	29
Modellera beroenden	29
Analysera beredskap.....	32
SLUTSATS	34
REFERENSER	35
BILAGA A.....	39

Sammanfattning

För att kunna hantera framtida klimatrelaterade händelser behöver samhällets beredskap anpassas och sannolikt utökas. Kunskapsläget över vilken förmåga som behövs för att hantera risker i ett förändrat klimat behöver sammanställas och framtida behov behöver jämföras mot nuvarande beredskapsnivåer för att identifiera lämpliga åtgärder. En analys behöver göras kring eventuella brister, utifrån vilken åtgärder sedan kan prioriteras och vidtas avseende olika delar i förmågan att hantera händelser, bland annat avseende tillhandahållande av statliga förstärkningsresurser. Denna studie analyserar vilken systematik som kan vara aktuell för att möjliggöra sådana analyser och utredningar.

Studiens övergripande syfte är att ge förslag kring hur bedömningar kan göras om framtidens behov av statliga förstärkningsresurser i syfte att möta framtidens klimatrelaterade risker. Detta inkluderar en sammanställning av kunskapsläget kring risker och scenarion avseende framtida naturhändelser utifrån ett klimatförändringsperspektiv, med information om var mer kunskap kan hittas. Det inkluderar också att titta på metoder för att dels analysera behov av förmåga på olika nivåer att hantera de klimatrelaterade riskerna och dels hur dimensionering av förmåga kan göras för att möta behovet.

Studien består av två delar. I del 1 ges en sammanställning av kunskapsläget om riskbilder och scenarion i Sverige vad gäller framtida naturhändelser utifrån ett klimatförändringsperspektiv och tidsperioden fram till ca år 2100. I del 2 presenteras initialt ett konceptuellt ramverk för kartläggning av beredskap uppdelat i fyra huvuddomäner: Behov, Resurs, Styrning och Beroenden. Baserat på ramverket presenteras därefter en metodik för att analysera samhällets förmåga att hantera framtida händelser i ett förändrat klimat. För att kunna identifiera en lämplig framtida beredskapsnivå, behöver samhällets förmåga att hantera händelser gentemot en framtida riskbild analyseras. Del 2 fokuserar på hur relevanta myndigheter ska kunna gå tillväga för att göra en sådan analys som slutligen kan utgöra beslutsunderlag avseende framtida beredskap. Avslutningsvis ges ett exempel på hur metoden kan användas där händelsen skogsbrand, av omfattningen att nationella förstärkningsresurser i form av MSBs upphandlade helikoptrar och flygplan för skogsbrandbekämpning kan bli aktuella att nyttja, utgör själva händelsen.

Inledning

Rapporten sammanställer kunskapsläge om riskbilder och scenarion i Sverige för framtida naturhändelser utifrån ett klimatförändringsperspektiv. Därtill presenteras ett konceptuellt ramverk för kartläggning av beredskap uppdelat i fyra domäner (Behov, Resurs, Styrning och Beroenden), samt en metodik för att analysera samhällets förmåga att hantera framtida händelser i ett förändrat klimat.

Bakgrund

Med ett förändrat klimat kommer sannolikheten för och omfattningen av klimatrelaterade händelser att förändras och i många fall öka. För att möta utmaningarna och kunna hantera framtida händelser behöver samhällets beredskap anpassas och sannolikt utökas. För att identifiera vilka åtgärder som behöver vidtas för att hitta en rimlig framtida beredskapsnivå, behöver kunskapsläget över vilken förmåga som behövs för att hantera risker i ett förändrat klimat sammanställas och jämföras mot nuvarande beredskapsnivåer. En analys behöver göras kring eventuella brister, utifrån vilken åtgärder sedan kan prioriteras och vidtas avseende olika delar i förmågan att hantera händelser, bland annat avseende tillhandahållande av statliga förstärkningsresurser. Utifrån detta har MSB låtit göra en förstudie kring vilken systematik som kan vara aktuell för att möjliggöra sådana analyser och utredningar.

Denna rapport är dokumentation från den förstudie som finansierats av MSB. Den har skrivits inom ramen för Centrum för forskning inom respons- och räddningssystem (CAREER) som bedriver forskning inom respons- och räddningsområdet. CAREER är ett tvärvetenskapligt forskningscentrum och ett samarbete mellan Linköpings universitet (LiU) och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

Syfte

Studiens övergripande syfte är att ge förslag kring hur bedömningar kan göras om framtidens behov av statliga förstärkningsresurser i syfte att möta framtidens klimatrelaterade risker. Detta inkluderar en sammanställning av kunskapsläget kring risker och scenarion avseende framtida naturhändelser utifrån ett klimatförändringsperspektiv, med information om var mer kunskap kan hittas. Det inkluderar också att titta på metoder för att dels analysera behov av förmåga på olika nivåer att hantera de klimatrelaterade riskerna och dels hur dimensionering av förmåga kan göras för att möta behovet.

Mål

Målet för studien är att:

- Få en sammanställning av kunskapsläget om riskbilder och scenarion i Sverige vad gäller framtida naturhändelser utifrån ett klimatförändringsperspektiv och tidsperioden fram till ca år 2100.
- Få en grundläggande tillämpbar metodik för hur samhällets behov av förmåga att hantera naturrelaterade händelser ska kunna analyseras på lokal, regional och central nivå, för att utgöra beslutsunderlag avseende beredskap.

Disposition

Rapporten består i huvudsak av två delar:

I del 1 ges en sammanställning av kunskapsläget om riskbilder och scenarion i Sverige vad gäller framtida naturhändelser utifrån ett klimatförändringsperspektiv och tidsperioden fram till ca år 2100. Till del 1 hör även Bilaga A.

I del 2 presenteras en metodik för att analysera samhällets förmåga att hantera framtida händelser i ett förändrat klimat. För att kunna identifiera en lämplig framtida beredskapsnivå, behöver samhällets förmåga att hantera händelser gentemot en framtida riskbild analyseras. Denna del fokuserar på hur relevanta myndigheter ska kunna gå tillväga för att göra en sådan analys.

Del 1 - Riskbilder och scenarion

I den inledande delen av rapporten ges en sammanställning av kunskapsläget om riskbilder och scenarion i Sverige vad gäller framtida naturhändelser utifrån ett klimatförändringsperspektiv och tidsperioden fram till ca år 2100.

Underlag och avgränsning

Sammanställningen tar sin utgångspunkt i förordningen (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete och det ansvar som åläggs Länsstyrelserna. Dessa ska “inom sitt ansvarsområde och inom ramen för sina uppdrag initiera, stödja och utvärdera arbetet med klimatanpassning”, vilket även inkluderar att stödja kommunernas klimatanpassningsarbete. Länsstyrelserna ska analysera hur länet påverkas av klimatförändringarna genom en klimat- och sårbarhetsanalys, som ska hållas aktuell och uppdateras vid behov eller minst vart femte år. Dessa analyser utgör underlag för studiens sammanställning av klimateffekter och identifierade risker, aggregerade på regional nivå.

Publicerade rapporter med information om klimat- och sårbarhetsanalyserna återfinns via respektive länsstyrelses hemsida “Klimatanpassning” (ex. <https://www.lansstyrelsen.se/dalarna/samhalle/planering-och-byggande/klimatanpassning.html>).

Lämpliga underlag för att analysera dimensioneringsfrågor av förstärkningsresurser kan också vara de kommunala handlingsprogrammen och kommunala rapporter som skapas utifrån regeringsuppdraget att senast 2026 ha gjort en klimat- och sårbarhetsanalys. Länsstyrelsernas klimat- och sårbarhetsanalyser som sammanställs i den här rapporten har visserligen en koppling till kommunernas analyser, men ger en aggregerad och mer allmänt hållen bild av riskerna.

En annan utgångspunkt är de länsvisa klimatanalyser som SMHI tog fram 2015 utifrån ett uppdrag i sitt regleringsbrev. Dessa baserades på de då nya klimatscenerierna (Representative Concentration Pathways (RCP)) som IPCC presenterade 2013 (IPCC, 2013). De scenarier för beräkning av globala socioekonomiska förändringar fram till 2100, “Shared Socioeconomic Pathways” (SSP), som IPCC modellerat och presenterat under 2022 (IPCC, 2022), har ännu inte anpassats till den svenska kontexten på regional nivå.

De flesta länsstyrelser har gjort klimat- och sårbarhetsanalyser som utgår ifrån SMHIs länsvisa analyser 2015, men inte alla. Rapporter som baseras på ett underlag som är äldre än 2015 har inte tagits med i den här studien, varför några

Länsstyrelser analyser saknas. Arbetsmaterial och pågående uppdateringar har inte beaktats. I tabell 1 redovisas vilka dokument som ingår i sammanställningen.

Tabell 1. Rapporter som samlats in utifrån studiens avgränsning.

Länsstyrelse	Rapporter
Norrbottnen	Regional handlingsplan för anpassning till förändrat klimat. (2020)
Västerbotten	Klimatanpassa Västerbotten. Regional vägledning och övergripande handlingsplan för klimatanpassning 2020–2025. (2020)
Jämtland	KARSA. En faktsammanställning om klimatanpassning och risk och sårbarhetsarbete i Jämtlands län. (2018)
Dalarna	Regional plan för klimatanpassning i Dalarna. Rapport 2021:09. (2021)
Värmland	Klimat- och sårbarhetsanalys. Värmland i ett förändrat klimat. 2020:24. (2020)
Örebro	Regional handlingsplan för klimatanpassning i Örebro län. 2016:4. (2016)
Uppsala	Regional handlingsplan för klimatanpassning i Uppsala län. (2014 (uppdaterad 2015))
Östergötland	Handlingsplan Klimatanpassning Länsstyrelsen Östergötland. 2021-2. (2021)
Västra Götaland	Klimat- och sårbarhetsanalys och myndighetsmål. Klimatanpassning 2019. (2019)
Jönköping	Anpassning till ett förändrat klimat Åtgärdsprogram 2021–2025 Jönköpings län. Meddelande nr 2021:26. (2021)
Kalmar	Klimat och sårbarhetsanalys för Länsstyrelsen Kalmar – 2020. (2020)
Gotland	Regional handlingsplan för klimatanpassning i Gotlands län 2018–2020
Kronoberg	Klimat- och sårbarhetsanalys. Länsstyrelsen Kronobergs län 2022–2026. (2022)
Skåne	Regional handlingsplan för klimatanpassning för Länsstyrelsen Skåne 2020–2024. 2020:03. (2020)

Klimatförändringar och effekter

SMHI:s länsvisa klimatanalyser baseras på observationer och beräkningar utifrån två olika utvecklingsvägar; begränsade utsläpp (RCP4.5) och höga utsläpp (RCP8.5). Klimatförändringarna och effekterna därav är relativt lika för de två scenarierna fram till 2050, men skiljer sig mer markant åt under andra halvan av seklet. Även om valet av scenario för klimat- och sårbarhetsanalyser spelar mindre roll i ett kortare tidsperspektiv, tillämpar Länsstyrelserna försiktighetsprincipen och använder båda scenarierna. Flera länsstyrelser väljer i det långsiktiga perspektivet, fram till 2100, att i första hand utgå från RCP8.5, för att “ta höjd för större förändringar”.

Det finns en del skillnader regionalt i de olika klimatanalyserna. I tabell 2 exemplifieras detta för Norrbotten, Örebro och Skåne län. Mellan län förväntas klimatförändringar och effekter som kan relateras till geografiskt läge i nord-sydlig utsträckning, men även naturgeografiska faktorer som älvnära, kustnära, fjällnära eller inland spelar stor roll. Inom länen på lokal nivå finns naturgeografiska förhållanden som likaledes ger variationer från de värden som presenteras i tabell 2.

Tabell 2. Klimatförändringar och effekter i norra, mellersta och södra Sverige fram till 2100 enligt RCP8.5. Information sammanställd från de rapporter som nämns i tabell 1.

Förändring 2100 RCP8.5	Norrbottens län	Örebro län	Skåne län
Årsmedeltemperatur	+6°C (graders ökning)	+5°C	+4°C
Vegetationsperiod	+50 dagar	+75 dagar	+100 dagar
Värmeböljors längd (dygnsmedeltemp. >20°C)	fåtal tillfällen → 10 dagar	2,9 → 18	2,4 → 20
Låg markfuktighet	Fjäll: 30 dagar/år → 90	10 dagar/år → 40	15 dagar/år → 50
Årsmedelnederbörd	+40%	+20%	+25%
Maximal dygnsnederbörd	+25%	+20%	+20%
Total medeltillrinning (år)	+20-40%	+10%	+10%
Tillrinningens årsdynamik	Tidigare vårflodestoppar, och högre vinter- och höstflöden.	Ökad vattenföring under hösten, men framförallt under vintern. Vårflodestoppen minskar. Låg vattenföring sommartid.	Högre vinterflöden. Lägre sommartillrinning i längre perioder.
Snötäcke, antal dagar	Kust: 20-80 dagar. NV: 200 dagar.		

Länsstyrelserna i de sju nordligaste länen efterfrågade 2019 utökade analyser av framtida snöförhållanden. SMHIs rapport (Persson et al., 2020) redovisar analyser som visar på mycket påtagliga minskningar av snödjup samt minskat antal dagar med förekomst av snö (oavsett snömängd). De beräknade förändringarna gäller över i stort sett hela norra Sverige, men störst minskning förväntas i delar av Värmland och Dalarna, samt längs Norrlandskusten. Antalet växlingar från dygn med minusgrader till dygn med plusgrader minskar eller tvärtom är oförändrat i dessa områden, men ökar i de inre delarna av norra Sverige.

Risker som framhålls

Även om länsstyrelsernas rapporter och analyser inte har en enhetlig struktur, är en del ansatser för analyserna återkommande. Många förefaller utgå implicit eller explicit från de sju utmaningar som bedöms vara särskilt prioriterade för Sverige, vilka beskrivs i den nationella strategin för klimatanpassning (Regeringens proposition 2017/18:163). Olika nationella myndigheter har varit med och formulerat utmaningarna och har också ansvar för att bistå samhällets aktörer med kunskapsunderlag. Utmaningarna är:

1. Ras, skred och erosion som hotar samhällen, infrastruktur och företag
2. Översvämning som hotar samhällen, infrastruktur och företag

3. Höga temperaturer som innebär risker för hälsa och välbefinnande för människor och djur
4. Brister i vattenförsörjning för enskilda, jordbruk och industri
5. Biologiska och ekologiska effekter som påverkar en hållbar utveckling
6. Påverkan på inhemsk och internationell livsmedelsproduktion och handel
7. Ökad förekomst av skadegörare och sjukdomar samt invasiva främmande arter som påverkar människor, djur och växter

Länsstyrelsernas klimat- och sårbarhetsanalyser presenteras dock oftast utifrån verksamheter och sektorer, vilket möjligen har sin orsak i att man inspirerats av de lagstadgade, och äldre, processerna för risk- och sårbarhetsanalys och tillämpat dem på klimateffekter. Vägledning och metodstöd för det tillvägagångssättet har utvecklats under senare år (ex. FOI, 2011). I SMHI:s kontrollstation 2015 delades nulägesbeskrivningen av klimatanpassningsarbetet i Sverige in i dessa områden:

- Integrerad vattenförvaltning och dricksvatten
- Kommunikationer
- Tekniska försörjningssystem
- Bebyggelse, byggnader och kulturarv
- Areella näringar och besöksnäring
- Hälsa
- Naturmiljö och miljömål

Detta utgör den vanligaste strukturen i Länsstyrelsernas rapporter och utgör också grund för den matris som studiens sammanställning har resulterat i (se Appendix A). Sammanställningen innehåller bearbetningar och aggregeringar av länsstyrelsernas egna beskrivningar av riskbilden. Risker och klimateffekter som uppenbart inte relaterar till ett eventuellt behov av MBSs statliga förstärkningsresurser har inte tagits med i sammanställningen. Exempel finns framförallt inom areella näringar, exempelvis förändringar i snötillgång i relation till rennäring och turism, men också inom natur- och kulturmiljö. Huruvida olika typer av nya förstärkningsresurser behöver utvecklas för hantering av sådana risker, inom ramen för MBSs eller andra nationella myndigheters uppdrag, ligger utanför den här studien. De statliga förstärkningsresurser som MSB tillhandahåller syftar idag till stöd för (MSB, 2020):

- Skogsbrand
- Översvämning
- Strandnära oljeutsläpp

- CBRN
- Sök och räddning
- Samverkan och ledning
- Vårdlandsstöd
- Ambulansflyg
- Att bistå personer med hemvist i Sverige som drabbas av en allvarlig händelse utomlands

Kommunikationer

Samtliga i studien ingående länsstyrelser nämner att man förväntar sig ökade risker kopplat till extremt väder eller långvariga förändringar i nederbörd och temperatur. Översvämningar, skred och erosion hotar att underminera, minska bärigheten och ge skador på väg och järnväg. Länsstyrelser i norr framhåller ökade problem med halka, tjälskador och istäckta dagvattensystem pga. att temperaturen oftare passerar nollstrecket men också ökad risk för snöras och laviner. Ökade flöden i älvar och åar innebär högre krav på trummor och broar, vilket också påverkar den digitala kommunikationen eftersom många fiberkablar är lagda i broar. Det glesa väg- och järnvägsnätet i Norrland har ibland få omledningsmöjligheter vid skador. I södra Sverige lyfts särskilt underdimensionerade dagvattensystem i tätorter fram som problematiskt i förhållande till ökade översvämningrisker och hindrad framkomlighet.

Värmeböljor kan ge skador på asfaltsbeläggning, men särskilt järnvägen påverkas negativt av höga temperaturer genom exempelvis expansionsskador i räls eller skador på komponenter i växlar och kontaktledning. Brandrisken längs järnvägen ökar under torra och varma förhållanden.

Stormar kan orsaka stora störningar inom väg- och järnvägstrafiken.

De indirekta konsekvenserna av avbrott i elektronisk kommunikation och avbrott i trafiken kan bli mycket stora utifrån nämnda naturfenomen, med samhällsstörningar som återfinns även utanför de drabbade områden.

Tekniska försörjningssystem

De norrländska länsstyrelserna beskriver hur överströmning av vattendammar i samband med ökade risker för extrema flöden riskerar att orsaka dammbrott, oavsett typ av damm. Många vattendomar är inte anpassade för ett framtida förändrat klimat och/eller har eftersatt underhåll.

Samtliga länsstyrelser tar upp ökade risker och fler incidenter med bräddning (nödutsläpp av orenat vatten vid överbelastning) av reningsverk och dagvattensystem, samt relaterade problem med dricksvattenkvalitet och spridning av mikrobiologiska föroreningar och läkemedelsrester. Skyfall och översvämningar ger risker för kontaminering av dricksvatten från förorenad mark, vägar, järnvägar, bekämpningsmedel från jord- och skogsbruk och petroleumhantering.

Ytvattentäkter är särskilt utsatta. Kustnära kan en stigande havsnivå ge ökade risker med saltvatteninträngning i grundvatten och vattentäkter.

Översvämningar pga. skyfall och höga flöden i vattendrag påverkar teknisk infrastruktur genom fysiska skador och/eller elbortfall.

Värmeböljor och torka ökar brandrisken vilket i sin tur ökar riskerna för skador på nätstationer, ledningar och byggnader och därmed elförsörjningen, med potentiella indirekta effekter långt utanför brandområdet.

Bebyggelse

Ökade översvämningrisker för bebyggelse beskrivs av samtliga länsstyrelser. Bebyggelse återfinns i översvämningsskänsliga områden som nära kuster, längs älvar och åar. Underdimensionerade dagvattensystem i förhållande till nederbördsnivåer i ett framtida förändrat klimat är ett ofta förekommande problem i tätorter. Skred- och erosionsrisker finns i särskilda områden, exempelvis längs Göta älv eller strandnära bebyggelse längs älvar och kuster.

Blötare och tyngre snö ökar risken för takras.

Areella näringar

Längre vegetationsperiod gynnar skoglig tillväxt, men det finns också ökade risker för skador av röta, svamp- och insektsangrepp samt betestryck från en större viltstam. Ökad risk och frekvens för vattenmättad mark hämmar tillväxten, försvårar avverkningsarbeten och ger sämre bärighet på vägar för virkestransport. Risken för stormfällning av skog ökar i vattenmättad mark och med minskad förekomst av tjäle. Värmeböljor och torka kan medföra sämre tillväxt och ökad brandrisk i skog och mark.

Jordbruket gynnas av längre vegetationsperiod, men invandring söderifrån av skadeinsekter, parasiter och djursjukdomar innebär nya risker. Torka kan innebära vattenbrist som påverkar jordbruket och djurhållningen, men också akvatiska ekosystem generellt.

Vattenbrist kan påverka industriella verksamheter med behov av kyl- och processvatten. Det finns också en ökad risk för sänkta grundvattennivåer och ökad konkurrens om vattenresurserna.

Ökad nederbörd innebär risk för bräddning från gruvors sand- och klarningsmagasin med spridning av föroreningar och försämrad vattenkvalitet.

Hälsa

Värmeböljor, med höga temperaturer under lång tid, kan påverka människors hälsa negativt – särskilt äldre och riskgrupper med olika underliggande sjukdomar. Detta ger ökade risker för periodvis stor belastning på vården. Höga sommartemperaturer ökar risken för druckningsolyckor. De ger också ökad risk för mygg- och fästingburna smittor som TBE, borrelia och harpest, men också andra sjukdomar som kopplas till nya sjukdomsbärare som vandrar in.

Skyfall och översvämning kan ge kontaminering av dricksvatten och smittspridning.

Omvärldsförändringarnas påverkan

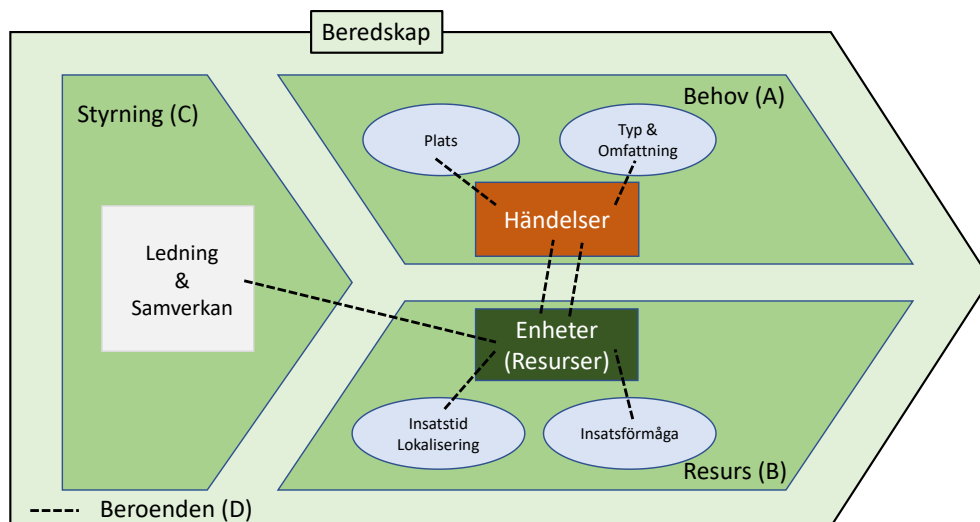
Sverige importerar idag ungefär hälften av de livsmedel som konsumeras. Nya nederbörds- och temperaturvariationer, med relaterade klimateffekter, leder till en minskad förutsägbarhet inom livsmedelsproduktionen i Sverige och utomlands.

Några länsstyrelser lyfter också fram risken för mer regelbundet migrationstryck.

Del 2 – Att analysera samhällets förmåga

Del 2 har som mål att presentera en metodik för att analysera samhällets förmåga att hantera framtida händelser i ett förändrat klimat.

För att kunna identifiera en lämplig framtida beredskapsnivå, behöver samhällets förmåga att hantera händelser gentemot en framtida riskbild analyseras. Fokus ligger därför på hur relevanta myndigheter ska kunna gå tillväga för att göra en sådan analys. Kartläggning av beredskap kan delas in i fyra huvud-domäner: Behov (A), Resurs (B), Styrning (C) och Beroenden (D), vilket konceptuellt beskrivs i figur 1.



Figur 1. Konceptuellt ramverk för kartläggning av beredskap

Inspiration till ramverket i Figur 1 ovan har tagits från Granberg et al. (2014), Dufty (2020), Fredholm och Göransson (2006), samt Tingsanchali (2012). I exempelvis USA har man gjort en liknande uppdelning av områden när det kommer till hur förberedelser för att hantera storskaliga händelser genomförs—National Incident Management System (NIMS), som fungerar som en guide för myndigheter och organisationer att planera sin beredskap och skapa en gemensam terminologivid samverkan. De huvudområden som beskrivs i NIMS är uppdelade i resurshantering, ledning och koordinering samt kommunikations- och informationshantering.

A – Behov

Händelser, däribland naturhändelser, kan karakteriseras med hjälp av olika faktorer: vilken typ av händelse det är; vilken omfattning händelsen har; geografisk plats för händelsen; och med vilken sannolikhet denna händelse sker.

De delar av samhället som påverkas av händelsen ger i sin tur upphov till konsekvenser för vilka beredskap bör finnas för att kunna hanteras vid en naturhändelse. Vilka kritiska samhällsfunktioner riskerar att störas? Finns det särskilt utsatta grupper och hur påverkas deras risk för skada eller död av händelsen? Vilken risk finns det att materiella eller naturvärden påverkas av händelsen, och på vilket sätt? Hur påverkas dessa delar om inga resurser alls sätts in, alltså hur väl tror man att situationen kan klaras av utan användandet av dedikerade resurser för att ta hand om händelsen? För det senare kan till exempel organisationer och privatpersoners egen beredskap och riskmedvetenhet tas i beaktning, vilken kan ha en stor betydelse för vilka verkliga behov som konsekvenserna av en händelse bidrar till att skapa. Detta tas exempelvis upp i Dufty (2020) som en del i att kartlägga behov och beredskap för samhällen.

Kartläggningen av en händelses konsekvenser liksom händelsens karaktär och sannolikhet kan tillsammans analyseras genom till exempel en grundläggande riskanalys för varje givet område, och utifrån denna få en samlad riskbild från vilken behoven som uppstår till följd av händelsen kan identifieras.

Karaktären av händelsen samt potentiella konsekvenser för samhället kan hämtas från såväl egna tidigare erfarenheter samt litteratur, beroende på vilken typ av händelse det handlar om.

För ett land som Sverige, där de geografiska förutsättningarna skiljer sig mycket mellan de olika landsdelarna, kan en behovskartläggning visa på stora skillnader mellan områden. Detta belyses i Del 1, där olika län har bedömt olika klimatförändringsrisker utifrån sina specifika geografiska förutsättningar. Detta blir därför också en viktig faktor att ha i åtanke vid en behovsanalys som görs på nationell nivå.

B – Resurser

Att ha resurser för att hantera alla händelser som kan inträffa är ofta inte ekonomiskt försvarbart ur ett samhällsperspektiv. Därför är en riskanalys samt prioritering av hur en händelse ska hanteras enligt (A) viktig. Utifrån detta görs sedan en bedömning av vilka och hur många resurser som ska finnas för att kunna hantera en händelses konsekvenser, samt hur dessa ska organiseras. Vilka prioriteringar som behöver göras utifrån händelsens påverkan (se A – Behov) är viktiga att klarlägga på förhand.

Insatstiden påverkas av antalet tillgängliga enheter samt deras placering, och för de flesta händelser påverkas utfallet av insatstiden. Vid planering av vilka enheter som

ska användas för olika typer av händelser samt vilken roll de ska ges vid en insats bör därför dessa faktorer tas hänsyn till.

Förutom enheter som tillhör den offentliga sektorn så bör även frivilliginsatser från till exempel ideella organisationer tas med i en kartläggning av tillgängliga resurser, där organisationernas kapacitet tas med i planeringen av responsen för en viss händelse. Det finns olika modeller för hur frivilliginsatser kan användas, men kommunikation och delaktighet är viktiga faktorer oavsett modell (Rouhi et al, 2019). Även den privata sektorn skulle kunna ingå i en kartläggning av tillgängliga resurser (Guan & Zhuang, 2015).

Utifrån en riskanalys går det att identifiera områden som skulle kunna kräva ett större resursbehov. En händelse som ger allvarliga konsekvenser om inga insatser görs för att hantera den (före eller under) och som har stor sannolikhet att inträffa kräver att tillräckliga resurser finns tillgängliga i beredskap. Genom att kartlägga behovsnivån och/eller risknivån (enligt A ovan), samt även kartlägga hur olika enheter och organisationer påverkas av händelsen, kan eventuella resursbehov lyftas fram. Det gör att man kan få en överblick över var resurser saknas och utifrån det fatta beslut om vilka investeringsbehov som finns för att uppnå önskad kapacitet. En vanlig metod för att prioritera mellan olika alternativ är kostnadsnyttoanalys (Cost Benefit Analysis), men även kapacitetsbaserad analys kan vara en lämplig metod (vilken tar hänsyn till fler välfärdsaspekter) (Murphy & Gardoni, 2007). Investeringsbehovet i resurser och kapacitet kan också bedömas genom investeringsanalys där kostnader för investeringar vägs mot värdet av förväntade framtida kostnadsbesparingar (UNICEF, 2015).

C – Styrning

En viktig aspekt är hur ansvaret mellan olika myndigheter är uppdelat och var det huvudsakliga ansvaret finns. I traditionell bemärkelse gäller *likhet, närhet* och *ansvar*, dvs att den som är närmast och bäst lämpad också bär ansvaret för att hantera händelsen. Enligt Förordning (2022:525) om civilområdesansvariga länsstyrelser (Regeringskansliets rättsdatabaser, 2023a) är landet indelat i sex civilområden, där det finns en ansvarig länsstyrelse för respektive område. Därtill finns en indelning i tio olika beredskapssektorer i enlighet med Förordning (2022:524) om statliga myndigheters beredskap, vilket ses i tabell 3 nedan (Regeringskansliets rättsdatabaser, 2023b). Övergripande har MSB *”en särskild roll att både hålla samman arbetet mellan olika sektorer och stödja regeringen när det inträffar kriser och andra allvarliga händelser”* (MSB, 2023a).

Tabell 3. Beredsskapssektorer i enlighet med Förordning (2022:524).

Beredsskapssektor	Sektorsansvarig myndighet	Övriga myndigheter som ingår i beredsskapssektorn
Ekonomisk säkerhet	Försäkringskassan	Arbetsförmedlingen Pensionsmyndigheten Riksgäldskontoret Skatteverket Statens servicecenter
Elektroniska kommunikationer och post	Post- och telestyrelsen	Affärsverket svenska kraftnät Myndigheten för samhällsskydd och beredskap Trafikverket
Energiförsörjning	Statens energimyndighet	Affärsverket svenska kraftnät Energimarknadsinspektionen Strålsäkerhetsmyndigheten
Finansiella tjänster Försörjning av grunddata	Finansinspektionen Skatteverket	Riksgäldskontoret Bolagsverket Lantmäteriet Myndigheten för digital förvaltning
Hälsa, vård och omsorg	Socialstyrelsen	E-hälsomyndigheten Folkhälsomyndigheten Läkemedelsverket
Livsmedelsförsörjning och dricksvatten	Livsmedelsverket	Länsstyrelserna Naturvårdsverket Statens jordbruksverk Statens veterinärmedicinska anstalt
Ordning och säkerhet	Polismyndigheten	Domstolsverket Kriminalvården Kustbevakningen Säkerhetspolisen Tullverket Åklagarmyndigheten
Räddningstjänst och skydd av civilbefolkningen	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap	Kustbevakningen Länsstyrelserna Polismyndigheten Sjöfartsverket Strålsäkerhetsmyndigheten Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
Transporter	Trafikverket	Luftfartsverket Sjöfartsverket Transportstyrelsen

Frågan om ett centralt beredskapsråd under MSBs ledning kan vara relevant att förhålla sig till, samt om det finns ett behov av att utveckla FSOL - Förstärkningsresurs Ledning och Samverkan. Utredningar behövs också kring hur förändrad mängd enheter och resurser påverkar behovet av stöd för ledning och samverkan. En ökad mängd resurser ställer högre krav på en strukturerad ledningsförmåga, vilket blir särskilt viktigt vid insatser som kräver samverkan mellan många olika enheter. Vem som har koordinerande roller samt beslutanderätt vid olika situationer som kan uppstå bör vara klarlagt på förhand, liksom hur informationsdelningen ska gå till. Detta gäller för såväl ledning som för operativa enheter.

Det kan också finnas anledning att utreda rådigheten över resurser om det vid resursutnyttjandet finns fler än ett behov att fylla. Tilltro till samverkan kan på förhand ge en falsk trygghet, om det visar sig att den tilltänkta resursen utifrån inte kan tillgodose det egna behovet. Därav kan det finnas behov att även utreda om det finns någon uppdragsparallellitet, dvs om beredskapsresursen i fråga kan behövas för annat parallellt och samtida uppdrag.

Vikten av informationsdelningen mellan agerande enheter understryks, att rätt information hamnar på rätt nivå i rätt tid. Att sträva efter ett enhetligt informationssystem som kan användas av olika organisationer och enheter delaktiga i responsen lyfts fram i litteraturen (t.ex. Bosomworth et al 2017) samt vikten av att informationsdelning leder till att alla delaktiga har en gemensam uppfattning om händelsen och dess behov för att på ett effektivt sätt kunna koordinera insatsen (Steen-Tveit, 2020).

D – Beroenden

Utan resurser för att hantera en händelse lämnas denna opåverkad och okontrollerad vilket, i enlighet med den bedömning som gjorts utifrån en riskanalys, resulterar i mer eller mindre allvarliga konsekvenser. Resursernas attribut såsom antal och kapacitet har således direkt påverkan på händelseförloppet och insatsen. Även händelsens karaktär kan ha påverkan på insatstiden för de resurser som ska sättas in, exempelvis kan översvämningar försvåra framkomligheten vilket i sin tur ökar insatstiden och därmed också insatsens effektivitet. Effektiviteten vid en insats påverkas också av informationshanteringen – med rätt information om händelsen kan rätt resurser sättas in.

Möjligheten att tillgodose de behov som uppstår vid en händelse med de resurser som finns påverkas även av de samverkansprocesser som finns kring resurserna och deras användning. Samverkan kring resursdelning kan bidra med fler resurser vilket kan minska de negativa utfallen av en händelse. Genom samverkan kring informationsdelning, vilken lyfts fram i avsnitt C, kan resurserna tilldelas och användas på ett mer effektivt sätt än om information saknas eller undanhålls mellan olika resursenheter som används vid insatsen. Informationsdelning kan också bidra till en bättre överblick över vilka tillgängliga resurser som finns hos olika enheter, och med en effektiv ledning och styrning kan dessa sättas in där behoven är som störst.

Det kan finnas anledning att se över administrativa och juridiska ramverk för samverkan som en del i planeringen av ett samarbete (El Sayed, 2013). Detta för att undvika att enheter förhindras att ingripa vid en händelse av regelverk som inte passar sammanhanget.

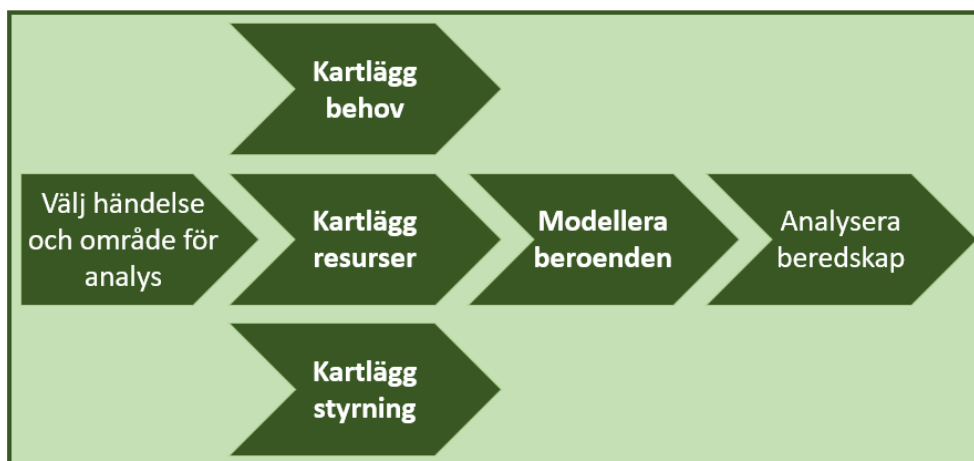
Metodbeskrivning

Föreslagen metod för beredskapsanalys sammanfattas i figur 2.



Figur 2. Processchema för beredskapsanalys.

Processen inleds med att *välja händelse och område för analys*, varefter *behov*, *resurser* och *styrning kartläggs*. Därefter modelleras beroenden för att slutligen kunna ligga till grund för en sammanfattande *beredskapsanalys*. De tre olika kartläggningarna kan göras i valfri ordning eller parallellt, se exempel i figur 3.



Figur 3. Exempel på parallell kartläggning.

Välj händelse och område för analys

Analys kan göras på lokal, regional, nationell eller internationell nivå, men det är viktigt att tydligt definiera det område som ska undersökas. Dock är det också viktigt att inte glömma bort angränsande områden som kan behöva stödjas med resurser som finns i det egna området, eller att det kan finnas tillgängliga resurser i angränsande områden.

Kartlägg behov

Kartläggningen av behovet handlar om att uppskatta risken för naturhändelser, men också vilken skada de kan orsaka. En viktig aspekt att ha i åtanke är att

kartläggningar och skattningar av ett behov långt fram i tiden dock är förknippat med stor osäkerhet. Å ena sidan finns det indikationer på att till exempel hamnar och flygplatser kan behöva flyttas på grund av stigande havsnivåer, eller att ras förväntas öka och påverka framkomlighet på vägar (Jaroszweski et al, 2010). Å andra sidan är det svårt att sja om samhällets struktur och ekonomi långt fram i tiden (UK Climate Impacts Programme, 2000), vilket också implicit kommer påverka hur beredskapsbehovet kan täckas upp med offentliga medel. Detta blir inte minst problematiskt då klimatförändringarnas konsekvenser förväntas medföra betydligt ökade kostnader för samhället (Koetse & Rietveld, 2009; Lu et al. 2020).

Identifiera platser

Det är viktigt att uppskatta var händelserna förväntas inträffa och vilka områden de kan påverka. I de klimat- och sårbarhetsanalyser som länsstyrelserna tagit fram finns en del underlag. Andra underlag kan utgöras av karteringar och geografiska sammanställningar, exempelvis översvämningssportalen (MSB, 2022a).

Skatta sannolikheter och omfattning

Sannolikheten för en händelse kan vara beroende av tidpunkt (hur långt in i framtiden) och säsong. Beroende på händelse kan den också påverkas av förebyggande åtgärder (t.ex. översvämningsskydd). I vissa fall kan omfattningen kopplas till sannolikheten, där mycket omfattande händelser generellt sett är mer sällsynta än mindre händelser. Dock kan vissa omfattande händelser, exempelvis värmeböljor, inte bara ha större förväntad omfattning utan också mer frekvent förekomst (sannolikhet för inträffande). I tabell 2 i rapportens första del ges exempel på hur bland annat *årsmedeltemperatur* och *värmeböljors längd* förväntas förändras.

Bedöm sårbarheter, inklusive population och kritisk infrastruktur

Konsekvenserna av en händelse är direkt beroende av hur sårbart området som påverkas av händelsen är. Typiskt hålls beredskap för att kunna hantera händelser som hotar liv, egendom, kritisk infrastruktur och andra större värden. Därför måste dessa komponenter kartläggas, och eventuella negativa konsekvenser bedömas. Exempelvis Balijepalli och Oppong (2014) föreslår ett nytt sårbarhetsindex för användbarheten av vägnätet i händelse av naturhändelser såsom översvämningar. Andra exempel ges i Hong et al. (2015) som baserat på historisk översvämningssdata kunde skatta sårbarheten hos olika länkar i järnvägsnätet, och föreslår underhållsaktiviteter för dessa. Sårbarheten hos infrastruktur är också relaterat till hur snabbt ett transportsystem kan återhämta sig. Chang & Nojima (2001) presenterar några mätetal för att analysera hur snabbt transportsystemet återhämtade sig efter jordbävningen i Kobe 1995.

Bedöm risken för multipla händelser

Olika naturhändelser samverkar ofta, vilket kan påverka planering och beredskap. Tex kan förutsättningar för skogsbrand, såsom värmebölja och torka, ge upphov till flera samtidigt bränder som konkurrerar om samma resurser (Sköld Gustafsson et al., 2021). Därför är det viktigt att analysera vilka händelser som interagerar med den valda händelsen, och inkludera dessa i analysen. Som en utgångspunkt kan ramverket i Sköld Gustafsson et al. (2022) användas.

Kartlägg resurser

Resurser här är framförallt fysiska, inklusive personal, fordon och utrustning.

Identifiera lokala, regionala, nationella och internationella resurser

Lokala resurser kan vara kommunal räddningstjänst, kommunens övriga resurser och frivilliga.

Regionala resurser kan exempelvis utgöras av tjänsteman i beredskap (TiB) hos länsstyrelsen samt länsstyrelsens krishanteringsgrupp. Därtill regionernas motsvarighet (TiB) samt de sjukvårdsresurser som kan kallas in vid kris.

Nationella resurser kan exempelvis vara de nationella förstärkningsresurser, tex skopande brandflygplan, helikoptrar, översvämningsresurser som MSB tillhandahåller. Utöver dessa förstärkningsresurser finns det anledning att även kartlägga vad mer som kan finnas till hands på nationell nivå. Kartläggningar kan inriktas på hur Försvarsmakten och Hemvärnet kan bidra med resurser, om det finns möjlighet att låna resurser (som normalt ej är dedikerade till naturhändelser) såsom exempelvis Sjöfartsverkets helikoptrar och motsvarande från Kustbevakningen samt Polismyndigheten. De lånade resursernas ordinarie verksamhet har dock företräde, vilket kan orsaka svåra avvägningar då förfrågningar inkommer.

Internationella resurser kan till exempel utgöras av resurser från andra EU-länder och civilskyddspoolen *resEU* inom ramen för EU:s Civilskyddsmekanism (European Commission, 2023), där länder registrerar olika former av stödresurser som kan aktiveras vid en händelse (såsom vid skogsbränderna 2018).

Enligt Lag (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO) 6 kap. (Regeringskansliets rättsdatabaser, 2023c) finns även möjligheten att nyttja civila personer (i första hand frivilliga) samt med privat utrustning som finns utanför den offentliga sektorn. Att kartlägga dessa resurser kan vara genomförbart, dock med stor svårighet då det i normalfallet ingår i privat verksamhet. Att därtill från ett myndighetsperspektiv med olika styrmedel ”sträva” efter en viss förmåga av den privata sektorns resurser kan vara problematisk med hänsyn till bland annat konkurrenslagstiftning. Det blir också svårt att på förhand veta hur stor denna kapacitet egentligen blir väl på plats när den väl behövs.

En fullständig kartläggning behöver bland annat lista antalet tillgängliga, direkt användbara, resurser i beredskap med viss inställetid, resurser i reserv med längre inställetid och resurser som kan tas i anspråk längre fram och bli användbara efter hand, samt resurser som kan fungera som stöd för förlängande av samtliga resursers uthållighet vid utdragna händelseförlopp.

Då kartläggningen görs i syfte att utvärdera eller identifiera framtida behov av resurser, t.ex. vid utredning om inköp av ytterligare utrustning eller vid beslut om avveckling, bör de alternativ som ska utredas inkluderas i en resurskartläggning. Dessa kan sedan användas direkt i modellering och beredskapsanalys, eller iterativt där beredskapen med enbart befintliga resurser först analyseras, för att sedan jämföras med en beredskapsanalys där man lägger till eller tar bort resurser.

Skatta insatstid för samtliga resurser

Insatstiden består av anspänningstid (tid från inkommande larm till dess att resa mot skadeplats påbörjas), framkörningstid (tid från påbörjad resa till ankomst på skadeplats) och angreppstid (tid från ankomst till skadeplats till påbörjat skadebegränsande arbete). Av dessa är de två första viktiga att försöka skatta för samtliga resurser. Angreppstiden är ofta svår att skatta och svår att påverka, så den kan lämnas utanför analysen.

Insatstiden beror också på var resurserna befinner sig i förhållande till platsen där behovet föreligger. Detta leder till frågan om var beredskapsresurser bör placeras i förebyggande syfte för att komma fram så fort som möjligt när behovet väl uppstår. Här finns en del att hämta i litteraturen där lokalisering av nödresurser, exempelvis brandstationer, ambulansstationer eller undsättningståg, varit föremål för tidigare forskning (Hogg, 1968; Bababeik et al. 2018; Andersson et al. 2020).

En annan aspekt som kan påverka insatstider är om kritisk infrastruktur skadats av händelsen eller av en annan parallell (multipel) händelse. Det skulle kunna innebära att resurser inte kan framrycka längs den skadade infrastrukturen, utan istället måste välja annan väg. Att kartlägga denna del hänger samman med kartläggningen av de händelser som kan inträffa och var de kan inträffa, samt om de riskerar slå ut adekvat infrastruktur.

Skatta insatsförmåga för samtliga resurser

Att skatta (eller modellera) insatsförmåga är ofta svårt, och ibland kan det vara lämpligt att i stället försöka matcha specifika resurstyper mot ett specifikt behov, på samma sätt som man ibland gör med larmplaner. Dock måste det finnas någon form av koppling mellan vad resurserna klarar av och vilket behov som finns, för att det ska gå att bedöma beredskapen.

Något som påverkar insatsförmågan är tillgång till rätt personal och kompetensen hos befintlig personalstyrka. Materiella resurser kan bli oanvändbara om inte rätt kompetens finns för ändamålsenligt resursutnyttjande. Att skatta eller kartlägga kompetensnivå i olika organisationer kan även vara problematiskt eftersom det ofta bara resulterar i en ögonblicksbild över situationen vid skattningstillfället. Hög

personalomsättning (t.ex. beroende av för personalen långsiktigt ohållbara arbetssituationer) kan också bidra till en eskalerande problematik.

Kartlägg styrning

Styrning handlar om vem som är ansvarig för hantering av händelsen, vem som har rätt att förfoga över resurser, och hur ledning och kommunikation mellan olika parter går till. Hur väl samhället kan klara av att hantera olika typer av händelser beror inte bara på hur mycket resurser som finns tillgängliga, utan också på förmågan att hantera resurserna. Här kommer kommunikation, informationsöverföring, styrning, ledning och prioriteringsfrågor in i bilden.

Identifiera resursägare

Man behöver veta vem som formellt äger resurserna, vilka som har möjlighet att nyttja dem, samt processen för att kunna larma ut och styra resurserna. För att kartlägga möjligheten att nyttja resurser i samhället kan det vara angeläget att utreda vad resursen primärt är ämnad för, dels geografiskt sett (enligt Förordning (2022:525) om civilområdesansvariga länsstyrelser), men också i relation till ägarens sektorssansvar (enligt Förordning (2022:524) om statliga myndigheters beredskap).

Identifiera ledningsstrukturer

Ledningsstrukturer handlar om direkt styrning av resurser, samt samverkan mellan olika parter. I dessa sammanhang finns direktiv givna genom dels Förordning (2022:524) om statliga myndigheters beredskap men också i Förordning (2022:525) om civilområdesansvariga länsstyrelser.

Identifiera samverkans- och kommunikationsvägar

I arbetet med att identifiera samverkans- och kommunikationsvägar blir det relevant att analysera behovet av gemensamt kommunikations- och ledningssystem för involverade aktörer. Analyser behövs också av hur man uppnår effektiv informationsdelning genom säkra och robusta kommunikationssystem, exempelvis genom WIS, en portal för Sveriges krisberedskap (MSB, 2022b). Något som även bör beaktas är behörigheter i ett sådant system, vilket bör finnas klarlagt på förhand i form av vilka roller som ska ha tillgång till vilka delar i systemet. Frågan i stort berör samverkansavtal och procedurer och rutiner för samverkan, samt hur själva kommunikationen går till, vilken teknik och vilka system som används, vilken information som ska delas och vilken behörighet olika roller bör ha.

Modellera beroenden

Konsekvenserna av en given händelse är direkt beroende av hur den hanteras. I de flesta fall gäller förenklat att många resurser med kort insatstid och hög förmåga, som också har en effektiv ledning, kommer att bidra till att de negativa

konsekvenserna minimeras. Kostnaden för att hålla en så hög beredskap blir dock stora, så en balans måste hittas mellan resursmängd och förväntad händelsefrekvens och -konsekvens.

Samband och beroenden mellan behov och resurser är mycket komplexa och svåra att modellera. Därför är det lämpligt att dela upp analysen i en kvalitativ del, där de principiella beroendena beskrivs, och en kvantitativ del där – om möjligt – dessa analyseras numeriskt.

Om syftet är att utvärdera framtida behov av resurser för en händelse, bör beroenden med befintliga resurser på framtida scenarier modelleras först, för att identifiera eventuella brister eller överflödigt kapacitet i beredskapen vid den efterföljande analysen. Därefter kan förändring av beroenden utifrån de framtida resurser som tagits fram vid resurskartläggningen ingå i en modellering. Utifrån de nya förutsättningarna görs sedan en analys om förändringen av resurser påverkar beredskapen i önskvärd riktning. Att modellera förändringar av behov eller styrning går att göra på liknande vis, för att utvärdera förändringarnas påverkan på beredskapen.

Gör en kvantitativ, konceptuell modell över beroenden

Konceptuella modeller skulle exempelvis kunna utgöras av olika *kartbilder* med (förväntade) behov, inklusive omfattning, samt resurser (typ, lokalisering/insattid (pilar)). I kartbilder kan även täckningsområden och ledningsresurser illustreras.

Andra konceptuella modeller kan exempelvis bestå av *fyrfältare* eller *större matriser* som visualiserar beroenden mellan olika attribut. En händelse kan ge upphov till behov av olika typer av resurser och en matris (eller box/pil) kan visualisera detta. Ge några exempel på händelser/behov och resurser. En kvalitativ konceptuell modell skulle exempelvis kunna illustrera beroenden mellan händelsens omfattning och resursernas omfattning. Andra kvalitativa modeller skulle kunna utgå från perspektivet kostnad för beredskapsnivå (variabel) vs skadeverkan av olika händelser (förväntad konsekvens).

Användandet av expertpaneler kan också vara bra vid framtagandet av kvalitativa och konceptuella modeller över olika beroenden. Generellt är det bättre att vara flera personer, gärna från olika relevanta organisationer, när denna typ av analys görs. Om det inte är möjligt, så bör analysen valideras av externa experter.

Vid behov: ta fram kvantitativa samband mellan behov och resurser

En riktigt bra kvantitativ modell för sambandet mellan resursinsats och utfall (konsekvens) skulle kunna beräkna t.ex. förväntat antal dödsfall eller förlorade värden, för en given händelse och en viss mängd resurser med viss förmåga som påbörjar insats efter en viss tid. En dylik modell är dock oftast inte möjlig att konstruera, utan istället används förenklade modeller.

Händelser kan indelas i typer och omfattningar, tex liten, medel, stor, mycket stor skogsbrand. För varje händelsetyp definieras önskade eller nödvändiga förmågor. Detta kan göras antingen genom att ange vilka fordon/utrustning och personal (kompetenser) som behövs, eller genom att gå ner på arbetsuppgifter (brandsläckning, pumpa vatten, etc.). För alla resurser beskrivs vilka förmågor de uppfyller.

(Medel-) tiden för en händelse att få sina behov uppfyllda kan antas vara proportionell mot konsekvenserna. Olika samband gäller dock olika händelser. För dynamiska händelser (tex brand) kan konsekvenserna kraftigt förvärras om insattiden blir lång, medan statiska händelser (tex ras och skred) kan ha ett snabbt initialt skadeförlopp där en kort insattid kan vara avgörande för att rädda liv, men där själva händelsen inte fortsätter utvecklas.

Exempel på KPIer, parametrar, och villkor som en modell skulle kunna innefatta är sannolikheter för inträffande, förmågor, kapacitet över tid, täckningsgrad, medelinsattid etc.

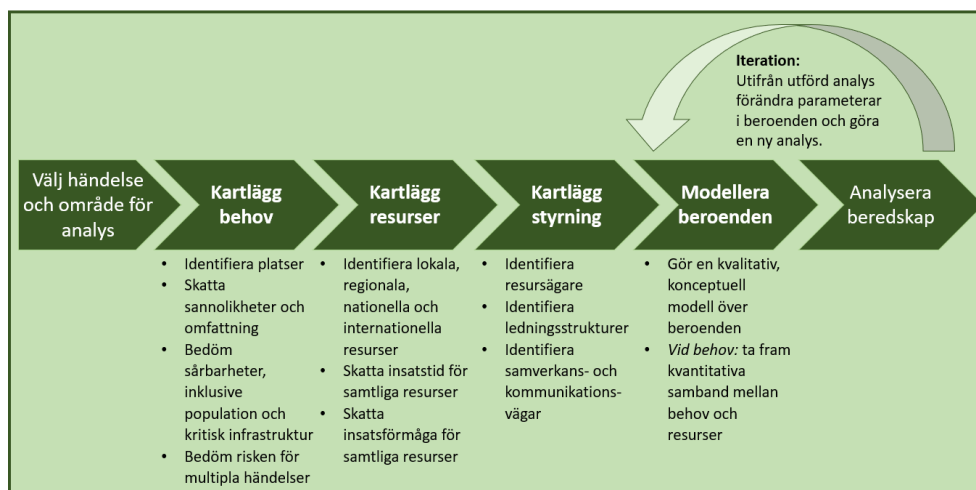
Det finns exempelvis kvantitativa modeller för placering av undsättningståg med målet att minimera responstiden (Bababeik et al. 2018), eller placering av ambulansresurser (Andersson et al. 2020).

Kvantitativa modeller kan underlätta undersökning av resursbehov när en modell väl har konstruerats för en specifik händelse eller ett område. Exempelvis kan befintliga resurser utvärderas i ett grundscenario med givna resurser, för att sedan utöka eller reducera resurserna och beräkna förändringens påverkan på scenariot som sedan kan jämföras med resultat från grundscenariot.

Analysera beredskap

När behov, resurser och styrning är kartlagda, och någon form av modell över hur dessa beror av varandra skapats, kan beredskapen analyseras. Modellerna över sambanden och beroendena bör vara konstruerade så att de ger en indikation på beredskapsnivån för den händelse som analyseras. Genom att ändra på behov, resurser eller styrning kommer därmed beredskapsnivån att ändras. Förändringar av dessa parametrar kan underlätta planering av framtida scenarier, där exempelvis nyttan av investering i mer resurser, förändrad styrning eller olika nivåer av behov kan utvärderas i de modellerade beroenden som gjorts.

Detta kan analyseras direkt, alternativt iterativt genom att först utgå ifrån ett nuläge och sedan göra om modellering av beroenden utifrån de förändringar av behov, resurser och styrning som ska utvärderas och utifrån det göra en ny analys, se figur 4.



Figur 4. Exempel på iteration av modellering och analys.

I exempelvis Chang et al. (2007) presenteras ett beslutsstödsystem för olika översvämningsscenarioer, där placering av beredskapslager, allokering av utrustning till dessa, samt distribution av utrustningen analyseras.

Exempel på applicerad metod

Som ett exempel på hur metoden kan användas väljs skogsbrand, av den omfattningen att nationella förstärkningsresurser i form av MSBs upphandlade helikoptrar och flygplan för skogsbrandbekämpning kan bli aktuella att nyttja.

Välj händelse och område för analys

Händelsen är skogsbrand och området är Sverige.

Kartlägg behov

Risken för skogsbrand påverkas bland annat av väderläget och tillgången till bränsle (skog). Värme och torra ökar sannolikheten för att en brand ska uppstå, och risken för snabb spridning ökar med hårdare vindar. En skogsbrand kan leda till stora förlorade värden i form av den skog som förstörs, men hotar liv och kritisk infrastruktur framförallt om den uppstår nära, eller närmar sig, samhällen. Då flera områden i Sverige samtidigt kan ha väderförhållanden som ökar risken för brand, ökar också risken för parallella skogbränder på flera platser i landet.

Ett sätt att skatta risk för skogsbrand är via Fire Weather Index (FWI), vilket är en prognos som utförs av SMHI och som uppdateras en gång om dagen under brandrisksäsongen. Den gäller framförallt spridningsrisk och tar in bland annat temperatur, nederbörd, vind och luftfuktighet som indata. FWI är ett indexmått, som i svensk kontext går från 1 (mycket liten brandrisk) till 5E (extremt stor brandrisk), och som presenteras i rutor på 2,8x2,8 km. Det bör dock noteras att FWI inte tar hänsyn till bränslemängd, alltså om det överhuvudtaget finns skog i rutan. De prognoser som genomförs blickar sex dygn framåt med ett eget indexvärde för vardera dygn och för vardera ruta.

För att få ett mått på eventuella konsekvenser, kan tex hotad population, kritisk infrastruktur, och byggnader kartläggas och inkluderas. Ett enkelt sätt är att ta hänsyn till folkbokförd befolkning, baserat på statistik från SCB, som finns i flera olika geografiska upplösningar. Ett annat sätt är att nyttja befintliga sårbarhetsindex, som tex de producerade av Haas et al. (2022).

I detta exempel nöjer vi oss med att använda FWI, och aggregerar värdena i ett rutnät bestående av 1335 zoner som är 20x20 km. För varje zon summeras indexvärdena i de ingående rutorna.

Karlägg resurser

Primära resurser för bekämpning av skogsbränder utgörs av lokala resurser vid den kommunala räddningstjänsten. Den består framför allt av personal, fordon och tillbörlig utrustning. Vid eskalerad händelse kan ytterligare resurser från intilliggande räddningstjänst(er) komma i fråga, samt eventuellt nationella förstärkningsresurser (såsom helikoptrar och skopande brandflygplan).

Brytgränser/trappa för när behovet av extra resurser föreligger kan på förhand analyseras. Var de olika trappstegen finns kan bero på rådande riskbild, hur FWI utvecklas över tid, vad prognoser säger om risken för förvärrande naturhändelser (hårda vindar, tilltagande värmebölja etc). Hur händelsen hinner utvecklas under förväntad insattid för de initialt insatta resurserna kan också ligga till grund för förändrat resursbehov i detta avseende.

I vissa större situationer kan även regionala resurser såsom tjänsteman i beredskap (TiB) hos Länsstyrelsen, dess krishanteringsgrupp, samt regionala sjukvårdsresurser behövas. Samverkansfrågor blir aktuella när fler resurser från olika myndigheter tas i anspråk.

I detta exempel fokuserar vi på nationella förstärkningsresurser i form av flygplan och helikoptrar. Förväntad insattid för dessa kan beräknas som anspänningstiden plus förväntad flygtid, där det senare enklast skattas som euklidiskt (räta linjen) avstånd eller Great Circle Distance dividerat med förväntad medelhastighet. Insatsförmågan skulle kunna beskrivas som antal liter vatten per timme som kan släppas.

Karlägg styrning

Det behöver fastställas vem som är ansvarig för hantering av skogsbranden. Initialt har räddningstjänstens insatsledare ansvaret över de insatser som kan behöva göras.

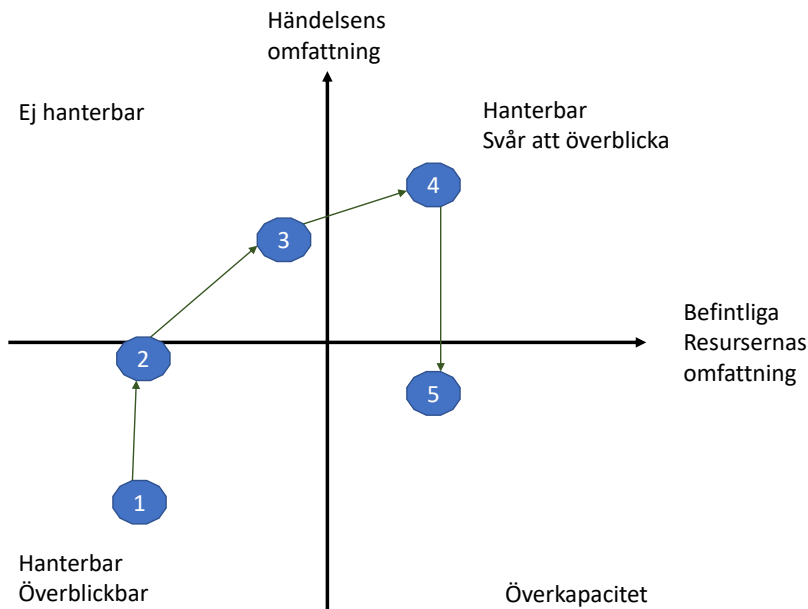
Det kan dock finnas anledning att se över hur ansvaret, befogenheter och rådigheter förändras då nya resurser tillkommer utifrån den lokala räddningstjänstens omfattning. En annan aspekt är om skogsbranden sprider sig till att omfatta ett större område och även innefatta områden för annan räddningstjänst. När sedan förstärkningsresurser tillkommer behöver styrningsfrågan på förhand vara uppgjord. Över tid blir det en samverkansfråga. Om det finns kommunikations- och informationsdelningssystem som används, bör dessa finnas med här, samt utifrån förväntad utveckling av händelsen där flera enheter ingår (t.ex. räddningstjänst från närliggande områden) även hur informationen ska användas för styrning och samverkan.

Modellera beroenden

Nedan ges både kvalitativa och kvantitativa exempel på hur olika modeller skulle kunna ta form.

Kvalitativa modeller

I fallet skogsbrand skulle en kvalitativ konceptuell modell över beroenden mellan händelsens omfattning och resursernas omfattning kunna illustreras likt Figur 5 nedan.



Figur 5. Exempel på kvalitativ konceptuell modell över beroenden.

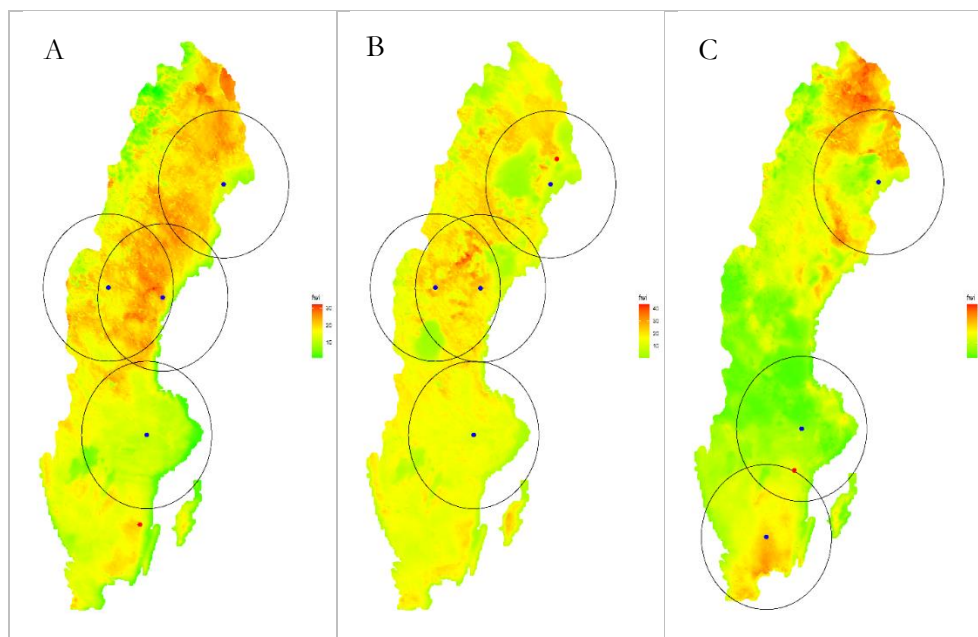
I den konceptuella modellen kan exempelvis följande milstolpar i händelseförloppet markeras:

1. Brand uppstår och larm inkommer till SOS Alarm.
2. Räddningstjänsten på plats, branden hinner eskalera under insatstiden.
3. Starka vindbyar förvärrar situationen, fler resurser tillkallas.
4. Branden/händelsen växer i omfattning men resurser tillförs och insatser genomförs i snabb takt, händelsens omfattning avtar.
5. Branden snart bekämpad. Extra resurser blir överflödiga och kan återkallas.

Denna typ av konceptuella modell blir lätt operativt fokuserad, dock kan användningen av liknande modeller vara behjälpliga i det strategiska arbetet med att dimensionera resurser.

Ett enkelt samband mellan behovet i form av FWI och de nationella förstärkningsresurserna är att om dessa finns placerade så att de snabbt kan nå områden med höga FWI-värden, så är det bra. Ju fler resurser som finns, desto bättre blir beredskapen. Detta kan tex illustreras i en karta, där FWI-värdena visualiseras (se tex MSB, 2022c) och det är möjligt att okulärt bedöma var resurserna bör placeras. Andra exempel finns i Figur 6, där höga FWI-värden i 20x20 km-zonerna visualiseras som röda, medan låga värden ger grön färg. I kartorna är också resurs-positioner utritade, med cirklar med 200 km radie.

Cirklarna kan representera hur långt en resurs når inom en rimlig insats-tid, och radien kan varieras beroende på resurs, anspänningstid, händelse eller andra aspekter. Dock är det svårt att bedöma hur många resurser som behövs i en given situation för att uppnå tillräcklig beredskapsnivå. Tillsammans med experter är det dock möjligt att ta fram relevanta samband mellan givna situationer, antal resurser som bör finnas och var de bör vara placerade. Ett exempel på hur det kan göras finns beskrivet i Andersson Granberg (2013).



Figur 6. Visualisering av FWI-värden för tre olika dagar 2021. Den röda punkten indikerar var en insats med flygande förstärkningsresurser pågick det aktuella datumet

Kvantitativa modeller

I litteraturen finns även en del exempel på kvantitativa modeller. Bland annat rörande placeringen av flygbaser för bättre beredskap (Greulich, 2003), långsiktig stationering av brandbekämpningsresurser genom stokastisk simulering (Fried et al., 2006), dynamiska resursallokeringsproblem till pågående bekämpningsinsatser (Griffith et al., 2017), samt om resurssamordning och optimering av resurs- och uppdragsallokering (Shahparvari et al., 2021).

En indikator som kan användas för att beskriva hur väl flygande förstärkningsresurser för skogsbrand bidrar till beredskapen, är distansen från en resurs till förväntade insatser. Detta är något som i skrivande stund forskas på inom ramen för det MSB- och Formas-finansierade EMMUNE-projektet (MSB, 2023b). Här antar vi att antalet förväntade insatser är direkt proportionellt mot det aggregerade FWI-indexet i varje zon (vi kallar det risk värdet i zon i , h_i), och att distansen till en zon är det Euklidiska avståndet (den räta linjen) från den närmaste resursen (d_{ij} = distansen mellan risk-zon i och resurs-zon j). Ett mått på beredskapen i området tex Sverige är då $P_median = \sum_i \sum_j h_i d_{ij} x_{ij}$, där $x_{ij} = 1$ om det finns en resurs i zon j , och det är den närmaste resursen till zon i , annars 0. Måttet beskriver summan av distans till risk multiplicerat med risken. Om man dividerar med summan av all risk i området (dvs $\sum_i h_i$), så får vi den förväntade

medeldistansen till risken i området, vilken oftast är proportionell mot medelinsatstiden för resurser till förväntade händelser.

Ett kompletterande mått som kan användas är täckningsgrad, dvs hur stor del av risken som täcks inom en viss tid eller distans. Täckningsgraden beräknas genom att hitta alla zoner som kan nås av någon resurs inom tex 200 km, och summera deras riskvärden, och sedan dividera detta med summan av all risk ($\sum_i h_i y_i / \sum_i h_i$, där $y_i = 1$ om zon i nås av en resurs inom 200 km). En täckningsgrad på tex 80% innebär då att 80% av all risk i Sverige har en resurs inom täckningsdistansen 200 km.

Analysera beredskap

Med hjälp av de valda modellerna för behov, resurser, styrning och beroenden går det att analysera beredskapen. För vårt exempel skulle ett tillvägagångssätt kunna vara att först studera hur FWI-värdena i zonerna sett ut historiskt, och hur många resurser som funnits tillgängliga och var de varit placerade. För dessa situationer beräknas sedan lämpliga mått, som tex P_median, vilket för exemplet i Figur 6 är:

- A: 132 miljarder
- B: 123 miljarder
- C: 104 miljarder

Eftersom man multiplicerar risk med distans till resurs är låga värden bra. Låga värden fås om risken minskar, vilket syns när B jämförs med A. Lägre värden kan också fås genom att tillsätta fler resurser på nya platser, då detta minskar distansen till närmaste resurs för vissa zoner. I C ser vi dock att värdet minskar jämfört med A och B, trots att färre resurser finns tillgängliga, vilket beror på att risken är mer koncentrerad till färre områden som då kan täckas av färre resurser. Hänsyn tas dock då inte till att flera händelser skulle kunna uppstå som konkurrerar om resurserna. För att göra det går det t ex att studera hur stor del av risken som täcks av minst två resurser inom en viss distans.

Det kan också vara nyttigt att studera var resurserna historiskt har befunnit sig i förhållande till var de behövdes, vilket i Figur 4 görs genom att jämföra resurspositioneringar med de röda punkterna som symboliserar en insats.

Hur styrningen av resurser (för att hantera händelsen) fungerar bör finnas med i en analys. Det är kanske av störst vikt ur framförallt en kvalitativ synvinkel, där beredskapen för att hantera en händelse som växer i omfattning utvärderas. Utvärdering kan då ske i termer av hur information och kommunikation mellan samverkande enheter ska eller bör ske, samt hur styrning (med hänsyn till beslutande roller) ska eller bör ske beroende på hur händelsen utvecklas.

FWI-värdena kan visualiseras i ett geografiskt informationssystem (GIS), och dessa kan också ha möjlighet att beräkna olika mått som P_median och

täckningsgrad (tex i ESRI's ArcMap kan detta göras i modulen Network Analyst). Det är också möjligt att överlagra tex populationsvisualisering och andra skikt.

Genom att studera hur det sett ut historiskt, kan en uppfattning fås av hur många resurser som är lämpliga givet en aktuell situation. Detta kan sedan användas som en baslinje för analys av den förväntade framtida situationen. Scenarier kan tas fram med förväntade framtida FWI-värden, och förväntade framtida resurser. Genom att variera antal, position och möjligen typ av resurs, så kan olika nyckeltal, som tex P_median eller täckningsgrad, beräknas. För just skogsbrand kan det vara extra intressant att komplettera med något eller några mått som beskriver beredskapen för flera samtidiga händelser, då denna situation förväntas bli mer frekvent förekommande i framtiden. Inspiration kan då hämtas från tex litteratur kring planering av ambulansresurser (se tex Belanger et al. 2019), där det länge antagits att en enskild ambulans har en viss sannolikhet att vara upptagen när det kommer nya uppdrag.

Slutsats

I denna rapport ges förslag kring hur bedömningar kan göras om framtidens behov av statliga förstärkningsresurser i syfte att möta framtidens klimatrelaterade risker. Rapporten består i huvudsak av två delar. I den första delen ges en sammanställning av kunskapsläget om riskbilder och scenarion i Sverige vad gäller framtida naturhändelser utifrån ett klimatförändringsperspektiv och tidsperioden fram till ca år 2100. I den andra delen presenteras initialt ett konceptuellt ramverk för kartläggning av beredskap uppdelat i fyra huvud-domäner: Behov, Resurs, Styrning och Beroenden. Baserat på ramverket presenteras därefter en metodik för att analysera samhällets förmåga att hantera framtida händelser i ett förändrat klimat.

De metoder som presenteras bör ses som en första ansats till att angripa problemet med att bedöma framtidens behov av statliga förstärkningsresurser. Mycket handlar om att skapa en översiktsbild och genomförandet, eller applicerandet av vald metod, kommer kräva mycket tid och omfattande kartläggningar av såväl risker, behov samt resurser. Genomförandet, eller applicerandet av vald metod, består också av att initialt skapa en grundbild som kommer behöva bearbetas, uppdateras och arbetas vidare med under själva genomförandet. Externa påverkansfaktorer såsom ny teknik eller nya omvärldsfaktorer kan också påverka bedömningar av framtida behov av statliga förstärkningsresurser.

Forstätt forskning skulle till exempel kunna bestå av att Ta fram guider för hur kommuner/regioner kan arbeta för att bistå MSB i behovs och resurskartläggningar. ? Det behövs även fler exempel på applicerbara verktyg och metoder för beredskapsanalys och planering av beredskapsresurser. I denna studie exemplifieras hur nationella förstärkningsresurser, i form av MSBs upphandlade helikoptrar och flygplan för skogsbrandbekämpning, kan placeras relaterat till den rådande riskbild som FWI ger. För att dock kunna kartlägga ett framtida behov av statliga förstärkningsresurser, vars syfte är att möta framtidens klimatrelaterade risker behövs mer forskning som utreder dess problematik, modellerar relevanta samband och som kan ge beslutsunderlag till resursdimensionering.

Referenser

- Andersson, H., Andersson Granberg, T., Christiansen, M., Skorge Aartun, E., Leknes, H. (2020) Using optimization to provide decision support for strategic emergency medical service planning - Three case studies, *International Journal of Medical Informatics*, 133, 1-10.
- Andersson Granberg, T. (2013) "Preparedness Measures for Emergency and Disaster Response". In: Zeimpekis, V., Ichoua, S., Minis, I. (eds) *Humanitarian and Relief Logistics*. Operations Research/Computer Science Interfaces Series, vol 54. Springer, New York, NY. doi: 10.1007/978-1-4614-7007-6_4. URL: <http://liu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A625533> hämtad 2022-12-02.
- Bababeik, M., Khademia, N. och Chen, A. (2018) Increasing the resilience level of a vulnerable rail network: The strategy of location and allocation of emergency relief trains, *Transportation Research Part E*, 119, 110–128.
- Balijepalli, C. och Oppong, O., (2014) Measuring vulnerability of road network considering the extent of serviceability of critical road links in urban areas, *Journal of Transport Geography*, 39, 145–155.
- Bélanger, V., Ruiz, A., Soriano, P. (2019) "Recent optimization models and trends in location, relocation, and dispatching of emergency medical vehicles", *European Journal of Operational Research*, Volume 272, Issue 1, pp. 1-23.
- Bosomworth, K., Owen, C. och Curnin, S. (2017). Addressing challenges for future strategic-level emergency management: reframing, networking, and capacity-building. *Disasters*, 41:2, pp. 306-323. doi: 10.1111
- Chang, S.E. och Nojima, N. (2001) Measuring post-disaster transportation system performance: the 1995 Kobe earthquake in comparative perspective, *Transportation Research Part A*, 35, 475-494.
- Chang, M.S., Tseng, Y.L. och Chen, J.W. (2007) A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty, *Transportation Research Part E*, 43, 737–754.
- Dufty, N. (2020). Understanding and improving community flood preparedness and response: a research framework. *Australian Journal of Emergency Management*, 36:2. pp. 19-25. doi: 10.47389/36.2.19
- El Sayed, M. J. (2013). Emergency response to mass casualty incidents in Lebanon. *Disaster medicine and public health preparedness*, 7(4), s. 433-438. doi: 10.1017/dmp.2013.48
- European Commission (2023) European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations – rescEU, URL: https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/resceu_en hämtad 2023-01-31.

FOI, 2011. Integrera klimatanpassning i kommunala risk och sårbarhetsanalyser – en vägledning. FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut. FOI-R-3388-SE.

Fredholm, L. och Göransson, AL. (2006) Ledning av räddningsinsatser i det komplexa samhället, Räddningsverket. URL:

<https://rib.msb.se/filer/pdf/20953.pdf> hämtad 2022-11-17.

Fried, J.S., Gilless, J.K. och Spero, J. (2006), “Analysing initial attack on wildland fires using stochastic simulation”, *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 15 No. 1, pp. 137–146.

Granberg, T., Lundgren, J., Wellving, A. och Axelsson, A. (2005). Optimerad och effektiv resursanvändning vid räddningstjänst - En förstudie. URL:

https://www.researchgate.net/publication/242591523_Optimerad_och_effektiv_resursanvandning_vid_raddningstjanst_En_forstudie hämtad 2022-11-17

Greulich, F.E. (2003), “Airtanker initial attack: A spreadsheet-based modeling procedure”, *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 33 No. 2, pp. 232–242.

Griffith, J.D., Kochenderfer, M.J., Moss, R.J., Mišić, V. V, Gupta, V. och Bertsimas, D. (2017), “Automated Dynamic Resource Allocation for Wildfire Suppression”, *Lincoln Laboratory Journal*, Vol. 22 No. 2, pp. 38–59.

Guan, P. & Zhuang, J. (2015). Modeling Public–Private Partnerships in Disaster Management via Centralized and Decentralized Models. *Decision Analysis*, 12(4), p. 173-189. doi: 10.1287/deca.2015.0319

Haas, J., Karagiorgos, K., Pettersson, A., de Goër de Herve, M., Gustavsson, J., Koivisto, J., Turesson, K., Nyberg, L., (2022). Social sårbarhet för klimatrelaterade hot Delstudie 2: Generella och hotspecifika index för social sårbarhet i Sverige. MSB rapport, MSB1978.

Hogg, J.M., (1968) The siting of fire stations, *The Journal of the Operational Research Society*, 19:3, 275-287.

Hong, L., Ouyang, M., Peeta, S., He, X., Yan Y., (2015) Vulnerability assessment and mitigation for the Chinese railway system under floods, *Rel. Eng. Syst. Safety*, 137, 58-68.

IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley(eds.)]. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

IPCC, 2022. Summary for Policymakers. I Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P. R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P.

Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, & J. Malley (Red.)]. Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781009157926.001

Koetse, M.J., Rietveld, P., (2009) The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14:3, 205-221.

Lu, H., Chen, M., Kuang, W., (2020) The impacts of abnormal weather and natural disasters on transport and strategies for enhancing ability for disaster prevention and mitigation, *Transport Policy*, 98, 2-9.

MSB (2020). MSB:s förstärkningsresurser – ett stöd när de regionala resurserna inte räcker till. MSB 1061.

MSB (2022a) Översvämningssportalen, URL: <https://gisapp.msb.se/Apps/oversvamningsportal/index.html> hämtad 2022-12-02

MSB (2022b), "WIS" URL: <https://www.msb.se/sv/verktyg-tjanster/wis/> hämtad 2022-12-02.

MSB (2022c) Brandriskprognoser och brandriskkartor, URL: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/naturolyckor-och-klimat/skogsbrand-och-vegetationsbrand/brandriskprognoser/> hämtad 2022-12-01

MSB (2023a) Det svenska civila beredskapssystemet URL: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/krisberedskap--civilt-forsvar/det-svenska-civila-beredskapssystemet/> hämtad 2023-01-31.

MSB (2023b) Effektiv hantering av multipla naturhändelser URL: https://www.msb.se/sv/om-msb/forskning/hitta-forskning/klimatforandringars-konsekvenser-naturolyckor/#Effektiv_hantering_av_multipla_naturh_andelser_2019_2024 hämtad 2023-02-03.

Murphy, C. & Gardoni, P. (2007). Determining Public Policy and Resource Allocation Priorities for Mitigating Natural Hazards: A Capabilities-based Approach. *Science and Engineering Ethics*, 13(4), s. 489-504. doi: 10.1007/s11948-007-9019-4

Persson, H., Johnell, A., Sjökvist, E. & Dahné, J., 2020. Snö i framtida klimat – För de sju nordligaste länen. SMHI, Rapport nr 2020-29. (Länsstyrelsen i Norrbottens län, rapport nummer 1/2021.)

Regeringskansliets rättsdatabaser (2023a), Förordning (2022:525) om civilområdesansvariga länsstyrelser, URL: <https://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=2022:525> hämtad 2023-01-31.

Regeringskansliets rättsdatabaser (2023b) "Förordning (2022:524) om statliga myndigheters beredskap" URL: <https://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=2022:524> hämtad 2023-01-31.

Regeringskansliets rättsdatabaser (2023c) Lag (2003:778) om skydd mot olyckor
URL: <https://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=2003:778> hämtad 2023-01-31.

Rouhi, N., Gorji, H. A., & Maleki, M. (2019). Nongovernmental organizations coordination models in natural hazards: A systematic review. *Journal of education and health promotion*, 8:44. doi: 10.4103/jehp.jehp_201_18

Shahparvari, S., Bodaghi, B., Roozbeh, I., Mohammadi, M., Soleimani, H. och Chhetri, P. (2021), “A cooperative (or coordinated) multi-agency response to enhance the effectiveness of aerial bushfire suppression operations”, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Elsevier Ltd, Vol. 61 No. November 2020, p. 102352.

Sköld Gustafsson, V., Hjerpe, M. och Strandberg, G. (2022). ‘Construction of a national natural hazard interaction framework: the case of Sweden’. Working paper.

Sköld Gustafsson, V., Hjerpe, M., Wiréhn, L., Andersson Granberg, T., Pilemalm, S. och Waldemarsson, M. (2021) Multipla naturhändelser i Sverige, CARER Rapport 2021:36, urn:nbn:se:liu:diva-175374.

Steen-Tveit, K. (2020). Identifying Information Requirements for Improving the Common Operational Picture in Multi-Agency Operations. In Proceedings of the 17th ISCRAM Conference – Blacksburg, VA, USA May 2020, pp. 252-263.

Tingsanchali, T. (2012) “Urban flood disaster management”, *Procedia Engineering*, Vol. 32, pp. 25 – 37. doi: 10.1016/j.proeng.2012.01.1233

UK Climate Impacts Programme, 2000. Socio-Economic Scenarios for Climate Change Impact Assessment: A Guide to their Use in the UK Climate Impacts Programme. UKCIP, Oxford.

US Department of Homeland Security, Federal Emergency Management

Agency. National Incident Management System. October, 2017.

https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_nims_doctrine-2017.pdf hämtad 22-12-02

Bilaga A

Risker i framtida förändrat klimat som identifierats i Länsstyrelsers klimat- och sårbarhetsanalyser.

Länsstyrelse	Kommunikationer	Tekniska försörjningssystem	Bebyggelse	Areella näringar	Hälsa	Omvärldsförändringarnas påverkan
Norrbottnen	Långsiktig nedbrytning, översvämning, brott på väg/järnväg, vägskador, försämrad bärighet samt extrem halka. Vägskador och halka pga ökad frekvens av nollgenomgångar vintertid. Glest väg- och järnvägsnät med få omledningsmöjligheter.	Dammsäkerhet: överströmningsrisker. Föroreningsrisker för dricksvattentäkter. Ökad frekvens av bräddning från avloppsreningsverk och pumpstationer vid ökad nederbörd.	Bebyggelse: skador till följd av översvämningar, samt ras, skred och erosion i samband med kraftig nederbörd. Förutsättningar för erosion och låg markstabilitet finns längs både älvar och kust.	Längre vegetationsperiod gynnar skogstillväxt, men ökade risker för skador ex. brand, svamp och insekter. Vattenmättad mark; försämrad bärighet på vägar för virkestransport. Ökad risk för stormfällning. Jordbruk: längre växtsäsong, men också ökade risker; översvämmade jordbruksmarker, erosionsrisker, samt utveckling och spridning av svampsjukdomar.	Smittspridande arters utbredningsområde ökar. Extrema och frekventa värmeböljor på sommaren påverkar människors hälsa. Mildare vintrar kan minska ohälsa och dödsfall som beror av stark kyla.	Ökad migration.
Västerbotten	Ökade flöden: högre krav på trummor och broar; bortspolning av vägsegment, väg- och järnvägsbankar, minskad bärighet. Digitala kommunikationen: många fiberkablar är lagda i broar. Fler nollgenomgångar	Dammsäkerhet: överströmningsrisker. Produktionen av bioenergi: ökad risk för torka under tillväxtsäsongen, ökad risk för bränder i skog och mark, samt ökad svårighet att skörda både skogs- och jordbruksråvara när marken får sämre bärighet på	Ökad nederbörd, skyfall, förändrade vattenföden och översvämningar hotar bebyggelse, särskilt strandnära längst älvar, vattendrag och sjöar. Ökad temperatur och högre luftfuktighet:	Ökad risk för torka och brand i skog och mark. Ökad nederbörden och minskad tjäle: stormkänsligare skog och sänkt bärighet på skogsvägar. Ökade risker med skadeinsekter och skadesvampar. Ökad	Behovet av kyla inom hälso- och sjukvården ökar sommartid. Ihållande värme påverkar främst olika riskgrupper. Ökat antal drukkningsolyckor. Följeffekter från	Krisberedskapen behöver anpassas till nya/förändrade risker.

	(tjälkskador, halka, istäckta dagvattensystem), ökad risk för snöras och laviner. Värmeböljor påverkar järnvägen. Stormar kan få större konsekvenser.	grund av ökad vattenmättnad och minskad tjäle.	ökad nedbrytning av byggnadsmaterial. Blötare och tyngre snö: risk för takras.	nederbörd och gruvor: risk för bräddning från gruvors sand- och klarningsmagasin, spridning av föroreningar.	naturolyckor som påverkar tekniska försörjnings-system. Ökad risk för mygg- och fästingburna smittor så som TBE, borrelia och harpest.
Jämtland	De flesta av länets större vägar löper bitvis i älv- eller ådalar vilket ökar risken för påverkan av höga flöden. Risker med vägtrummor och mindre rörbroar. Järnvägarna följer de större vattendragen. På vissa sträckor av järnvägsnätet finns risk för underminering.	Dricksvattensystem: risker behöver kartläggas. Höga flöden och extrem nederbörd: risk för föroreningar från bräddade dagvattensystem. Försämring av markens permeabilitet efter torrperioder. Överbelastade dag- och avloppsvattensystem.	Fjällnära miljöer: ökade nederbörds mängder, skred, ras och laviner. Bebyggelse i Indalsälvens dalgång har risker för översvämning och skred.	Jord- och skogsbruk gynnas av den högre medeltemperaturen, men risk för skador.	Risk att människor smittas av föroreningar i medspolat vatten och annars ovanliga vektorburna sjukdomar. Risk för regelbundet migrationstryck.
Dalarna	Fler nollgenomgångar: ökande förekomst av blixthalka. Värmeböljor och höga temperaturer: blödande asfalt, högre underhållskostnader samt ökad risk för olyckor; järnväg: solkurvor på tågräls. Broar är inte byggda för de nya förutsättningarna. Översvämningar: olika skador.	Flera vattentäkter: skyfall och översvämningar ger risker med kontaminering från vägar, järnvägar, bekämpningsmedel från jord-och skogsbruk och petroleumhantering. Elnätet: ökad värme: ökad belastning pga kylbehov av lokaler, den tekniska infrastrukturen har svårt att klara av att fungera under kraftig värme.	Hoten mot bebyggelse till följd av ett förändrat klimat är ojämnt fördelat över länet. Vissa kommuner behöver bearbeta översvämningar i sin fysiska planering medan andra inte upplever den problematiken.	Förlängd vegetationsperiod: i stort positiv för både jord-och skogsbruk men torka och vattenbrist kan leda till problem. Nya djursjukdomar och parasiter vandrar in. Skogsbruk: sämre bärighet på skogsvägar, stormkänsligare skog. Skogsbrandrisken ökar.	Nya sjukdomsbärare som vandrar in. Höga temperaturer leder till en större risk för att sprida smittor via mat och vatten, inklusive vatten i sjöar och vattendrag. Torka och värme kan slå hårt mot särskilt utsatta grupper.
Värmland	Förutom direkta skador på infrastrukturen på	Energi- och vattenförsörjningssystem kan	Bebyggda områden och anläggningar	Jordbruk: ökad avkastningspotential,	Klimatförändringarna kan både ge

	grund av extremväder och minskad markstabilitet, kan de indirekta konsekvenserna av avbrott i elektronisk kommunikation och avbrott i trafiken bli mycket stora.	skadas vid extremväder. Minskat behov av uppvärmning och ökat behov av kylning. Diverse kvalitativa vattenproblem, men även en ökad sannolikhet för vattenbrist.	utsätts för höga temperaturer och översvämningar samt ras och skred. Dagvatten- och avloppssystem samt reningsverk blir överbelastade.	men också en ökning av skadeinsekter och svampar, skogsbränder, värmestress, översvämningar.	direkta effekter på människors hälsa som en följd av väderhändelser och indirekta effekter genom att det påverkar ekosystem, ekonomier samt sociala strukturer.
Örebro	Underdimensionerade dagvattensystem kan ge översvämningar i tätorters väg och järnvägssystem. Områden med betydande översvämningsrisk finns.	Kommuner finns där risk för påverkan på dricksvatten föreligger, t.ex. på grund av bräddning, översvämning av förorenade områden, m.m. Förorening, smitta och brist på dricksvatten.	Några kommuner har stadskärna med risk för översvämning från sjö, vattendrag eller dammbrott. Högt bebyggelsetryck i översvämningskänsliga områden i vissa kommuner.	Risk för påverkan på jord- och skogsbruk: förändrade förutsättningar för grödor, skadegörare, blötare marker, förändrade krav på djurhållning. Stormskador, torka, skogsbränder.	Värmebölja - äldre och sjuka. Med ett varmare och fuktigare klimat kan nya sjukdomar komma att etablera sig i Sverige och redan etablerade smittor kan öka sin utbredning.
Uppsala	Dagvattensystem behöver kapacitet att hantera framtida nederbördsmonster med ökade inslag av kraftiga skyfall; risk för översvämning av vägar.	Dagvattenhantering i länets större tätorter, dricksvattenförsörjningens sårbarhet i det längre perspektivet (ytvattentäcker mer sårbara) och översvämningsproblematik.	Underdimensionerade dagvattensystem ger risker för översvämning av bebyggelse.	Jordbruket och produktionskogen påverkas positivt och negativt. Minskande förekomst av tjäle i marken ställer till problem vid avverkning vintertid. Skadedjur i både skogsbruket och jordbruket förväntas bli mer vanligt förekommande.	
Östergötland	Översvämningar, skred och ras hotar infrastrukturen.	Förorenade områden som översvämmas kan göra att skadliga ämnen sprids i mark och vatten. Torka kan leda till generell	Översvämningar av byggnader och tätorter.	Torka: generell vattenbrist som påverkar akvatiska ekosystem samt	Långvarig värmebölja som påverkar folkhälsan.

		vattenbrist som påverkar akvatiska ekosystem samt orsaka problem med dricksvattenförsörjningen till både människor och djur inom lantbruket.		orsakar problem med dricksvattenförsörjning en till både människor och djur. Verksamheter kan få brist på processvatten och kylvatten. Skogen kan drabbas av skadedjur och omfattande bränder.	
Västra Götaland	Översvämningar, skred och ras hotar infrastrukturen i flera områden. Skogsbränder: Påverkan på transportinfrastruktur som vägar och järnvägar och teknisk infrastruktur för el, telefoni och vattenförsörjning kan orsaka samhällsstörningar även utanför det branddrabbade området.	Ett större skred, särskilt om det berör ett förorenat område, kan få mycket stora konsekvenser på infrastrukturen. Översvämningar på förorenad mark/industrimark eller jordbruksmark kan innebära att föroreningar sprids och påverkar dricksvattnet. Torka och låga grundvattennivåer kan ge kvantitets- och kvalitetsproblem.	Översvämningar av byggnader och tätorter. Översvämningrisker finns både utmed sjöar och vattendrag, på grund av skyfall och utmed kusten i samband med stormar.	Översvämningar på odlingsmark: risker för kontaminering. Torka leder till påfrestningar på lantbruk och djurhållning. Industrier kan få problem med vatten till processer och kylning vid höga vattentemperaturer. Skogsbränder.	Värmeböljor ger hälsoproblem och fler dödsfall än normalt hos riskgrupper. Förändrade förhållanden för odling i andra länder, i kombination med ändrade förhållanden för odling i Sverige, kan medföra både risker och möjligheter.
Jönköping	Översvämningar, skyfall, skred och erosion hotar lokalt vägar och järnväg.	Översvämningar, skyfall, skred och erosion kan hota teknisk infrastruktur. Dricksvattenförsörjning: Vattenbrist.	Översvämningar, skyfall, skred och erosion kan lokalt hota bebyggelse.	Skogsbränder och foderbrist drabbar skogs- och jordbruk. Vattenbrist är ett progressivt problem. Extremväder kan skapa problem i form av sämre tillgång till vatten, försämrad vattenkvalitet, vattensjuka beten samt ökad förekomst av föroreningar i betesmarker.	Värmeböljor ger hälsoproblem och fler dödsfall än normalt hos riskgrupper, och belastar vården.

Kalmar	Underdimensionerade dagvattensystem och lågpunkter: översvämning i tätorter vid skyfall. Översvämning av vägar längs vissa vattendrag. Strandnära byggnationer, vägar och infrastrukturer får ökad erosionsrisk.	Underdimensionerade dagvattensystem, bräddning av reningsverk, mobilisering av miljögifter i förorenade områden, ökad uttransport av slam och miljögifter genom dagvattensystem. Risk för kontaminering av grundvatten. Med ökad brandrisk ökar riskerna för nätstationer, ledningar och byggnader.	Stigande havsnivåer hotar bebyggelse. Ökade ras- och skredrisker hotar hus och infrastruktur. Strandnära byggnationer: ökad risk för översvämningar vid kraftig vind.	Torka: risk för kraftigt sänkta grundvattennivåer och bevattningsproblem inom jordbruket. Ökad brandrisk i skog. Högre temperaturer gynnar skadeinsekter. Ökade risker för stormskador.	Värmeböljor innebär ökade vårdbehov för sårbara grupper. Det varmare klimatet leder till att spridningen av sjukdomsframkallande organismer förändras.	
Gotland	Osäkert vilka konsekvenser som klimattförändringar kan få för vägar på Gotland då det saknas en analys.	Lägre grundvattenbildning ökar risken för påverkan från relik saltvatten. Vattenkvaliteten påverkas av torrperioder, skyfall/översvämningar och högre vattentemperatur. Ökande risk för stormfällning av träd ökar känsligheten hos luftburna ledningar och master liksom salt, luft, åska, is och vinterstormar.	Översvämningssrisker för bebyggelse pga från underdimensionerad e dagvattensystem.	Jordbruk: översvämning och torka/vattenbrist. Vilttrycket och skogsskador riskerar att öka.	Värmeböljor, skyfall, översvämning och torka ger negativa hälsoeffekter.	Livsmedelsförsörjningen.
Kronoberg	Översvämningssrisker på grund av skyfall och höga flöden i sjöar och vattendrag: framkomlighet på väg. Risk för skred och ras i samband med översvämning.	Översvämningssrisker; skyfall och höga flöden i sjöar och vattendrag: elbortfall eller påverkan på VA-anläggningar. Reningsverk; skyfall: slamflykt och försämrade reningsförmåga. Dammsäkerhet: eftersatt underhåll och gamla vattendomar. Större påfrestningar på vattenförsörjningen. Ökad risk för stormfällning.	Översvämningssrisker för bebyggelse.	Översvämning: jordbruksmark kan kontamineras; påverkar livsmedelsproduktion eller foder negativt. Höga temp och torka är påfrestande för lantbruk och djurhållning. Brandrisken ökar. Vattenbrist påverkar olika näringar och industrier.	Längre perioder med höga temperaturer kan orsaka både hälsoproblem och ökad dödlighet.	Längre perioder av torka och minskad förutsägbarhet påverkar livsmedelsproduktionen. Behovet av att öka självförsörjandegraden i Sverige blir viktigare bland annat kopplat till utmaningar med klimattförändringar globalt.
Skåne	Skyfall kan översvämma och skada väg och	Ökad nederbörd kan påverka kvaliteten på dricksvattnet. Ökad	Översvämningssrisker från skyfall och	Torka påverkar jordbruksproduktionen	Kraftigt regn kan leda till	Ökad elförbrukning, genom till exempel större

järnväg och hindra framkomlighet.

risk för översvämning av samhällsfunktioner och infrastruktur. Saltvatteninträning i grundvatten och vattentäcker pga stigande havsnivå. Värme kan leda till ökad tillväxt av bakterier i vattentäcker.

stigande havsnivåer mot bebyggelse.

negativt, och innebär en ökad konkurrens om vatten mellan dricksvattenförsörjning och andra ändamål.

smittspridning vid översvämning. Värme kan leda till hälsorisker.

behov av kylning i industrin, pumpning av vatten och ökat behov av el i samhället till följd av klimatomställningen med en minskning av fossila bränslen.



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap