



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Förstudie

Risker i ett klimatanpassat Sverige

Naturolyckor

Förstudie: Risker i ett klimatanpassat Sverige – Naturolyckor

Tidsperiod: september-december 2020

Utförare: Centrum för naturkatastroflära, Institutionen för geovetenskaper,
Uppsala universitet

Ansvarig: Johanna Mård och Guðrún Elín Jóhannsdóttir

Kort sammanfattning: Rapporten presenterar resultaten från förstudien "Risker i ett klimatanpassat Sverige" med fokus på naturolyckor som genomförts under september-december 2020. Förstudien har initierats och finansierats av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB).

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

MSB:s Kontaktpersoner: Sara Nordmark, 010-240 52 74, Susanne
Ingvander, 010-240 41 31

Publ. nr: MSB1777- maj 2021

ISBN: 978-91-7927-152-7

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

Innehåll

INLEDNING	4
Metod	4
1 ÖVERSVÄMNINGAR FRÅN VATTENDRAG	6
1.1 Förekomst av översvämningar	6
1.2 Framtida risker 2050–2100	8
2 PLUVIALA ÖVERSVÄMNINGAR	10
2.1 Förekomst av pluviala översvämningar i Sverige	10
2.2 Framtida risker 2050–2100	11
3 STORMAR	13
3.1 Förekomst av stormar i Sverige	13
3.2 Framtida risker 2050–2100	14
4 SKOGSBRÄNDER	15
4.1 Förekomst av skogsbränder i Sverige	15
4.2 Framtida risker 2050–2100	17
5 JORDSKRED	19
5.1 Förekomst av jordskred i Sverige	19
5.2 Framtida risker 2050–2100	21
6 KUSTÖVERSVÄMNINGAR	23
6.1 Förekomst av kustöversvämningar i Sverige	23
6.2 Framtida risker 2050–2100	24
7 HANTERING AV NATUROLYCKOR	26
7.1 Hantering av översvämningar	26
Förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn	27
7.2 Hantering av skyfall	27
Förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn	28
7.3 Hantering av stormar	28
7.4 Hantering av skogsbränder	29
Förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn	29
7.5 Hantering av ras och skred	30
Förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn	31
7.6 Hantering av kustöversvämningar	31
Förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn	31
SLUTSATSER	32
REFERENSER	35

Inledning

Under sommaren 2020 kontaktades Centrum för naturkatastroflära och Institutionen för geovetenskaper vid Uppsala universitet samt Stockholms universitet och Mittuniversitetet av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskaps (MSB) samordningsgrupp kring klimatanpassning angående förstudier kring risker i ett klimatanpassat Sverige. Avsikten med förstudierna är att bedöma behovet av fördjupade studier inom olika områden av klimatanpassning, inklusive risker kring elförsörjning (Mittuniversitetet), klimat-och vattenresursrelaterade risker (Stockholms universitet), samt naturolycksrisker (Uppsala universitet). Projektet pågick under tre månader (september-december, 2020) med målet att sammanfatta tidigare framtidsstudier som genomförts och eventuellt identifiera det behov av fortsatta studier som kan finnas inom de områden som de olika universiteten ansvarat för.

Det övergripande syftet för förstudien kring naturolyckor har varit att analysera hur klimatrelaterade naturolycksrisker ser ut i ett framtida CO₂ neutralt och klimatanpassat Sverige år 2050–2100, samt identifiera det behov av fortsatta studier som kan finnas inom just detta område. De naturolyckor som tas upp i denna studie är: översvämningar från vattendrag, pluviala översvämningar, skogsbränder, stormar, ras och skred, och kustöversvämningar.

Vidare har målet med förstudien varit att svara på följande frågor: (i) om det finns en ny geografisk distribution av risker, (ii) hur den samlade riskbilden ser ut utifrån att det sker en ökning av risknivån inom vissa områden och en reducering i andra områden, och (iii) bedöma behovet av fördjupade studier.

Förstudien är uppdelad i två delar, där den första delen behandlar förekomst av naturolyckor i Sverige och ger en överblicksbild av:

- Naturolyckors genererande processer
- Den geografiska och temporala fördelningen av naturolyckor idag
- Hur den geografiska och temporala fördelningen av naturrisker förväntas förändras fram till 2050–2100
- Utpekade riskområden för respektive naturolycka idag och 2050–2100

I den andra delen av förstudien försöker vi belysa hur naturolyckor hanteras samt se över om det finns nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn i ett klimatanpassat Sverige 2050–2100.

Metod

Förstudien utgör endast en sammanställning över publicerade vetenskapliga artiklar och officiella rapporter från organisationer och myndigheter.

För att förstå hur den geografiska och temporala fördelningen av naturrisker förväntas förändras fram till 2050–2100 behöver vi förstå hur den fördelningen ser

ut idag, samt förstå de genererande processerna för de olika naturolyckorna och hur dessa kan komma att förändras med ett varmare klimat.

Först utfördes en litteraturgenomgång för att beskriva de genererande processerna och fördelningen av naturolycksrisker idag, genom att systematiskt söka efter publicerad information om respektive naturolycka och med en geografisk begränsning på Sverige. Även enstaka studier som utförts på större skala (exempelvis Skandinavien eller norra Europa) där Sverige finns representerat har också tagits i beaktande. Liknande litteraturgenomgång utfördes för att sammanställa information kring framtidsstudier av naturolycksrisker i Sverige med begränsningen att framtidsstudierna ska sträcka sig fram till 2050–2100.

Insamling av litteratur och information kring hur naturolyckor hanteras samt hur man arbetar med naturolyckor idag med avseende på anpassnings- och åtgärdsplaner begränsas av att sådan information inte alltid är tillgänglig och att den är utspridd mellan många olika aktörer, vilket förhindrar en systematisk genomgång av litteratur liknande den för fördelning av naturolycksrisker. Sammanställningen i den här förstudien ger därför en generell, kortfattad och möjligtvis en fragmenterad bild över hantering av naturolyckor.

I de följande kapitlen tar vi upp förekomst av naturolyckor idag och hur naturolycksrisker förväntas förändras fram till 2050–2100 samt hur dessa naturolyckor hanteras och om det finns nya behov kring riskhänsyn inom klimatanpassningsarbetet.

1 Översvämningar från vattendrag

Översvämningar är den mest förekommande naturolyckan globalt sett och kan leda till stora förluster både i dödsfall och ekonomisk skada (Blöschl m.fl., 2017; Jongman m.fl., 2015). Översvämningar är även vanliga i Sverige och fast vi är relativt förskonade från större översvämningkatastrofer, så kan de materiella skadorna från översvämningar vara betydande för samhället (MSB, 2018). I det här kapitlet tas översvämningmönstret i Sverige upp samt vilka översvämningrisker ett förändrat klimat kan föra med sig.

Översvämningar från vattendrag orsakas av att vattennivån stiger i vattendragen och svämmar över områden som normalt inte står under vatten. Orsaken är ofta kopplad till stor vattentillförsel till vattendrag från kraftiga regn och/eller i samband med snösmältningen, vilket får vattennivån i vattendragen att stiga. Översvämningmönstret varierar över landet. Exempelvis har norra delarna av landet ofta höga flöden och mindre översvämningar i samband med snösmältningen, men höga flöden kan även orsakas av kraftiga regn under sommar och höst. I de södra delarna av landet kan höga flöden orsakade av kraftiga regn inträffa under större delen av året (Arheimer och Lindström, 2015; Matti m.fl., 2017). Översvämningar kan också orsakas av isdämning i vattendrag och dammbrott, varav det sistnämnda kan få stora konsekvenser. Ett exempel är dammbrottet vid Hästberga kraftverk i Skåne år 2010 där ca en miljon kubikmeter utströmmande vatten ledde till att en väg och några fastigheter översvämmades nedströms samt att en bro rasade (SOU 2012:46).

Kraftigare översvämningar sker ofta på grund av en kombination av flera faktorer, exempelvis om stor snötillgång smälter snabbt och intensivt, eller om det kommer regn i samband med snösmältningen. Vissa faktorer kan också försvåra översvämningproblemen, såsom högt havsvattenstånd, eller tjäle och uttorkade jordar som begränsar markens infiltrationsförmåga och vattenlagringskapacitet. Översvämningrisker påverkas även av människans inverkan, till exempel hur vattendrag regleras, vilka förebyggande åtgärder som finns, samt förändring kring bebyggelse och infrastruktur.

1.1 Förekomst av översvämningar

Under perioden 1901–2010 har ca 190 översvämningar med samhällspåverkan inträffat i Sverige, varav översvämningar från sjöar och vattendrag är den vanligaste typen (70% av inträffade översvämningar) (MSB, 2012). En stor del av översvämningarna har inträffat under senare delen av perioden och är förmodligen ett resultat av både ökad dokumentation av händelser samt ökad sårbarhet för översvämningar i samband med samhällsutvecklingen.

Vattenflöden i Sveriges vattendrag och förekomst av översvämningar varierar över året och drivs av geografiska och storskaliga klimatologiska mönster. I avrinningsområdena i nordvästra Dalarna samt Norrland (förutom Gästrikland)

domineras vattenflöden och översvämningar av snösmältning. Med undantag för avrinningsområden i nordvästra fjällen där flödestopparna genereras av både snö- och glaciärsmältning. I Götaland samt stora delar av Södermanland och Uppland domineras vattenflöden och översvämningar däremot av flödestoppar orsakade av regn. Största delen av Svealand och Gästrikland har flödestoppar som är orsakade av både regn och snösmältning (Matti m.fl., 2017). MSB (2018) har i sitt arbete med översyn av områden med betydande översvämningsrisk identifierat 11 områden längs vattendrag (Tabell 1).

Det finns tydliga och statistiskt bekräftade säsongssignaler hos flödesmönstret i Skandinaviens vattendrag (Matti m.fl., 2017). I Sverige är höstfloden generellt sett mindre än vårfloden, förutom i södra Sverige (Teutschbein och Seibert, 2012; Arheimer och Lindström, 2015; Belusic m.fl., 2019). I områden som domineras av snösmältning brukar de årliga flödestopparna inträffa inom loppet av några veckor under våren (Arheimer och Lindström, 2015; Matti m.fl., 2017). I fjällen där flödestopparna genereras av både snö- och glaciärsmältning sker de oftast senare under sommaren (Matti m.fl., 2017). Regngenererade flödestoppar uppstår däremot oftast under hösten och vintern och har inte en lika tydlig topp som vårfloden utan är oftast mer utspridda över några månader (Arheimer och Lindström, 2015; Matti m.fl., 2017).

Över de senaste 100 åren syns inga tydliga statistiskt bekräftade trender i flödestopparnas magnitud eller frekvens i Sverige (Arheimer och Lindström, 2015; Lindström och Bergström, 2004). Generellt verkar dock de årliga flödestopparna ha inträffat tidigare under de senaste decennierna, speciellt inom snösmältningsdominerade avrinningsområden (Matti m.fl., 2017). Under det senaste halvseklet finns det samtidigt tecken på att höst- och vinterfloden ökat, speciellt i södra Sverige medan sommarflödet minskat (Matti m.fl., 2017; Arheimer och Lindström, 2015). Dessa trender syns däremot inte för data över de senaste 100 åren, vilket kan peka på att 50 år inte är en tillräckligt lång dataserie för trendundersökning i Sveriges klimat (Arheimer och Lindström, 2015). Lindström och Bergström (2004) har tidigare kommit fram till liknande slutsatser.

Tabell 1. Områden med betydande översvämningsrisk från vattendrag.

Städer	Vattendrag
Alingsås	Säveån
Borås	Viskan
Falun	Dalälven
Göteborg	Göta Älv, Mölndalsån, Säveån, Kungsbackaån
Haparanda	Torne Älv
Karlstad	Klarälven
Kristianstad	Helge å
Kungsbacka	Kungsbackaån
Norrköping	Motala ström
Uppsala	Fyrisån
Örebro	Svartån

Källa: MSB 2018.

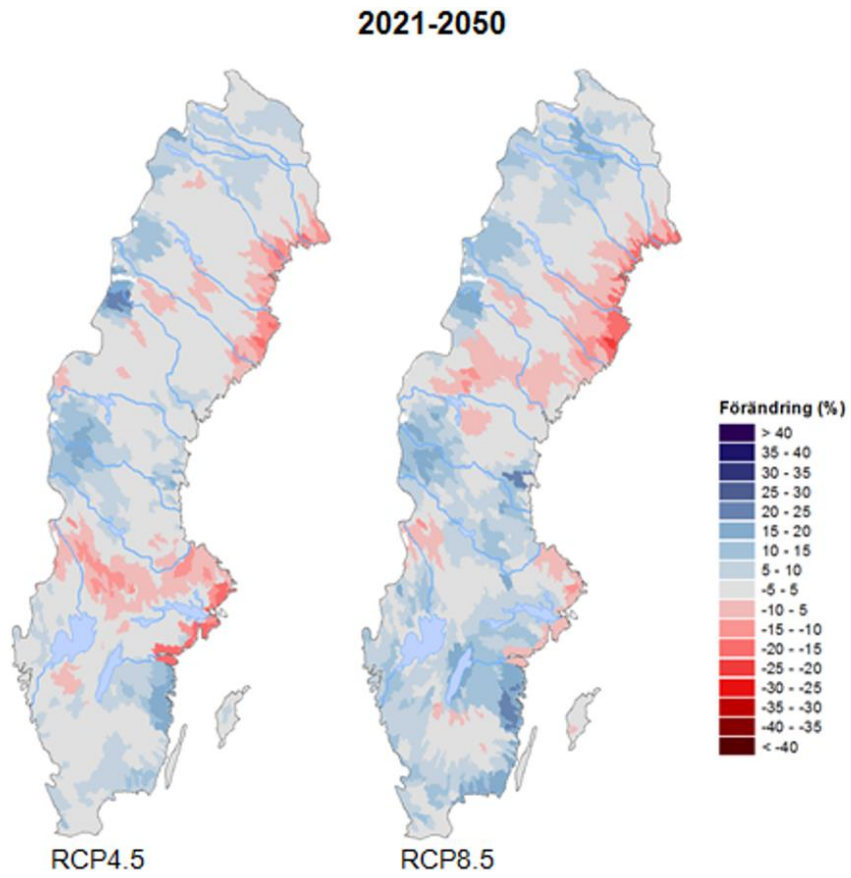
1.2 Framtida risker 2050–2100

Vattenflöden väntas förändras i samband med ett varmare klimat på grund av förändrad nederbörd, snösmältning och avdunstning, varav vissa delar i landet beräknas få ökade extremflöden medan andra delar väntas få minskade extremflöden (Belusic m.fl., 2019). Detta innebär att det är troligt att vissa vattendrag kommer att få en större klimatpåverkan jämfört med genomsnittet för hela landet (Arheimer och Lindström, 2015).

Tidigare studier pekar på att det kommer att ske ett skifte i de översvämningsgenererande processerna, varav översvämningar orsakade av regn kommer att ha en mer markant effekt i landet (Arheimer och Lindström, 2015). En minskning av 10- och 100-års översvämningar väntas främst i Norrland, men även Svealand (Eklund m.fl., 2015; Arnell och Gosling, 2016; Roudier m.fl., 2016; Belusic m.fl., 2019). Ett 100-årsflöde innebär att det inträffar eller överträffas i genomsnitt en gång under en 100-årsperiod. Samtidigt förväntas en ökning av 100-års översvämningar söderut i landet och främst i de östra delarna, exempelvis Uppsala, Stockholm, Gotland, Kalmar, Blekinge, men även Göteborg på västkusten (Roudier m.fl., 2016). I de södra delarna och främst längs kusterna förväntas en ökning av översvämningar orsakade av regn. Överlag förväntas 100- och 200-årsflöden att öka och bli vanligare i större delar av landet, exempelvis i södra och kustnära Fennoskandia där regngenererade flöden väntas öka, förutom Norrland och större delen av Svealand där flöden är snösmältninggenererade (Belusic m.fl., 2019).

Flera studier visar att vårfloderna förväntas bli mindre och ske tidigare i vissa vattendrag på grund av varmare vintrar och mindre snömängd, med upp mot en månad tidigare än idag (Andréasson m.fl., 2004; Rankka och Rydell, 2005; Arheimer och Lindström, 2015; Eklund m.fl., 2015; Roudier m.fl., 2016; Belusic m.fl., 2019). Årliga dagliga högsta flöden i samband med snösmältningen väntas i genomsnitt minska med 1% per år (Arheimer och Lindström, 2015). Samtidigt väntas höstfloder fortsätta bli större på grund av kraftigare regn och mindre snömängd som i vissa fall även kan generera vinterflöden. Höstfloderna väntas öka med cirka 3% per årtionde på grund av mer intensiv nederbörd (Arheimer och Lindström, 2015). Förändrade vår- och höstflöden indikerar en förändring i flödesgenererande processer, med större inflytande av översvämningar orsakade av regn. Gränsen mellan översvämningar orsakade av snösmältning och översvämningar orsakade av regn förväntas därmed att flyttas längre norrut med tiden (Arheimer och Lindström, 2015). I samband med varmare temperaturer väntas också ökad avdunstning som kan orsaka torrare jord och därmed ökad ytavrinning vid regn på grund av minskad infiltrering i jord. Samtidigt väntas också en ökning av extrem nederbörd (Belusic m.fl., 2019). Litteraturen pekar inte ut några specifika riskområden under de kommande 30 åren, men projektioner visar att vissa delar av landet får ökad samt minskad risk för översvämningar. Som nämnts tidigare förväntas 100-årsflöden minska fram till 2050 i Norrlands inland och norra kustland samt delar av Svealand, medans den förväntas öka i nordvästra Norrland, södra Norrlands kustland samt i Götaland (Figur 1). Dessa signaler förstärks också om man ser på projektioner fram till 2100 (Eklund m.fl., 2015).

Figur 1. Förändring (%) av 100-årsflödet mellan referensperioden 1963–1992 och perioden 2021-2050 (från Eklund m.fl., 2015).



2 Pluviala översvämningar

Pluviala översvämningar från skyfall eller intensiv nederbörd har under de senaste åren drabbat flera städer och resulterat i stora ekonomiska skador (MSB, 2013b). I det här kapitlet tas översvämning från extrem nederbörd upp samt vilka nya risker ett förändrat klimat kan föra med sig.

Översvämning från extrem nederbörd (pluvial översvämning) inträffar när regnvolymer överskrider dränerings- eller infiltrationskapaciteten hos naturliga och konstruerade system, exempelvis när dagvattensystemens avbördningskapacitet överskrids, och resulterar i ytavrinning och att låglänta områden svämmas över med vatten (Sörensen, 2018). Extrem nederbörd som orsakar översvämning kan orsakas av intensiv korttidsnederbörd (under en timme eller kortare) eller mer utspritt över ett eller flera dygn där mycket nederbörd kommer under en längre period och marken blir mättad av vatten och orsakar ytavrinning. Intensiv nederbörd under kort tid benämns ibland som skyfall och definieras av SMHI som minst 50 mm nederbörd under en timme, eller minst 1 mm på en minut (MSB, 2017).

Det var först under 1995 som SMHI upprättade automatstationer som hade tillräcklig hög tidsupplösning för att kunna börja mäta intensiv korttidsnederbörd såsom skyfall. SMHI kartlägger även extrem nederbörd över större områden genom att använda dygnsdata och klassar extrem nederbörd som minst 90 mm över arean 1000 km² under en 24-timmarsperiod (Olsson m.fl., 2017). Det är i huvudsak det kraftiga regnet som är orsaken till översvämning, men händelsen kan försvåras på grund av andra faktorer såsom topografi, markens infiltrationskapacitet, otillräckliga avloppssystem eller andra sårbarheter i samhället. Städer är ofta mer utsatta för översvämningar orsakade av kraftigt regn på grund av modifierad markanvändning och otillräcklig avledning av vatten, och översvämningar förväntas öka i samband med fortsatt förtätning och urbanisering tillsammans med otillräckliga avloppssystem (Sörensen och Mobini, 2017).

2.1 Förekomst av pluviala översvämningar i Sverige

Intensiva skyfall såväl som längre extrem nederbörd (upp till minst 2 dygn) kan inträffa var som helst i landet, även om de är mindre vanliga i Norrland (Olsson m.fl., 2017; Wern, 2012). Under perioden 1996–2017 uppmättes de största nederbördsmängderna under 15 min till 15–40 mm med ett medelvärde på 24 mm och inträffade från Malmö i söder till Saittarova i norr (Olsson m.fl., 2017). Men generellt sett är intensiv korttidsnederbörd (>5mm/15 min) och skyfall (minst 1mm/1 min) vanligast i sydvästra Sverige och mindre vanligt i de norra delarna (Olsson m.fl., 2017). Även om det största uppmätta skyfallet under perioden 1961–2011 inträffade i norra Norrland då Fagerheden år 1997 fick 198 mm under ett dygn (256 mm under två dygn) (Wern, 2012). Extrem nederbörd behöver inte vara kopplad till stor årsnederbörd. Extrema areella tvådygnsregn har drabbat alla landsdelar i Sverige under perioden 1961–2017, varav Norrlandskusten som får stor årsnederbörd också ofta drabbas av extrem tvådygnsnederbörd. Samtidigt så har

Västra Götaland som har störst årsnederbörd i landet inte drabbats oftare av extrem areell tvådygnsnederbörd än övriga Sverige (Olsson m.fl., 2017).

Extrema regn, såsom intensiv korttidsnederbörd, är vanligast under sommaren och kan förekomma i hela landet (Wern, 2012; Olsson m.fl., 2017). Detta stämmer med en studie av Grahn och Nyberg (2017) som tittade på inrapporterade skador till försäkringsbolag som var orsakade av intensiva regn, där flest inrapporteringar skedde under juni-augusti. Skyfall är vanligast på eftermiddagen eller tidig kväll, men kan inträffa under hela dygnet (Olsson m.fl., 2017). Enligt en studie av Wern (2012) ökade extrem nederbörd för punktdata med varaktigheter 1–30 dygn under 1900–1930/40 för att sedan minska fram mot 1970-talet och sedan öka fram till 2011 med högre värden än på 1930-talet. Men huruvida extrem korttidsnederbörd har ökat under de senast årtiondena råder det dock delade meningar om då olika studier visar allt från en eventuell ökning till en minskning i Fennoskandia (Olsson m.fl., 2017; Belusic m.fl., 2019). Vad det gäller skyfall (15 mm/15 min) över de senaste 20 åren (1996–2017), så finns det generellt inga tydliga regionala tecken på varken ökad storlek eller frekvens. Detsamma gäller för dygnsnederbörd på regional nivå sedan 1900 (Olsson m.fl. 2017).

Även om sannolikheten att drabbas av skyfall är högre i vissa delar av landet, är det ett problem som potentiellt kan beröra alla kommuner i Sverige (Olsson m.fl., 2017). Generellt anses alla bebyggda områden vara riskområden när det kommer mer nederbörd än vad ledningssystemen klarar av att hantera. Kapaciteten och konsekvenserna är olika i olika områden, men oftast är dagvattensystemen bara dimensionerade för regn med 10-års återkomsttid. Konsekvenserna (det vill säga eventuell översvämning) beror också ofta på en kombination av flera faktorer, exempelvis typ av ledningssystem och vilka vattenmängder de är designade att hantera, andel hårda (impermeabla) ytor, bebyggelse, tilltäppning av brunnar av löv och skräp och geologiska förutsättningar (Hernebring och Mårtensson, 2013). Vi har inte hittat några studier som visar några utpekade riskområden för extrem korttidsnederbörd eller skyfall, men Stockholm, Göteborg, Malmö och Getinge har drabbats flera gånger under perioden 1950–2007 (MSB, 2020b).

2.2 Framtida risker 2050–2100

Skyfall förväntas att öka i norra Europa och skyfallens intensitet förväntas att öka i Sverige oavsett om årsnederbörden väntas öka eller ej i olika regioner (Olsson m.fl., 2017). Extrem nederbörd förväntas också ske oftare och bli mer intensiva. Enligt regionala klimatmodeller (RCP4.5 och RCP8.5) förväntas bland annat 10-års återkomsttid för nederbörd med varaktighet 1–12 timmar att öka med 10–20% i hela landet till 2050 (Olsson m.fl., 2017). Men den framtida utvecklingen kring skyfall är dock osäker då projektioner ännu är begränsade i sin temporala upplösning (Olsson m.fl., 2017).

Även om nederbörden väntas minska under sommaren och öka under vintern förväntas extrem korttidsnederbörd att öka under sommaren, och betydande ökning förväntas redan de kommande årtiondena (Belusic m.fl., 2019). Utöver ökad extremnederbörd förväntas ett varmare klimat generera ökad avdunstning, som i sin tur kan orsaka uttorkning av mark som gör jorden mer ogenomtränglig,

vilket i samband med skyfall orsakar snabbare avrinning och ökad risk för översvämning (Belusic m.fl., 2019). Förutom klimatförändringarna förväntas urbanisering, förtätning av bebyggelser och otillräckliga avloppssystem öka risken för framtida översvämningar orsakade av skyfall (Sörensen, 2018). Precis som idag förväntas alla kommuner i Sverige att kunna drabbas av skyfall i framtiden (Anderson m.fl., 2015) och det finns inga specifikt utpekade riskområden inom den vetenskapliga litteraturen. Men städer förväntas vara fortsatt utsatta och sett till historiska data har bland annat Stockholm, Göteborg, Malmö och Getinge varit utsatta vid flera tillfällen under de senaste årtiondena.

3 Stormar

Sverige har drabbats av flera stormar under de senaste årtiondena varav flera har orsakat stora skador. I det här kapitlet tas stormar upp samt vilka effekter ett förändrat klimat kan föra med sig.

Vind uppstår på grund av tryckskillnader i atmosfären vilket får luften att röra sig från områden med högtryck till områden med lågtryck och ju större tryckskillnad desto kraftigare vind. Vind mäts i både hastighet (m/s) och riktning (väderstreck vinden blåser från) och mäts i både medelvindhastighet (mätt över minst 10 minuter) och byvind (högsta vindhastighet under en tvåsekundersperiod). När vindstyrkan når en medelvindhastighet på minst 24,5 m/s klassas det som storm, eller som orkan om medelvindhastigheten uppgår till minst 32,7 m/s. Den högsta uppmätta medelvindhastigheten är 47,8 m/s (Stekenjokk, 18 januari 2017) och den högsta uppmätta byvindshastigheten är 81 m/s (Tarfala, 20 december 1992) (SMHI, 2020).

3.1 Förekomst av stormar i Sverige

Storskaliga stormar i Fennoskandia och Europa är kopplade till cykloner från mellanbreddgraderna, så kallade extratropiska cykloner eller lågtryckssystem. Vanligtvis bildas stormar eller cykloner i Sverige i Nordatlantregionen under vintersäsongen (oktober-mars), då de mest intensiva vinterstormarna från mellanbreddgraderna förekommer (Belusic m.fl., 2019). Stormar är vanligare i de södra delarna av landet jämfört med de norra delarna (MSB, 2013a).

Stark vind kan orsaka skador på skog, bebyggelse och infrastruktur (exempelvis elavbrott), stigande havsvattenstånd, och kusterosion i samband med höga vågor, samt störningar på samhällsviktiga funktioner. Under det senaste årtiondet har Sverige drabbats av flera stormar som har orsakat stora skador. Bland annat Alfrida (2019), Egon och Gorm (2015), Simone, Hilde, Sven och Ivar (2013), och Berit och Dagmar (2011), som tillsammans stormfällde omkring 25 miljoner kubikmeter skog (Skogssverige, 2021).

Tidigare studier visar att stormar har ökat de senaste 40–50 åren (Belusic m.fl., 2019). Feser m.fl. (2015) betonar dock att trenderna i hög grad beror på vilket dataset och vilken tidsperiod som analyseras och lyfter fram att de flesta studier baserade på 100-åriga datakällor visar variationer över årtionden. De drar också slutsatsen att för Sverige (Skandinavien) finns det lika många studier som visar en ökande trend som det finns studier som visar en minskande trend och nästan lika många som inte visar någon tydlig trend (Feser m.fl., 2015). Det finns inte heller några meteorologiska mätningar som visar långtgående trender för en ökning av starkare vindar eller stormar (Belusic m.fl., 2019).

3.2 Framtida risker 2050–2100

Klimatförändringar med ökande temperaturer och fukthalt i atmosfären är gynnsam för att stormar bildas och kan därmed komma att bli mer frekventa och/eller intensiva. Regionala projektioner är emellertid mindre säkra på grund av osäkerhet i förändringar hos storskalig atmosfärisk cirkulation och dess interaktion med lokala värmeförhållanden. Överlag finns inga tydliga projektioner för hur vind och stormar kommer att förändras i ett framtida klimat då många klimatmodeller ger motstridiga svar (Belusic m.fl., 2019). En studie av Lundström m.fl. (2018) visar att årliga maximala vindbyar förväntas att minska något, upp till 1 m/s i norra delen av landet fram till perioden 2071–2100, medans ingen förändring eller möjligtvis en liten ökning förväntas i vissa delar av södra Sverige (upp till 1 m/s). Men i merparten av landet förväntas ingen större förändring. För medelvinden presenteras det inga framtidsscenarios. Samtidigt indikerar tidigare studier som fokuserar på Skandinavien och Östersjöområdet på färre stormar men en ökad intensitet. Senare studier visar att extrema vindar och stormar kan öka lokalt och regionalt, men att det samtidigt är för tidigt att säga om stormar kommer att öka i både styrka och frekvens (Belusic m.fl., 2019). Stormskador kan dock komma att öka på grund av flera faktorer, exempelvis minskad tjäle och högre vattenhalt i marken som kan minska stabilitet i skogar (Andersson m.fl., 2015).

4 Skogsbränder

Skogsbränder är starkt påverkade av klimat, väder och mänskliga aktiviteter (Yang m.fl., 2015). Regnmönstret under sommaren har stor effekt på både brandriskfördelningen och den rumsliga fördelningen av blyxtantända bränder i södra Sverige (Ou, 2017; Yang m.fl., 2015; Drobyshhev m.fl., 2012). Vind har också en viss effekt, särskilt på västkusten. De flesta bränder i Sverige antänds främst på grund av den mänskliga faktorn, exempelvis via eldning i trädgårdar, gräseldning eller lägereldar i skogen, och dessa bränder brukar oftast vara små då de upptäcks relativt snabbt (Sjöström och Granström, 2020). Större bränder sker oftast i glesbebyggda områden dit det ofta tar längre tid att nå och längre tid innan de upptäcks, och kan orsakas av bland annat blixtnedslag, gnistor från skogsbruksmaskiner eller återantändning av tidigare bekämpade bränder. Att identifiera brandorsak är dock ofta svårt och en stor andel (upp till 37%) av data över brandinsatser har ingen angiven antändningsorsak (Ou, 2017; Sjöström och Granström, 2020). Bara runt 7% av alla bränder har registrerat blixtnedslag som antändningsorsak (Ou, 2017). För större bränder (>0.5 ha) är blixtnedslag ändå den vanligaste orsaken och uppgår till ca 30% av alla kända antändningsorsaker (Sjöström och Granström, 2020). Blixtnedslag kan orsaka större bränder då de oftast inträffar långt ifrån bebyggelser vilket gör att det kan dröja länge tills de larmas in, samt att det tar längre tid för räddningstjänsten att ta sig till platsen på grund av avståndet och det mindre täta vägnätet (Sjöström och Granström, 2020; Pinto m.fl., 2020). Täthet av vägnät, brandgator samt befolkningstäthet är positivt korrelerade till förekomst av bränder, det vill säga fler bränder i tätbebyggda områden, men negativt korrelerade till brändernas storlek (Pinto m.fl., 2020). Skogsbränder har varit mer eller mindre under kontroll sedan 1850-talet och brandytan har sällan överstigit 0,001% av total skogsyta (Drobyshhev m.fl., 2012), med undantag för torra somrar med fler antal bränder (exempelvis 1992, 2002, 2008, 2014, 2018).

4.1 Förekomst av skogsbränder i Sverige

Ungefär hälften av räddningstjänstens brandinsatser är mot gräsbränder, som utgör cirka 20% av den brunna ytan (Sjöström och Granström, 2020). Gräsbränders förekomst varierar i landet med störst andel i södra delen av landet och norrut längs östkusten. Skogsbränders förekomst liknar den för gräsbränder, men med mindre tydlig gradient norrut och större andel österut än västerut. Andel yta som har brunnit under perioden 1996–2018 uppgår till ca 3600 ha/år och antal bränder är starkt kopplat till befolkningstäthet (Figur 2; Sjöström och Granström, 2020). De flesta (mindre) skogsbränder sker i tätbebyggda områden medan större bränder oftast sker i glesbebyggda regioner i inlandet (Sjöström och Granström, 2020; Pinto m.fl., 2020).

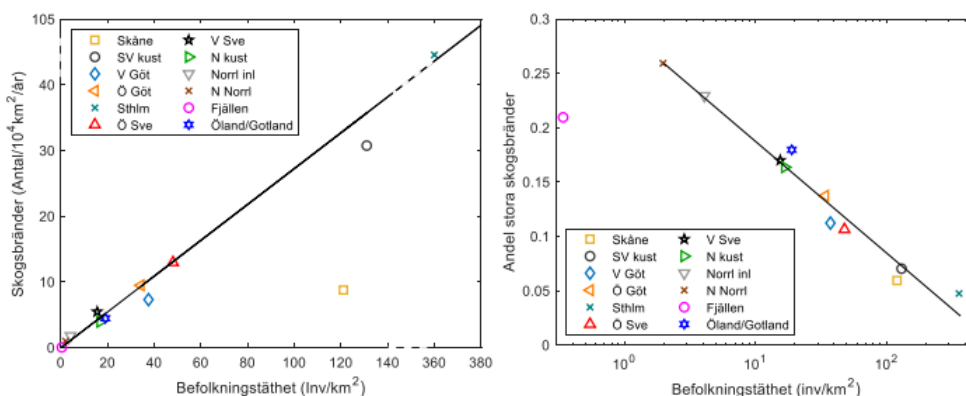
Det är bara en liten andel av bränder som står för den största andelen bränd mark. Exempelvis utgör de fyra största bränderna tillsammans cirka 30% av den brända arean (Figur 3). Det finns flera faktorer som samspelar och bidrar till att stora bränder förekommer i boreala bältet och Norrlands inland och kust. Det finns

mindre fragmenterad skog i norr och skogens sammansättning ändras från blandskog i söder till barrskog i norr vilket innebär tillgång till mer brännbart material i norr. Mindre befolkningstäthet gör att det kan ta längre tid innan en brand upptäcks och glesare vägnät bidrar till mindre effektivt släckningsarbete (Pinto m.fl. 2020).

Förhållandevis sker fler gräsbränder på Västkusten än i andra regioner (Sjöström och Granström, 2020). Förekomsten av skogsbränder ökar söderut i landet och även österut, bortsett från större städer, och brandrisken ökar också söder- och österut (Sjöström och Granström, 2020; Pinto m.fl. 2020; Ou, 2017). Östra Svealand har generellt flest högriskdagar och högst brandrisk över året, följt av Götaland och Norrlandskusten, medan Norrlands inland och sydvästra Sverige har mindre brandrisk (Sjöström och Granström, 2020). Skåne urskiljer sig när det kommer till skogs- och gräsbränder. Här finns mindre skog än i övriga landet och den skog som finns har en högre andel lövträd samt att en stor andel av marken används till jordbruk, vilket tillsammans minskar andel brännbar mark (Sjöström och Granström, 2020). Så även om Skåne har många högriskdagar sker inte så många bränder som förväntat.

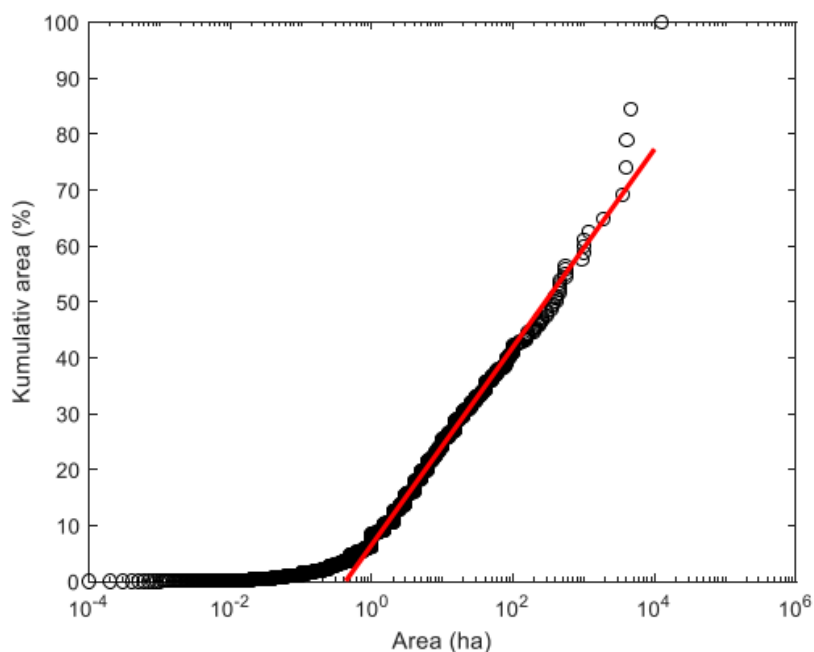
Både skogs- och gräsbrandssäsongen är ungefär lika långa och sträcker sig från mars till oktober och södra Sverige har generellt en längre brandsäsong än norra Sverige (Sjöström och Granström, 2020; Drobyshev m.fl., 2012; Ou, 2017). Gräsbränder är vanligast under våren innan växtsäsongen tar fart och sker främst under mars-maj med en topp i april (Sjöström och Granström, 2020). Öland och Gotland har ofta en dubbel gräsbrandssäsong med en extra topp i augusti på grund av sommartorka. Flest skogsbränder och störst brandyta sker under sommaren (maj-juli) och vanligtvis är mindre bränder vanligast under maj och juni medan de största bränderna brukar inträffa under juli (Ou, 2017; Sjöström och Granström, 2020). Brandsäsongen i Norrland (april-september) börjar ungefär en månad efter södra Sverige på grund av snösäsongens längd (Ou, 2017).

Figur 2. Antal skogsbränder per ytenhet och år mot befolkningstätheten i respektive region (vänster graf), och andel av alla skogsbränder med area >0.5 ha mot befolkningstätheten i respektive region (från Sjöström och Granström, 2020).



Ur ett historiskt perspektiv är antalet skogsbränder i Sverige idag relativt få (Drobyshev m.fl., 2012; Clear m.fl. 2014). Dendrokronologiska rekonstruktioner visar att skogsbränder idag är 1–2 storleksordningar lägre än under 1500–1800-talet (Drobyshev m.fl., 2012). Efter att det industriella skogsbruket infördes i slutet av 1800-talet skedde färre skogsbränder och sedan förra seklet har årlig brandyta varit relativt konstant. Men under de senaste åren har det skett en ökning av skogsbränder. Områden som pekas ut att ha större brandrisk (baserat på brandriskindex, FWI) är östra Svealand (Östersjölandskapen) och Gotland samt östra Götaland och Norrlandskusten (Sjöström och Granström, 2020).

Figur 3. Kumulativ bränd area för alla incidenter upp till en viss area mot varje enskild incidents area. Linjen representerar en logaritmisk anpassning (från Sjöström och Granström, 2020).



4.2 Framtida risker 2050–2100

Enligt regionala klimatmodeller (RCP4.5 och RCP8.5) förväntas högre medeltemperaturer och ökad sommartorka och brandrisk i främst södra Sverige, särskilt fram mot 2100. En ökad temperatur kan påverka bränder genom att atmosfärens förmåga att hålla vattenånga leder till en ökad avdunstning vilket kan minska bränslets fuktighet, och varmare förhållanden kan också leda till ökade blixtnedslag och förlängd brandsäsong (Flannigan m.fl., 2013). Sommartorka och brandrisk förväntas minska i norra Sverige jämfört med de södra delarna fram till 2050, även om enstaka år kan förväntas vara mycket torra med hög brandrisk (Ou, 2017, Yang m.fl., 2015). Markfuktigheten som kan bidra med en viss avkylning förväntas minska och i ett framtida torrare klimat kan en värmebölja därför förstärkas eftersom temperaturen stiger ytterligare över torr mark (Sjövist m.fl., 2019). Kronbränder av hög intensitet kan också bli mer frekventa i framtiden (Flannigan m.fl., 2013).

Väderrelaterad brandrisk förväntas öka för de områden som redan har hög brandrisk, såsom södra Sverige och särskilt östersjöregionen (Sjökvist m.fl., 2016; Sjökvist m.fl., 2013; Yang m.fl., 2015; Flannigan m.fl., 2013). Förekomsten av skogsbränder förväntas att generellt öka i framtiden både till antal och yta och främst i södra Sverige (Andersson m.fl., 2015; Ou, 2017; Belusic m.fl., 2019; Sjöström och Granström, 2020; Eriksson m.fl., 2016). Brandrisksäsongen förväntas förlängas med upp till någon vecka i norr och två veckor i södra Sverige fram till 2050. Fram mot 2100 förväntas brandrisksäsongen utökas ytterligare med upp till en månad och tidigareläggas cirka 40 dagar i främst Svealand och Götaland (Sjökvist et m.fl., 2016). Samtidigt kommer högriskperioder att öka gradvis i antal och längd mot 2100 och redan vid 2050 förväntas högriskperioder öka i längd och förekomma i genomsnitt under två av varje tre år i Götaland och södra Svealand. Men det är oklart hur frekvensen av blixtnedslag och dess påverkan på bränder kommer att ändras i framtiden (Belusic m.fl., 2019).

Sommaren 2018 var en extrem sommar ur torka- och brandsynpunkt och överskred de förhållanden som kan förväntas av framtida klimatmodeller oavsett scenario, och sannolikheten för en sommar liknande den år 2018 är hög och förväntas förekomma igen. Tidigare utpekade områden med högre brandrisk, såsom östra Svealand och Gotland samt östra Götaland och Norrlandskusten kommer att fortsättningsvis att vara utpekade som riskområden, då brandrisk förväntas öka i redan utsatta områden (Sjökvist m.fl., 2019).

5 Jordskred

Både ras och skred är exempel på snabba massrörelser. Skred eller jordskred uppstår när en sammanhängande jordmassa kommer i snabb rörelse och beroende på jordart och vatteninnehåll kan de ha olika karaktär (exempelvis kvicklera och slamströmmar). Vid ett ras rör sig enskilda partiklar som block, sten, grus- och sand fritt i förhållande från varandra, och sker vid bergväggar samt i grus- eller sandbranter. I Sverige förekommer oftast skred i samband med snösmältning, tjällossning och perioder då det regnar mycket (MSB, 2020a). Exempelvis så sker moränkskred och slamströmmar ofta när jorden blivit vattenmättad efter regnperioder eller i samband med snösmältning (MSB, 2020a; Fallsvik m.fl., 2007).

Orsakerna till skred kan vara primära, dvs. långvariga faktorer i berg eller jord där topografi, geologi, hydrologi och jordlagers bärförmåga är de viktigaste förutsättningarna för skred. Bland annat kan stabiliteten i berg påverkas av grundvattentryck, -flöde, istryck och svälltryck i lermineral (Lundström m.fl., 2018). Skred sker i silt- och lerjordar, bland annat i glaciala leror (Shahri m.fl., 2019), men kan också ske i vattenmättade siltiga och leriga moräner (MSB, 2020a; Hedfors och Rodhe, 2018). Skred kan orsakas av både naturliga och antropogena faktorer som exempelvis nederbörd och naturell erosion eller markanvändning och byggande (Andersson-Sköld m.fl., 2013).

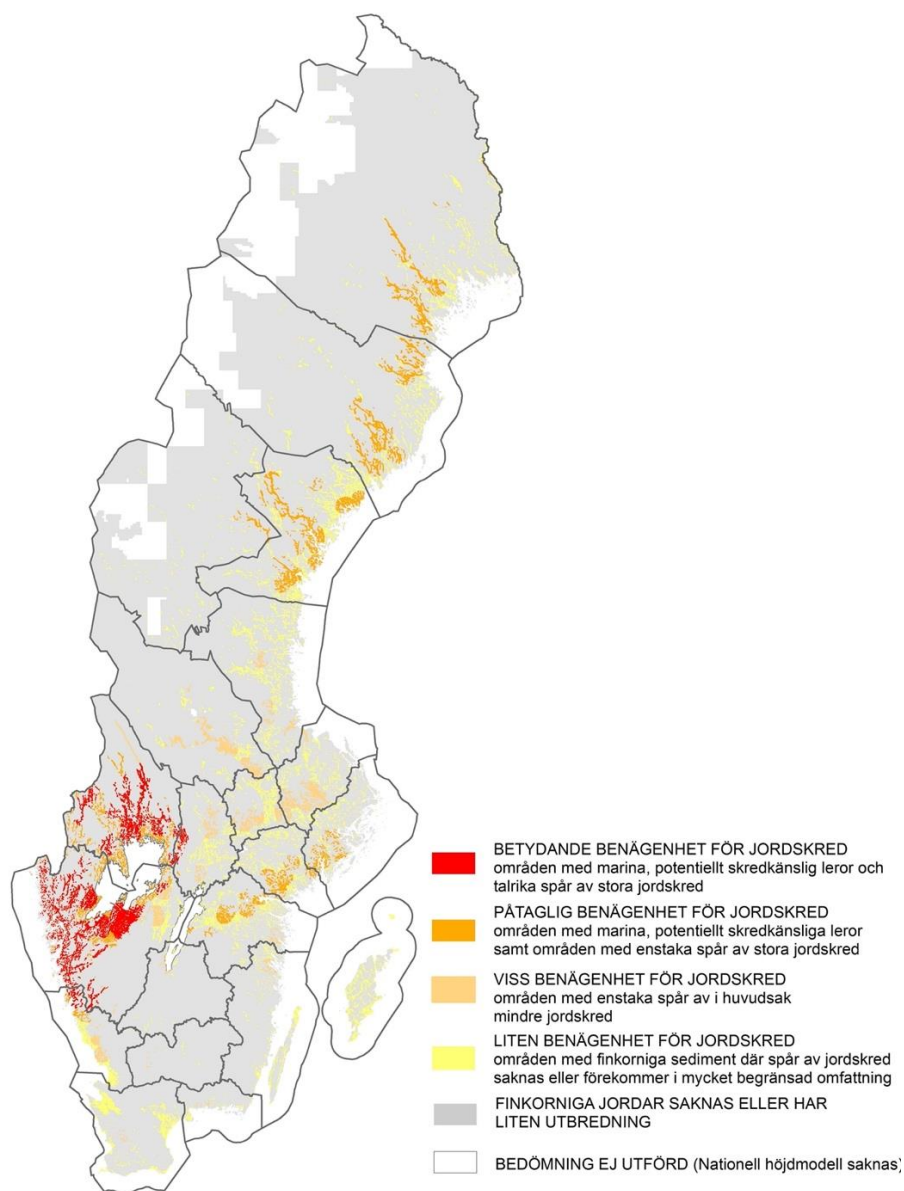
Jordtyp, som nämnts ovan, jorddjup och sluttning anses vara de viktigaste faktorerna för skred (Shahri m.fl., 2019). De flesta skred uppstår där jorden är 10–15 m, men få uppstår där den är >30 m eller <5 m (Shahri m.fl., 2019). Skred inträffar vanligtvis där marklutningen är tillräckligt stor (Hedfors och Rodhe, 2018), exempelvis >10% för lerskred (MSB, 2020a). De kan dock också förekomma på flackare ler- och siltmarker på grund av olika naturliga eller mänskliga faktorer såsom höga portryck, markvibrationer, hållfasthetsminskning efter kemiska processer, avschaktning, muddring eller pålastning (Hedfors och Rodhe, 2018). De skred som inträffar idag beror ofta på oaktsam markanvändning (Hedfors och Rodhe, 2018).

5.1 Förekomst av jordskred i Sverige

Västra Götalands och Värmlands län samt längs Norrlandskusten anses vara Sveriges mest skredkänsliga områden och det är också här som merparten av landets skred har inträffat (Hågeryd m.fl., 2007; MSB, 2020a). Det finns även en betydande jordskredsbenägenhet i sydvästra Svealand och nordvästra Götaland (det vill säga kring Väneren och längs nordvästra kusten) samt östra Svealand och mot Norrlands östkust. I dessa områden finns det skredkänsliga finkorniga jordarter såsom lera och silt samt spår av stora jordskred (Fallsvik m.fl., 2007). De sydvästra delarna har även gynnsamma förhållanden för kvicklera. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) har sammanställt en GIS-databas över förutsättningar för jordskred i finkorniga jordarter med utpekade aktsamhetsområden (SGU, 2021a) som också till stor del sammanfaller med områden med tidigare jordskred (Hedfors och Rodhe, 2018). Ett genomgående mönster för tidigare inträffade skred är att de flesta har skett vid större åar och älvdalgångar (Hågeryd m.fl., 2007). Exempelvis så har omkring 97% av skreden i Västra Götalands län skett inom Göta älvs, Sävans, Viskans och Lidans

dalgångar (Hågeryd m.fl., 2007). Det finns idag skredriskkartering av tre vattendrag: Sävån, Norsälven och Göta älv (SGI, 2019). Arbete pågår för Ångermanälven, Viskan, Motala ström, Luleälven och Gullspångsälven som anses som ytterligare prioriterade vattendrag för skredriskkartering i en rapport om förnyad prioritering (SGI, 2019).

Figur 4. Översikt över finkorniga jordars skredbenägenhet från SGU:s och Statens Geotekniska Institut (SGI) databaser (SGU, 2021b).



Regionala skillnader för förekomst av jordskred beror på olika geologiska förutsättningar, utbredning och egenskaper av leror, uppbyggnad av jordlager, topografi och erosion (Hedfors och Rodhe, 2018). De flesta skred inträffar på obebyggd mark (Viberg m.fl., 2001). Moränkskred och slamströmmar inträffar oftast när jorden har blivit vattenmättad efter regnperioder eller i samband med

snösmältning. De är mindre vanliga än jordskred och sker huvudsakligen i fjällen men kan också förekomma i moränslänter på andra platser i landet (Hedfors och Rodhe, 2018; Fallsvik m.fl., 2007). När skred inträffar skiljer sig något mellan de norra och södra delarna av landet. I Norrland är skred vanligast under februari-maj, medan skred är vanligast under augusti-december i Svealand och Götaland (MSB, 2020a).

I SGI:s skreddatabas finns omkring 1000 inträffade skred och ras i finkorniga jordarter registrerade. Merparten av de registrerade jordskreden har skett efter 1900 (Andersson-Sköld m.fl., 2013; MSB, 2020a), varav de flesta har varit små och utan betydande skador. Skred större än en hektar sker i genomsnitt med två till tre års mellanrum (Viberg m.fl., 2001), medan större jordskred som orsakar stora skador är relativt sällsynta och har inträffat färre än tio gånger under de senaste 70 åren (Hedfors och Rodhe, 2018). Exempel på större skred som har genererat stora ekonomiska skador är Surte (1950), Göta (1957), Jordbro (1972), Tuve (1977), Vagnhärad (1997) och Småröd (2006) (Hedfors och Rodhe, 2018). Mindre skred kan dock också orsaka stora skador om de sker i sårbara områden. Före 1850 var jordskred främst påverkat av klimat och landhöjning, men mänskliga ingrepp har troligen bidragit till en ökning av stora skred under 1900-talet (Hågeryd m.fl., 2007).

5.2 Framtida risker 2050–2100

Klimatförändringarna kommer att påverka förekomst av ras och skred via förändrad stabilitet genom exempelvis ökad erosion, förändrade vattennivåer och förändringar i växtlighet (Andersson-Sköld m.fl., 2013). Sannolikheten för skred ökar exempelvis med ökad nederbörd inom områden som redan är skredbenägna, såsom västra och östra Götaland och längs norrlandskusten (Andersson m.fl., 2015). Sedan finns det ytterligare områden som kan ha otillräckligt stabila slänter för framtida förhållanden (Hedfors och Rodhe, 2018). Exempelvis kan ökad nederbörd och skyfall öka antal ytliga skred i såväl naturliga som schaktade slänter. Ökat antal dagar med kraftigt regn och skyfall ökar sannolikheten för slamströmmar och ras i sand- och moränslänter. Detta innebär problem främst i den norra delen av landet (Lundström m.fl., 2018).

I västra Norrland förväntas även ett ökat 100-årsflöde i vattendragen öka sannolikheten för slamströmmar och erosion (Lundström m.fl., 2018). Samtidigt förväntas vattendrag i Södra Sverige få fler dagar med lågflöde, och vid snabbt minskande flöden kan minskat mothåll i slänter leda till ökad sannolikhet för ras och skred (Lundström m.fl., 2018). Lägre vattennivåer i sjöar kan få liknande effekt och minska slänters stabilitet och på så vis öka sannolikheten för ras och skred. Detta är aktuellt för, exempelvis Vänern, Vättern och Hjälmaran (Lundström m.fl., 2018). Kusterna i södra Sverige förväntas drabbas av ökad erosion, ras och skred såväl som översvämningar, varav Halland, Skåne, Blekinge, östra Småland, Öland och Gotland är särskilt utpekade (Lundström m.fl., 2018). Förändrade grundvattennivåer kan också påverka sannolikheten för skred. Högre grundvattennivåer kan generera en minskning i jordens hållfasthet som i sin tur kan öka sannolikheten för ras och skred (SGI, 2019; MSB, 2020a; Lundström m.fl.,

2018). Lägre grundvattennivåer kan ibland torka ut vegetation så att rötternas stabiliserande inverkan försvinner vilket ger mindre skydd mot erosion och sämre stabilitet. Detta kan i sin tur öka sannolikheten för ras och skred, särskilt i samband med ökad nederbörd och skyfall (Lundström m.fl., 2018). Samtidigt kan lägre grundvattennivåer orsaka konsolidering av exempelvis leror vilket ger en ökad hållfasthet och därmed bättre stabilitet (Lundström m.fl., 2018).

Enligt en studie av Fallsvik m.fl., 2007, förväntas västra Sverige såväl som Norrlands kustland, Västernorrlands län och delar av Västerbotten och Gävleborgs län att få en ökad frekvens av ras och skred beroende på ökad nederbörd, avrinning och portryck. En ökning av ras och skred väntas även i områden som har förutsättningar för ras och skred i ler- och siltslänter, såsom Dalarna, Värmland, Närke, Västmanland, Uppland och Södermanland samt inom mindre områden i Östergötland och Småland. Samtidigt väntas vissa delar av landet få oförändrade eller mindre problem med ras och skred på grund av oförändrade vattenflöden i kombination med mer avdunstning och mindre erosion (Fallsvik m.fl., 2007; Lundström m.fl., 2018). Bland annat Mälardalen längs Södermanlandskusten och i delar av Östergötland och Småland. Benägenhet för ravinutveckling förväntas öka i Svealand, södra och västra Götaland och delar av Norrlands inland på grund av ökad nederbörd och avrinning. Likaså förväntas benägenheten för moränkskred och slamströmmar att öka i större delen av Jönköpingstrakten, norra Svealand, södra Norrland samt dess fjälltrakter på grund av ökad sommarnederbörd och frekvens av kraftigt regn. Norra Norrlands inland blir dock oförändrat eftersom intensiva regn förväntas bli mindre (Fallsvik m.fl., 2007). För modellerna som presenteras i studien har det dock gjorts vissa förenklningar som bör beaktas. Exempelvis har man antagit att det finns linjära samband mellan nederbörd och slamströmmar och till viss del förbisett lokala faktorer såsom topografi och geologi (Fallsvik m.fl., 2007). Slutligen kan klimatförändringarna också öka risker för skred under andra perioder än de som har mest frekvens idag, dvs. februari till maj i Norrland och augusti till december i Svea- och Götaland (MSB, 2020a).

6 Kustöversvämningar

Förhöjda (extrema) havsnivåer orsakas av den kombinerade effekten av medelhavsvattenstånd, tidvattenstånd, stormfloder och en dynamisk vågkomponent. Om flera av dessa faktorer samverkar kan det resultera i kustöversvämning (Whal m.fl., 2018; Nerheim m.fl., 2017; Vitousek m.fl., 2017). Lokala effekter såsom havsbottens batymetri och kustlinjens form kan också ha en stor inverkan på stormflodens eller kustöversvämningens storlek (Quante och Colijn, 2016; Nerheim m.fl., 2017). Den stigande medelhavsnivån är ytterligare en komponent som tillsammans med andra faktorer kan orsaka långsiktiga förändringar av extrema havsnivåer och kustöversvämning (Church m.fl., 2013; Seneviratne m.fl., 2012). Flera studier pekar på att förändringar hos stormfloder och vågor också kommer att ha en betydande roll för havsnivåförändringar, men regionspecifika projektioner över förändringar hos stormar är dock av låg konfidens (Church m.fl., 2013; Hyeronimus och Kalén, 2020). Framtida havsnivåer inklusive kustöversvämningar kommer också att påverkas av den pågående landhöjningen sedan den senaste nedisningen, vilket i vissa delar kompenserar medelhavsnivåhöjningen (Nerheim m.fl., 2017).

6.1 Förekomst av kustöversvämningar i Sverige

I Östersjön blir havsvattenståndet oftast som högst i norra Bottenviken samt i de södra delarna (Schöld m.fl., 2017). Öresund och Västkusten får ofta högre havsvattenstånd än norra delarna av Östersjön och södra Bottenhavet (Schöld m.fl., 2017; Nerheim m.fl., 2017). Att havsnivåerna inte är lika höga längs kusten kan sannolikt förklaras med kustens utformning och olika väderförhållanden. Södra Bottenhavets kuststräcka som sträcker sig österut är exempelvis öppnare för nordliga vindar och har därför något högre högsta beräknade havsvattenstånd än kusten norrut (Nerheim m.fl., 2017). I Bottenviken kan havsvattenståndet vara relativt högt före en storm vilket kan gynna förutsättningar för mycket höga vattenstånd under själva stormen. I Östersjön verkar havsvattenståndet före storm ha störst effekt på stormfloders höjd medan stormeffekten däremot är den viktigaste mekanismen för höga stormfloder längs Västkusten (Schöld m.fl., 2017; Nerheim m.fl., 2017).

Förekomst av högt havsvattenstånd har varierat mycket mellan årtionden (Nerheim m.fl., 2017). I Bottenviken är höga vattenstånd relativt vanliga längs den norra kusten, men från Bottenhavet till och med södra Östersjön är höga havsvattenstånd tämligen ovanliga. Vid Sveriges sydligaste spets är de dock mer frekventa och i Öresund och längs Västkusten är de mycket vanligare. Högt vattenstånd kan däremot dröja kvar längre i Östersjön eftersom det är utgångsläget före en storm som är mest avgörande för hur höga havsnivåerna blir (Schöld m.fl., 2017). Stormar som orsakar stora havsnivåhöjningar inträffar oftast på hösten och vintern (Nerheim m.fl., 2017; Schöld m.fl., 2017) och extrema havsnivåer är vanligast under vintern (Hyeronimus och Kalén, 2020). Efter översvämningdirektivets andra cykel har 16 områden vid havet identifierats som riskområden (Tabell 2; MSB, 2018).

Tabell 2. Områden med betydande översvämningsrisk från havet.

Städer	Städer
Göteborg	Landskrona
Halmstad	Malmö
Helsingborg	Skanör/Falsterbo och Höllviken/Ljunghusen
Kalmar	Stenungsund
Karlshamn	Stockholm
Karlskrona	Trelleborg
Kristianstad/Åhus	Uddevalle
Kungsbacka	Ystad

Källa: MSB, 2018

6.2 Framtida risker 2050–2100

Förändringar i medelhavsvattenstånd på grund av ett varmare klimat kommer inte att vara homogen längs Sveriges kust eftersom landet fortfarande genomgår en landhöjning (isostatisk upplyftning) i olika hastigheter sedan den senaste nedisningen (Nerheim m.fl., 2017). Landhöjningen är snabbast (relativt geoiden) vid Bottenvikens kust i Norra Kvarkenområdet med ungefär 10 mm/år och allt långsammare i alla riktningar därifrån. I Sverige är landhöjningen långsammast längst ned i södra Sverige, med exempelvis hastigheter på knappt 1 mm/år i Skåne (Vestøl m.fl., 2019). Landhöjningen kommer till en början att motverka havsnivåhöjningen i olika grader i olika delar av landet. Där landhöjningen är som snabbast kan det dock komma att bli problem med en sjunkande havsnivå snarare än en stigande, även under klimatscenario RCP 8.5 (Nerheim m.fl., 2017; Hyeronimus och Kalén, 2020). År 2100 förväntas havsnivån ligga under dagens nivå längs norra Östersjökusten medan upp till nästan 70 cm havsnivåhöjning är prognosticerat längst ner i söder (Hyeronimus och Kalén, 2020).

Den geografiska skillnaden i medelhavsnivån syns också tydligt i prognoser för framtida extrema havsvattenstånd (Hyeronimus och Kalén, 2020). Enligt klimatscenario RCP 2.6 för år 2100 förväntas dagens havsnivå med 100-års återkomsttid att återkomma oftare än var 20:e år på respektive mätstation i södra Östersjön. För klimatscenario RCP 8.5 förväntas samma mönster fast redan för år 2060. Generellt förväntas havsnivåer som idag anses vara ovanliga (100-års återkomsttid) att bli relativt vanliga för alla RCP scenarier i södra Östersjön fram mot seklets slut (10–50-års återkomsttid för RCP 2.6 och 5–30-års återkomsttid för RCP 8.5). I norra Östersjön förväntas däremot dagens havsnivå med 100-års återkomsttid att ha en återkomsttid på över 200 år för alla mätstationer redan 2045 under RCP2.6. Det är värt att nämna att i dessa beräkningar har inte påverkan av lokala förändringar hos stormar kvantifierats eftersom det finns mycket osäkerheter kring hur dessa kommer att utvecklas (Hyeronimus och Kalén, 2020).

Södra Östersjön pekas generellt ut som ett område som i framtiden förväntas bli mer utsatt för extrema havsvattenstånd. Där bland annat Malmö och Simrishamn pekas ut som områden där dagens 100-års återkomsttid kommer att kortas ner mest fram till år 2050, till en återkomsttid runt 5–10 år oavsett framtidsscenario (Hyeronimus och Kalén, 2020).

7 Hantering av naturolyckor

Klimatanpassning i Sverige fokuserar på att minska de sårbarheter som samhället kan stå inför i samband med klimatförändringar, och klimatanpassningsarbetet har utvecklats kontinuerligt från klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) till dagens nationella strategi för klimatanpassning (SOU 2017/18:163). Arbetet styrs av lagar och regler, och ett återkommande inslag i uppdaterade klimatanpassningsstrategier är ett förtydligande kring samordning, mandat och ansvar kopplat till klimatanpassning. Länsstyrelserna har i uppdrag att vara drivande och samordna klimatanpassningen regionalt, och Boverket, med bistånd från SMHI, SGI, MSB och länsstyrelserna, är exempelvis den samordnande myndigheten för klimatanpassning i förhållande till bebyggelse (SOU 2017:42). Kommuner förväntas vidare ta hänsyn till risker kopplade till klimatrelaterade naturolyckor på den byggda miljön i sin översiktsplan (exempelvis via kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser). Myndigheternas redovisar årligen sitt klimatanpassningsarbete till SMHI. Redovisningen från 2019 visar att de utmaningar som kommuner oftast har prioriterat i sitt klimatanpassningsarbete är förebyggande åtgärder mot översvämningar och ras och skred som hotar samhällen (Sjöberg m.fl., 2020). Mer information kring Sveriges klimatanpassning och de lagar och regler som styr arbetet finns på www.klimatanpassning.se.

Här nedan presenteras översiktlig information kopplat till hantering av de naturolyckor som tas upp i förstudien. Följt av förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn för respektive naturolycka.

7.1 Hantering av översvämningar

År 2007 antog EU ett nytt direktiv om översvämningssrisker och MSB ska i enlighet med översvämningdirektivet och enligt förordning (2009:956) göra bedömningar kring översvämningssrisker för varje vattendistrikt i Sverige. Den första bedömningen gjordes 2011 (cykel 1) där 18 områden identifierades kunna ha betydande konsekvenser av en översvämning. Inför den andra bedömningen (cykel 2) hade fler metoder utvecklats (bland annat nya höjddata för översvämningsskartering och inkludering av kustöversvämningar) vilket resulterade i totalt 25 områden som identifierades kunna ha betydande översvämningssrisk, varav 11 för översvämning av vattendrag (Tabell 1). En del områden som identifierades under cykel 1 uppfyllde inte de nya krav som sattes upp för cykel 2, exempelvis utifrån den nya översvämningsskarteringen eller att fokusområden med risk för översvämning har ändrats.

Utifrån dessa identifierade områden framställer MSB hotkartor medan länsstyrelser framställer riskkartor eller riskhanteringsplaner. MSB:s översvämningsskartering (hotkartor) visar områden som hotas av översvämning när vattenflöden uppnår en viss nivå (50-, 100-, 200-årsflöde samt beräknat högsta flöde). Syftet med skarteringen är att underlätta planeringsarbetet för kommuner och länsstyrelser samt ett stöd för räddningstjänstens planering av insatser. Kommuner som identifierat riskområden för översvämningar kan i sin tur söka statsbidrag hos MSB för

förebyggande åtgärder. Exempelvis sökte 14 kommuner under år 2020 omkring 240 miljoner kronor för 19 förebyggande åtgärder mot naturolyckor såsom ras, skred och översvämningar.

Översvämningshanteringen i Sverige är främst baserad på förberedelser, försäkringar och till viss del skyddsbarriärer, vilket främst är ett resultat av översvämningarnas natur i Sverige. Med tanke på variationen i översvämningrisker i landet behöver åtgärder anpassas till lokala förhållanden. Den starka kommunala självförvaltningen innebär att översvämningriskåtgärder främst initieras, finansieras och genomförs på lokal nivå. Resurseffektiviteten är emellertid också starkt beroende av tillgången på mänskliga, kunskaps- och ekonomiska resurser hos kommunerna och dessa resurser varierar över hela landet (Ek m.fl., 2016; Sjöberg m.fl., 2020). Enligt flera rapporter (Ek m.fl., 2016; Becker m.fl., 2020) saknas det ett bättre helhetsperspektiv på nationell nivå för hantering av översvämningrisker i Sverige. Både hanteringen och ansvaret anses vara splittrat mellan olika aktörer, vilket gör tydligare strategier och mål på nationell nivå viktiga för att få en helhetsbild över översvämningriskerna.

Förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn

Mot bakgrund av klimatförändringarna och dess effekter på översvämningsskrisen kan det finnas anledning att ompröva vad som är det mest effektiva valet och kombinationen av åtgärder. För att ta fram riskanalyser för översvämningar används i allmänhet historiska data, vilket innebär en risk för att hänsyn inte tas till ändrade framtida översvämningförhållanden på grund av klimatförändringarna. Kunskapen om detta måste ökas och räknas in i riskhanteringsplaner, exempelvis i risk- och sårbarhetsanalyser (RSA). RSA pekas också ut som ett verktyg för att integrera klimatanpassningen, men tidsspannet för RSA är ofta kortare (1–10 år) och tar främst hänsyn till extrema väderhändelser, medan klimatanpassning kräver längre tidsperspektiv för att ta hänsyn till klimatförändringar. Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) har tagit fram en vägledning kring vilka aspekter inom klimatanpassningen som kan inkluderas i kommunal RSA och vilka som faller utanför (Andersson-Sköld m.fl., 2012). Men då översvämningshanteringen i Sverige har upplevts som relativt fragmenterat (Ek m.fl., 2016), finns det behov av nationellt stöd och ett förtydligande av roll- och ansvarsfördelning i riskhanteringsprocessen samt behov av regional eller nationell samverkan (Andersson-Sköld m.fl., 2012). Ett viktigt bidrag till arbetet kan vara en reviderad och uppdaterad klimatstrategi där målsättningar är tydliga, vilket kan bidra till en mer sammanhängande och tydlig plan för översvämningshantering från nationell till lokal nivå (Ek m.fl., 2016).

7.2 Hantering av skyfall

För att minska skador från översvämningar orsakade av extrem nederbörd behövs en beredskap för hur de ska hanteras. Skyfallskarteringar utförs på kommunnivå och under 2017 publicerade MSB en vägledning för skyfallshantering (MSB, 2017). På lokal nivå sker kontinuerliga förbättringsåtgärder i avloppssystemen för att försöka minska dagvattenmängden som avleds i ledningssystem, vilka normalt sett är

dimensionerade för att klara 10-års regn (Hernebring och Mårtensson, 2013). Kombinerade avloppssystem, där dagvatten och spillvatten avleds i samma rör, ses som särskilt problematiska. De står för en stor andel källaröversvämningar (Sörensen, 2018; Svenskt Vatten, 2016) och behöver uppgraderas. Förslag har tagits fram för att implementera säkerhetskänsliga åtgärder i avloppssystem mot källaröversvämningar (Svenskt vatten, 2016; Hernebring och Mårtensson, 2013). Blå-grön infrastruktur har också införts i flera kommuner med exempelvis fördröjningsdammar och konkava grönområden (Sörensen, 2018), men behovet av plats är en utmaning. Dessa lokala åtgärder vidtas främst i nybyggnadsområden men även i äldre bebyggelser (Hernebring och Mårtensson, 2013). Exempel på andra åtgärder är v-formade skyfallsvägar som leder bort vatten vid skyfall samt flödestopsutjämning genom utjämningsmagasin (Hernebring och Mårtensson, 2013). Boverket tillhandahåller också mycket information kring skyfall och dagvattenhantering i bebyggd miljö och Linköpings universitet har tillsammans med SMHI tagit fram en plattform ”Visual Water” för att stödja kommuner i deras arbete med hållbar dagvatten- och skyfallsplanering (Visual Water, 2021).

Förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn

Eftersom att skyfall generellt kan ske var som helst bör kartläggning göras i de flesta bebyggelser för att identifiera svaga punkter. Fortsatt arbete för att vidta lokala åtgärder behövs för att bland annat minska dagvattenmängden som avleds i ledningssystem vid extrem nederbörd. En översyn behövs också kring befintliga översvämningståtgärder. Exempelvis kan vallar som skyddar mot översvämning från vattendrag försvåra avrinning vid extrem nederbörd (Hernebring och Mårtensson, 2013). Fortsatt insamling av nederbördsdata med hög tidupplösning behövs. Sådan information samlas idag in från både SMHI och vatten- och avloppsbranschen, men skulle kunna få betydelse för övervakning av förekomst av skyfall samt kommuners åtgärdsplanering för översvämningar och föreslås koordineras till en samordnad databas (Andersson m.fl., 2015).

Det finns flera åtgärder att ta till för att minska översvämningar i samband med kraftigt regn. Som det tidigare har nämnts så finns det även alternativ inom blågrön infrastruktur, såsom att en ökad andel gröna ytor som kan möjliggöra ökad infiltration, eller tillgång till våtmarker som hjälper till att hålla kvar vatten samt fler träd som kan minska andel nederbörd som når marken.

7.3 Hantering av stormar

Huruvida stormar kommer att öka i framtiden råder det delade meningar om och information kring hantering av stormar verkar vara begränsad. MSB har exempelvis inget uppdrag kopplat till stormar annat än att bistå med samordning om en storm inträffar. Vid händelse av en storm är det kommunens räddningstjänst som ansvarar för eventuellt räddningsarbete. Stormar orsakar främst skador på skog och infrastruktur, exempelvis elavbrott på grund av nedfallna träd och ledningar. Ett exempel på sätt att förebygga framtida stormskador är att gräva ner elkablar i tidigare stormdrabbade områden.

7.4 Hantering av skogsbränder

SMHI driver informationssystem om brandrisk i skog och mark på uppdrag av MSB och tillhandahåller brandriskprognoser till länsstyrelser, kommunala verksamheter och skogsbruk. För att se över spridningsrisken och brandbeteende av skogsbränder används FWI-modellen (Fire Weather Index) som baseras på meteorologiska indata såsom temperatur, relativ luftfuktighet och vindhastighet. Brandriskvärdet (FWI) har en stark koppling till antalet bränder, varav ett högre brandriskvärde har en större effekt på storleken på de bränder som antänds (Sjöström och Granström, 2020). Brandriskvärdet (FWI) används för kommunikation med allmänhet och media för att gå ut med eventuella varningar kopplade till brandrisk (SMHI, 2020).

Det har skett både positiva och negativa förändringar i skogbrandsförsvarets förutsättningar sedan mitten av 1900-talet. Positiva förändringar innebär bland annat användning av helikopter och flygplan för brandövervakning och brandsläckning. Utbyggnad av vägnät och mobiltelefonin har gjort att det är enklare och går snabbare att nå brandplatsen. Negativa punkter innefattar bland annat svårigheter att snabbt få in resurser till en brandplats (Sjöström och Granström, 2020). I Uppdrag granskningens reportage (2020) över bränderna 2018 svarade 38% av 600 tillfrågade brandmän och brandbefäl att det inte fanns tillräcklig bemanning. Underbemanningen ansågs vara ännu större i Norrbotten och Västerbotten där 66% respektive 52% av de tillfrågade tyckte att de var underbemannade. Även om flera av bränderna under 2018 var under kontroll i ett tidigt skede ledde otillräckligt eftersläckningsarbete eller brist på bevakning till fortsatt allvarlig spridning. Nästan två tredjedelar av bränd mark under 2018 kunde kopplas till redan bekämpade bränder som var i behov av ordentligt eftersläckningsarbete (Sjöström och Granström, 2020).

I studien av Sjöström och Granström (2020) framgår det att brandrisk har minskat de senaste 20 åren jämfört med andra halvan av 1900-talet, men detta reflekteras inte i total bränd yta vilket kan peka på sämre släckningsförmåga hos brandförsvaret. Tiden mellan larm och insats är avgörande för brandens spridning och trots att det finns en tydlig koppling mellan brandstorlek och tid till ankomst till brandplatsen har mediantiden mellan larm och ankomst ökat påtagligt mellan 1998 och 2018 (24% för gräsbränder, 28% för alla skogsbränder och 37% för stora skogsbränder (≥ 0.5 ha)). Trenden är tydligast i Norrlands inland och norra Norrland och är kopplad till befolkningstätheten och därmed minskad befintlig personalstyrka och stationstäthet (Sjöström och Granström, 2020). Under bränderna 2014 och 2018 var det flera brister som pekades ut. Bland annat att det var svårt med kommunikation över länsgränserna. Det finns 155 räddningstjänster i Sverige, men det tar tid att mobilisera och samordna.

Förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn

Tillväxtsäsongen i Sverige förväntas bli 1–2 månader längre runt 2100 och skogstillväxten förväntas öka med 25% vid en 2°C uppvärmning (Eriksson m.fl., 2016). Samtidigt förväntas bränder i skog och mark att bli vanligare och brandrisken högre – särskilt i sydöstra Sverige (Andersson m.fl., 2015; Ou, 2017; Belusic m.fl.,

2019; Sjöström och Granström, 2020; Eriksson m.fl., 2016). Sjöström och Granström (2020) föreslår både en ny klassuppdelning för SMHI:s brandriskindex och att begreppet risk expanderas från att enbart titta på vädret till att även inkludera antändningsrisk, resurstillgång och bränsletyp för att få tydligare bild av brandrisksituationen i landet. Myndigheters och räddningstjänsters diskussion och prognoser för risk borde också inkludera faktorer såsom samhällens sårbarhet, kompetens och påverkan, samt konsekvenser av större händelser, lokal bränslekaraktistik och diskrepans mellan brandfrekvens och prognosticerad risk. Pinto m.fl. (2020) är inne på en liknande linje när de föreslår att mer fokus borde sättas på parametrering av miljömässiga kontrollfaktorer som påverkar brandstorleken än på antändningsfrekvensen eftersom storleken har så mycket att säga om de ekonomiska effekterna.

Av de faktorer som är karakteristiska för stora bränder är det främst risken för återantändning som borde kunna reduceras genom förbättrade insatser. Förändrade strategier för släckningsarbetet i områden med mindre resurser samt bättre rutiner och kontroll av eftersläckningsarbete och att insatspersonalen är bättre informerade om brandbeteende, skulle kunna minska risken för stora bränder (Sjöström och Granström, 2020). Förbättrat riskarbete inom enstaka branscher (exempelvis skogsbruket) kan också leda till förbättringar inom specifika typer av bränder (Sjöström och Granström, 2020). Bland annat finns det förbättringspotential vad det gäller antändning från tågtrafiken. Andra alternativ är att man kan behöva avstå vissa skogsbruksåtgärder under högriskperioder (Andersson m.fl., 2015), eller påverka brännbart material genom att exempelvis plantera lövträd för att bryta upp områden som är dominerade av barrskog och därmed minska risken för toppbrand med snabb spridning (Eriksson m.fl., 2016; Flannigan m.fl., 2013).

7.5 Hantering av ras och skred

Stabilitetskarteringar har tagits fram av MSB där bebyggda riskområden har identifierats, detta är områden som tidigare har haft problem med skred eller andra naturolyckor (Hedfors och Rodhe, 2018). Dessa karteringar används i olika steg i planeringsprocessen. Enligt en studie av Anderrson-Sköld m.fl. (2013), är skredriskhantering inom skredbenägna områden ganska effektiv i Sverige. Det finns också en del framtagna verktyg, exempelvis har ett GIS-verktyg tagits fram för att studera geometriska förändringar i samband med skred (Öberg, 2018). Men enligt en studie från SGI (2017) brister flera kommuner i sitt uppföljningsarbete kring markåtgärder kopplade till skred och ras och att detta främst gäller dokumentation kring åtgärder. Lundström et al. (2018) belyser också att det finns en kunskapslucka kring förebyggande åtgärder för slamströmmar och att det finns ett behov att analysera befintliga åtgärder och utvärdera nya alternativ. En förklaring kan vara att resursbrist orsakar svårigheter vid att prioritera uppföljningsarbete. Kommuner arbetar också ofta enskilt där uppföljningen ofta är personberoende och sker tillfälligt och det saknas rutiner och ett övergripande system (Kuilsgaard och Ezziyani, 2019).

Förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn

Markstabiliteten och risk för skred och ras förväntas att ändras på många platser i Sverige på grund av ökad nederbörd, ökad skyfallsfrekvens, förändrade vattennivåer samt stigande havsnivåer i vissa områden. Förutsättningarna för ras och skred kommer att öka i stora delar av Sverige i framtiden om vi inte tar till stabilitetshöjande åtgärder (Hågeryd m.fl., 2007). Samtidigt ökar konkurrensen om markområden i takt med en ökande befolkning och behov av utökad infrastruktur. Att utforma en hållbar och effektiv markanvändning kommer att bli alltmer viktigt (Hedfors och Rodhe, 2018).

Lundström m.fl. (2018) lyfter bland annat att SGI:s skredriskkarteringar längs vattendrag också behöver ta hänsyn till klimatförändringar och att det finns behov av forskning kring hur förändrade grundvatten- och portrycksförhållanden påverkar stabiliteten och hur ytavrinning och yterrosion påverkas av ett framtida klimat. Reglering av vattendrag kan exempelvis kompensera för negativa effekter i de områden där ökade flöden i vattendrag kan medföra ökad erosion samt ökad sannolikhet för ras och skred (SGI, 2019; Lundström m.fl., 2018).

7.6 Hantering av kustöversvämningar

MSB har i sitt arbete kring förordningen om översvänningsrisker (SFS 2009:956) tagit fram hot- och riskkartor för områden med betydande översvänningsrisk där 18 kuststäder ingår (Översvänningsportalen, hot-och riskkartor; MSB, 2021a). MSB har även tagit fram kartering för översvämmad mark längs Sveriges kust utifrån olika vattenståndsnivåer, men dessa vattenståndsnivåer bygger inte på klimatscenarios och tar inte hänsyn till landhöjningen (Översvänningsportalen, kustöversvämning; MSB, 2021b).

Förslag på nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn

Det finns en efterfrågan från länsstyrelser och kommuner för ett nationellt planeringsunderlag kopplat till framtida havsnivåer. Då nationella riktlinjer för havsvattennivåer kopplat till fysisk planering saknas lämnas enskilda kustkommuner att fatta egna beslut kring framtida planering (Andersson m.fl., 2015). I ett framtida klimat kan en högre medelhavshöjd i samband med extremväder resultera i en förhöjd havsnivå, vilket kan resultera i både översvämning och erosion längs kuster (Lundström m.fl., 2018). Dagens strandskydd, erosionsskydd och vallar är inte dimensionerade eller anpassade till dessa förhöjda havsnivåer, och naturanpassning kan komma att ha en större betydelse i samband med klimatanpassningsarbetet (Lundström m.fl., 2018). I de fall där skydd inte kan förstärkas eller byggas om behöver andra alternativ ses över, såsom reträtt av bebyggelse.

Slutsatser

Förstudien ger en överblick över den geografiska och temporala fördelningen av naturolyckor i Sverige fram till idag samt hur dessa naturolycksrisker förväntas förändras till följd av klimatförändring fram till 2050–2100. De naturolyckor som har tagits upp är: översvämningar från vattendrag, pluviala översvämningar, skogsbränder, stormar, ras och skred, och kustöversvämningar. Förstudien försöker också belysa hur naturolyckor hanteras och se över om det finns nya behov av skyddsåtgärder eller riskhänsyn i samband med hantering av naturolyckor i ett klimatanpassat Sverige 2050–2100. Nedan presenteras en sammanfattning av resultaten samt huruvida det förväntas en ny geografisk distribution av risker och hur den samlade riskbilden ser ut, samt om det finns behov av fördjupade studier.

För översvämningar från vattendrag förväntas ett skifte i de översvämningsgenererande processerna, varav översvämningar orsakade av regn kommer att ha en mer markant effekt i landet. Vårfloden som idag domineras av snösmältning förväntas komma tidigare och minska i magnitud medan höst- och vinterflöden väntas öka. Samtidigt förväntas den geografiska fördelningen över översvämningar orsakade av regn att förflytta sig norrut. I dagsläget finns inte någon konkret information kring vilka områden som löper en högre risk att utsättas för översvämningar i framtiden, men sammanfattningsvis väntas 100-års flöden minska norrut och öka söderut i landet. Med avseende på dessa förändringar finns det ett behov av att se över och anpassa sig till den nya geografiska och temporala distributionen samt den ändrade bilden av de översvämningsgenererande processerna.

Extrem nederbörd förväntas ske oftare och bli mer intensiva i landet, oavsett om årsnederbörden väntas öka eller ej i olika regioner. Den geografiska distributionen av extrem nederbörd förväntas vara densamma, att alla kommuner i Sverige kan drabbas av skyfall, även om intensiv korttidsnederbörd och skyfall varit vanligast i sydvästra Sverige. I kombination med urbanisering, förtätning av bebyggelse och otillräckliga dagvattensystem förväntas översvämningar orsakade av skyfall att öka. Det sker kontinuerliga förbättringsåtgärder för att klimatanpassa dagvatten- och avloppssystem i bebyggelser, men kartläggning behövs för att identifiera svaga punkter i skyfallskarteringen där nya åtgärder behövs.

Det är oklart hur stormar kommer att utvecklas i framtiden. Klimatscenarier och klimatmodeller ger överlag inga tydliga svar på hur vindstormar och dess styrka kommer att förändras i framtiden, då dagens modeller inte klarar av att uppskatta hur lokala extrema händelser kommer att utvecklas. Stormskador kan dock komma att öka på grund av andra faktorer, till exempel kopplade till minskad tjälning och högre vattenhalt i marken som kan minska skogars stabilitet.

Förekomsten av skogsbränder förväntas att öka i framtiden både till antal och yta och främst i södra Sverige och i Östersjöregionen. Högre medeltemperaturer förväntas öka risken för sommartorka och brandrisk i främst södra Sverige och minska i norra delen av landet, även om enstaka år kan förväntas vara mycket torra

med hög brandrisk. Brandrisksäsongen som idag sträcker sig från mars till oktober förväntas också förlängas med upp till någon vecka i norr och två veckor i södra Sverige fram till 2050 och upp mot en månad fram mot 2100. Gotland, samt östra Götaland och Norrlandskusten, kommer att fortsättningsvis att vara utpekade som riskområden, då brandrisk förväntas öka i redan utsatta områden.

Klimatförändringarna kommer att påverka förekomst av ras och skred via förändrad stabilitet. Sannolikheten för skred förväntas öka på grund av ökad nederbörd, avrinning och porttryck inom områden som redan är skredbenägna, såsom västra och östra Götaland och längs norrlandskusten. Samtidigt väntas vissa delar av landet få oförändrade eller mindre problem med ras och skred på grund av oförändrade vattenflöden i kombination med mer avdunstning och mindre erosion. Klimatförändringarna kan också öka risker för skred under andra perioder än de som har mest frekvens idag, dvs. februari till maj i Norrland och augusti till december i Svea- och Götaland.

Förändringar i havsnivåer inklusive kustöversvämningar i samband med ett varmare klimat kommer inte att vara homogena längs Sveriges kust. Där landhöjningen är som snabbast (Bottenviken) kan det resultera i en sjunkande havsnivå snarare än en stigande. År 2100 förväntas havsnivån ligga under dagens nivå längs norra Östersjökusten medan upp till nästan 70 cm havsnivåhöjning är prognosticerat längst ner i söder. Södra Östersjön pekas generellt ut som ett område som i framtiden förväntas bli mer utsatt för extrema havsvattenstånd. Där bland annat Malmö och Simrishamn pekas ut som områden där dagens 100-års återkomsttid kommer att kortas ner mest fram till år 2050, till en återkomsttid runt 5–10 år oavsett framtidsscenario.

Sammanfattningsvis väntas södra Sverige få en ökad risk för flertalet av de naturolyckor som tas upp i denna förstudie, medan vissa naturolyckor väntas minska i norra delen av landet. Det finns dock en stor variation kring tillgänglig information och data mellan de olika naturolyckorna samt varierande osäkerheter om dess framtida projektioner. För vissa naturolyckor finns det begränsad information om utpekade riskområden vilket gör att en bedömning kring detta blir högst generell.

Mot bakgrund av klimatförändringarna och dess effekter på naturolycksrisker kan det finnas behov av nya skyddsåtgärder eller riskhänsyn. Exempelvis kan riskanalyser (såsom risk- och sårbarhetsanalyser) behöva uppdateras, så att de inte bara baseras på historiska data utan även tar hänsyn till framtida förändrade förhållanden, exempelvis för skredriskkartering längs vattendrag. En översyn behövs också kring befintliga åtgärder. Exempelvis kan vallar som skyddar mot översvämning från vattendrag försvåra avrinning vid extrem nederbörd. Hanteringen av naturolyckor har upplevts som relativt fragmenterat och det finns behov av nationellt stöd och ett förtydligande av roll- och ansvarsfördelning i riskhanteringsprocessen, samt behov av regional eller nationell samverkan. Detta gäller även koordinering av övervakningsdata som också föreslås koordineras till en samordnad databas. Resurser är ytterligare en faktor som tas upp i samband med hantering av naturolyckor, inte bara ekonomiska förutsättningar för olika åtgärder utan även i form av bemanning, exempelvis vid släckningsarbete i anslutning till

bränder. Det finns även önskemål att kommunernas roll inom klimatanpassningsarbetet blir tydligare, exempelvis via lagstiftning.

Denna förstudie ger en generell överblick över naturolyckor i ett klimatanpassat Sverige år 2050–2100. Tillgång till information och data varierar för de olika naturolyckorna, samma gäller osäkerheter kring olika framtidsscenarios och mer kompletterande studier behövs. Informationen som ges här är en ögonblicksbild då nya studier kontinuerligt uppdaterar kunskapsläget. Informationen kring hantering av naturolyckor är utspridd mellan olika aktörer vilket försvårar arbetet med att skapa en bra överblick inom tidsramen för förstudien. Även om en del av klimatanpassningsarbetet redovisas årligen till SMHI, så rekommenderas en större syntesstudie kring hantering av just naturolyckor där bland annat ansvarsroller mellan kommuner och myndigheter lyfts. Den här förstudien fokuserar på enskilda naturolyckor, men slutligen rekommenderas framtidsstudier som även studeras sammansatta, eller så kallade multipla naturolyckor i ett klimatanpassat Sverige.

Referenser

- Andréasson J, Bergström S, Carlsson B, Graham LP, Lindström G (2004). Hydrological change – climate change impact simulations for Sweden. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 33, 228-234.
- Andersson L, Bohman A, Van Well L, Jonsson A, Persson G, Farelus J (2015). Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat. *Klimatologi*. Norrköping: SMHI.
- Andersson-Sköld Y, Bergman R, Nyberg L, Johansson M, Persson E (2012). Effekter av samhällets säkerhetsåtgärder (ess): en kartering av arbetet idag med fokus på översvämningar, ras och skred. Linköping: Statens Geotekniska Institut (SIG), SIG Varia, 632, s. 72.
- Andersson-Sköld Y, Bergman R, Johansson M, Persson E, Nyberg L (2013). Landslide risk management - a brief overview and example from Sweden of current situation and climate change. *Elsevier*, 3, 44-61.
- Arheimer B, Lindstrom G (2015). Climate impact on floods: Changes in high flows in Sweden in the past and the future (1911-2100). *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 771-784.
- Arnell NW, Gosling SN (2016). The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. *Climatic Change*, 134, 387-401.
- Becker P (2020). Fragmentation, commodification and responsabilisation in the governing of flood risk mitigation in Sweden. *Environment and Planning C: Politics and Space*, 21, doi.org/10.1177/2399654420940727.
- Belusic D, Berg P, Bozhinova D, Barring L, Döscher R, Eronn A, Kjellström E, Klehmet K, Martins H, Nilsson C, Olsson J, Photiadou C, Segersson D, Strandberg G (2019). Climate extremes for Sweden. In: DÖSCHER, R. (ed.). SMHI.
- Blöschl G m.fl. (2017). Changing climate shifts timing of European flood. *Science*, 357, 588–590.
- Church JA, Clark PU et al. (2013). "Sea Level Change". In: *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*. Ed. by T.F. Stocker et al. Cambridge and New York: Cambridge University Press, pp. 1137– 1216.
- Clear JL, Molinari C, Bradshaw RHW (2014). Holocene fire in Fennoscandia and Denmark. *International Journal of Wildland Fire*, 23, 781-789.
- Drobyshev I, Niklasson M, Linderholm HW (2012). Forest fire activity in Sweden: Climatic controls and geographical patterns in 20th century. *Agricultural and Forest Meteorology*, 154, 174-186.
- Eklund A, Axén Mårtensson J, Bergström S, Björck E, Dahné J, Lindström L, Nordborg D, Olsson J, Simonsson L, Sjökvist E (2015). Sveriges framtida klimat: Underlag till dricksvattenutredningen. *Klimatologi*. SMHI.

- Ek K, Goytia S, Pettersson M, Spegel E (2016). Analysing and evaluating flood risk governance in Sweden: Adaptation to climate change? Utrecht: STAR-FLOOD Consortium.
- Eriksson H, Bergqvist J, Hazell P, Isacson G, Lomander A, Black-Samuelsson S (2016). Effekter av klimatförändringar på skogen och behov av anpassning i skogsbruket. Rapport. Skogsstyrelsen.
- Fallsvik J, Hågeryd A-C, Lind B, Alexandersson H, Edsgård S, Löfling P, Nordlander H, Thunholm B (2007). Översiktlig bedömning av jordrörelser vid förändrat klimat. *Varia*. Linköping: SGI.
- Feser F, Barcikowska M, Krueger O, Schenk F, Weisse R, Xia L. (2015). Storminess over the North Atlantic and northwestern Europe: A review, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 141,350–382.
- Flannigan M, Cantin AS, De Groot WJ, Wotton M, Newbery A, Gowman LM (2013). Global wildland fire season severity in the 21st century. *Forest Ecology and Management*, 294, 54-61.
- Grahn T, Nyberg L (2017). Assessment of pluvial flood exposure and vulnerability of residential areas. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21, 367-375.
- Hedfors J, Rodhe L (2018). Förutsättningar för skred i finkornig jordart. Uppsala: SGU, SGI.
- Hernebring C, Mårtensson E (2013). Pluviala översvämningar: Konsekvenser vid skyfall över tätorter: En kunskapsöversikt. DHI.
- Hågeryd AC, Viberg L, Lind B (2007). Frekvens av skred i Sverige. *Varia*. Linköping: SGI.
- Hyeronimus M, Kalén O (2020). Sea-level rise projections for Sweden based on the new IPCC special report: The ocean and cryosphere in a changing climate, *Ambio*, 49, 1587–1600.
- Jongman B, Winsemius HC, Aerts JCJH, de Perez EC, van Aalst MK, Kron W, Ward PJ (2015). Declining vulnerability to river floods and the global benefits of adaptation. *Proc. Natl. Acad. Sci., U.S.A.* 112, E2271–E2280.
- Külsgaard R, Ezziyani S (2019). Enkätstudie om kommuners uppföljning, dokumentation och kommunikation av markåtgärder, Med avseende på ras, skred, erosion och översvämning. Statens Geotekniska Institut, SGI, Linköping.
- Leandersson A, Lillienberg D (2011). Nationell beredskap mot skogsbränder vid eventuellt förändrat klimat. Lund, Lund universitet, report 5371, s. 85.
- Lindstrom G, Bergstrom S (2004). Runoff trends in Sweden 1807-2002. *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques*, 49(1), 69-83.
- Lundström K, Dehlbom B, Löfroth H, Vesterberg B (2018). Klimatlasters effekter på naturlig mark och geokonstruktioner: Geotekniska aspekter på klimatförändringen. Linköping: SGI.

- Matti B, Dahlke HE, Dieppois B, Lawler DM, Lyon SW (2017). Flood seasonality across scandinaviaevidence of a shifting hydrograph? *Hydrological Processes*, 31, 4354-4370.
- MSB (2012). Översvämningar i Sverige 1901–2010, MSB355, s. 74.
- MSB (2013a). Skador och effekter av storm - En kunskapsöversikt. MSB534.
- MSB (2013b). Pluviala översvämningar: Konsekvenser vid skyfall över tätorter – En kunskapsöversikt, MSB567, s. 70.
- MSB (2017). Vägledning för skyfallskartering: tips för genomförande och exempel på användning. MSB1121, s. 68.
- MSB (2018). Översyn av områden med betydande översvämningsrisk. MSB1152, s. 84.
- MSB (2020a). Händelsescenario skred. MSB1629, s. 16.
- MSB (2020b). Naturolyckor – nedladdningstjänst, (<https://www.msb.se/sv/verktyg--tjanster/naturolyckor---nedladdningstjanst/>; 2020-11-20)
- MSB 2021a. Översvämningsportalen, hot- och riskkartor. <https://gisapp.msb.se/apps/oversvamningsportal/avancerade-kartor/hot-och-riskkartor.html> (2021-02-15).
- MSB 2021b. Översvämningsportalen, kustöversvämning. (<https://gisapp.msb.se/apps/oversvamningsportal/avancerade-kartor/kustoversvamning.html>; 2021-02-15).
- Nerheim S m.fl. (2017). Framtida havsnivåer i Sverige. *Klimatologi* 48. SMHI
- Olsson J, Berg P, Eronn A, Simonsson L, Södling J, Wern L, Yang W (2017). Extremregn i nuvarande och framtida klimat: analyser av observationer och framtidsscenarier. *Klimatologi*, Nr 47, SMHI.
- Ou T (2017). Droughts and wildfires in Sweden: Past variation and future projection. MSB1112.
- Pinto G, Rousseu F, Niklasson M, Drobyshev I (2020). Effects of human-related and biotic landscape features on the occurrence and size of modern forest fires in Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology*, 291, 10.
- Quante M, Franciscus C, eds. (2016). North Sea Region Climate Change Assessment. Regional Climate Studies October. Cham: Springer International Publishing. ISBN: 978-3-319-39743-6. DOI: 10.1007/978-3-319-39745-0.
- Rankka K, Rydell B (2005). Erosion och översvämningar: Underlag för handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat. *Varia*. SGI.
- Roudier P, Andersson JCM, Donnelly C, Feyen L, Greuell W, Ludwig F (2016). Projections of future floods and hydrological droughts in europe under a +2 degrees c global warming. *Climatic Change*, 135(2), 341-355.

- Schöld et al. (2017). Vattenståndsdynamik längs Sveriges kust. Oceanografi 123. SMHI
- Seneviratne S et al. (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. Ed. by C.B. Field et al. Cambridge and New York: Cambridge University Press, pp. 109– 230.
- SGI (2019). Skredrisker i ett förändrat klimat: Prioritering för kartering. SGI Publikation 47. Linköping: SGI.
- SGI (2018), Kartunderlag om ras, skred och erosion, SGI Vägledning 1, utgåva 4, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping.
- SGU (2021a). Sveriges Geologisk Undersökning (SGU), Förutsättningar för skred i finkornig jordart (<https://www.sgu.se/produkter/kartor/kartvisaren/jordkartvisare/forutsattningar-for-skred-i-finkornig-jordart/>; 2021-02-15).
- SGU (2021b). Sverige Geologiska Undersökning (SGU), Riksöversikt över finkorniga jordars skredbenägenhet (<https://www.sgu.se/samhallsplanering/risker/skred-och-ras/riksoversikt-over-finkorniga-jordars-skredbenagenhet/>; 2021-02-15)
- Shahri AA, Spross J, Johansson F, Larsson S (2019). Landslide susceptibility hazard map in southwest sweden using artificial neural network. Catena, 183), 14.
- Sjöberg T, Hjerpe K, Lundgren Kownacki K, Andersson L (2020). Kommunernas arbete med klimatanpassning 2019 – Analys av statusrapportering till SMHI. Klimatologi 55, SMHI.
- Sjökqvist E, Abdoush D, Axén J (2019). Sommaren 2018 - en glimt av framtiden? Klimatologi. SMHI.
- Sjökqvist E, Björck E, Tengdelius Brunell J, Johnell A, Sahlberg J (2016). Framtida perioder med hög risk för skogsbrand enligt hbv-modellen och rcp-scenarier. MSB997, s. 52.
- Sjökqvist E, Axén Mårtensson J, Sahlberg J, Andréasson J, Hallberg K (2013). Framtida perioder med hög risk för skogsbrand - analyser av klimatscenarier. MSB535, s. 65.
- Sjöström J, Granström A (2020). Skogsbränder och gräsbränder i Sverige - Trender och mönster under senare decennier. MSB1536, s. 103.
- Skogssverige (2021). Kända stormar, (<https://www.skogssverige.se/skog/stormfallning/kanda-stormar>; 2021-02-15).
- SMHI (2020). Vind – varför blåser det? (<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/vind-varfor-blaser-det-1.362>; 2021-02-15).
- SOU (2012:46), Dammsäkerhet, Tydliga regler och effektiv tillsyn.

- Svenskt Vatten (2016). Avledning av dag-, drän- och spillvatten: Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem, Del I – Policy och funktionskrav för samhällets avvattnings. Publikation P110, Bromma, Svenskt Vatten AB (http://vav.griffel.net/filer/P110_del1_web_low_180320.pdf).
- Sörensen J, Mobini S (2017). Pluvial, urban flood mechanisms and characteristics – Assessment based on insurance claims. *Journal of Hydrology*, 555: 51–67.
- Sörensen J (2018). Pluviala översvämningar i stort och smått. *Vatten*, 74, 207–220.
- Teutschbein C, Seibert J (2012). Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. *Journal of Hydrology*, 456, 12-29.
- Vestøl O, Ågren J, Steffen H, Kierulf H, Tarasov L (2019). NKG2016LU: a new land uplift model for Fennoscandia and the Baltic Region, *Journal of Geodesy*, 93, 1759-1779.
- Viberg L, Hågeryd AC, Jonsson H (2001). Skreddatabas - ett förslag: Rapport över utvecklingsarbete. *Varia*, 512, 28.
- Visual water (2021). Dagvatten- och skyfallsplanering i ett klimat under förändring, Centre for Climate Science and Policy Research (CSPR), Linköping University (<http://visual.itn.liu.se/vt/#/>; 2021-02-15).
- Vitousek S m.fl. (2017). “Doubling of coastal flooding frequency within decades due to sea-level rise”. In: *Scientific Reports* 7.1, pp. 1–9.
- Wern L (2012). Extrem nederbörd i Sverige under 1–30 dygn, 1900–2011. *Meteorologi*. SMHI.
- Wahl T, Brown S m.fl. (2018). “Coastal Sea Levels, Impacts, and Adaptation”. In: *Journal of Marine Science and Engineering* 6.1, p. 7.
- Yang W, Gardelin M, Olsson J, Bosshard T (2015). Multi-variable bias correction: Application of forest fire risk in present and future climate in Sweden. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 2037–2057.
- Öberg M (2018). GIS-verktyg och bearbetning av drönardata för generering av markprofil och överslagsberäkning av markstabilitet för riskminkande åtgärder: Stöd till räddningstjänsten i akuta ras- och skredsituationer. Statens Geotekniska Institut, SIG, Linköping, s. 32.



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

I samarbete med:

