



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Skador och effekter av storm

- En kunskapsöversikt



MSB:s kontaktpersoner:
Ulrika Postgård, 010-240 50 33

Publikationsnummer MSB534 - Februari 2013
ISBN 978-91-7383-322-6

Förord

Denna forskningsöversikt är utförd av Kristina Blennow, Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Alnarp, under 2012 på uppdrag av Myndigheten för Samhällets beredskap (MSB). Arbetet ingår som en av flera beställda översikter. Syftet med översikterna är att beskriva befintlig forskning och kunskapsluckor inom MSB:s verksamhetsområden, d.v.s. områdena skydd mot olyckor, krisberedskap och civilt försvar. Den grundläggande frågan för just denna kunskapsöversikt gäller människans förmåga att agera för att skydda sig själv och andra inför risken för skador och effekter av storm.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	7
1.1 Avgränsningar.....	7
2. Genomförande	9
3. Vindklimatet	10
4. Effekter av stormar i ett systemperspektiv	11
5. Skador och effekter på personer av storm	13
6. Stormskador på strukturer	15
6.1 Skador på skog – förekomst och orsaker	15
6.1.1 Vindkänsligheten hos olika trädslag	17
6.1.2 Inverkan av beståndets struktur på sannolikheten för stormskada..	18
6.1.3 Beståndsfaktorers inverkan på sannolikheten för stormskada	19
6.1.4 Landskapets inflytande på sannolikheten för stormskada	20
6.2 Skador på kulturminnes- och naturvårdsobjekt	22
6.3 Skador på infrastruktur och byggnader	22
6.4 Effekter på ekosystemens funktion	23
6.5 Effekter på samhällssystemets funktion.....	25
6.5.1 Effekter på samhällssystemets funktioner utom skogsbruket.....	25
6.5.2 Effekter på produktionssskogsbruket.....	27
7. Risk för skador och effekter av storm	29
7.1 Sannolikheten för stormskada	29
7.2 Värden på spel	31
7.3 Skador och effekter av stormar i framtiden	32
7.4 Riskhantering.....	34
7.4.1 Modulering av sannolikheten för stormskada genom anpassning av skogsskötseln.....	35
7.4.2 Riskhantering i skogsbruket.....	35
7.4.3 Privata skogsägares anpassning av skogsskötseln till risken för stormfällning.....	38
7.4.4 Etiskt försvarbar riskhantering	39
7.5 Riskkommunikation	39
8. Kunskapsluckor	41
8.1 Orsakssamband	41
8.2 Tillgång till skade- och effektdata	42
8.3 Värdering	43
8.4 Modulering av risken.....	43
8.5 Riskkommunikation	43
Referenser	45

Sammanfattning

Omfattningen av stormskador har ökat under senare tid i Sverige såväl som i Europa. För Sveriges vidkommande inträffade de hittills mest omfattande skadorna och effekterna i samband med stormen Gudrun år 2005 då 18 personer miste livet. Skadekostnaderna har beräknats till sammanlagt 20,8 miljarder kronor (MSB 2012). Stormen Gudrun har av Energimyndigheten klassats som den allvarligaste naturkatastrofen som drabbat Sverige i modern tid (EM 2006). Utöver dödsfall och olyckor skadades skog, byggnader, infrastruktur och annan egendom. Skadorna gav i sin tur upphov till ytterligare effekter. Många av dessa är svåra att orsaksmässigt binda till stormtillfället och/eller att mäta och hamnar därför ofta utanför kalkylen. Det behöver dock inte betyda att de är mindre viktiga.

Det framtida vindklimatet är osäkert men vi kan inte utesluta att det blir blåsigare framöver. Det finns tecken som tyder på att stormar skulle kunna bli både mera intensiva med högre vindhastigheter som följd och omfatta större geografiska områden (Rummukainen 2012). I kombination med en stigande havsnivå och förändrat nederbördsmonster till följd av klimatförändringarna kan framtida stormar ge upphov till omfattande och allvarliga översvämningar, särskilt i södra Sverige där en stigande havsnivå inte (tillräckligt) kompenseras av landhöjningen (SOU 2007). Även om det inte blir blåsigare framöver förväntas sannolikheten för stormskador på skog öka till följd av bland annat ökad tillväxt hos skogen under ett förändrat klimat.

Syftet med denna rapport är att utifrån litteraturstudium ge en översikt av kunskapsläget vad gäller stormar, de skador och effekter de ger upphov till samt hur riskerna hanteras. Dessutom är syftet att identifiera kunskapsluckor som är särskilt angelägna att fylla igen för att bidra till att ge möjlighet till att bättre hantera risken för skador och negativa effekter av storm.

Utgångspunkten för arbetet har varit att risker, åtminstone delvis, är något som faktiskt finns i den fysiska världen och att vi genom kunskap om orsakssamband och människors tilltro, attityder, lärandestrategier och målsättningar kan utveckla metoder för att påverka risken och minska förlusten av det som är värdefullt.

I rapporten anläggs ett systemperspektiv på problematiken för att visa hur skador på strukturer till följd av storm orsaksmässigt binds samman med effekter på systemets funktion och som i sin tur kan användas för att identifiera värden på spel till följd av storm.

Resultaten visar att trots att kunskapen om skador och effekter av storm förbättrats under senare år finns det fortfarande stora kunskapsluckor som det är angeläget att så långt som möjligt fylla igen. Kunskapsluckorna gäller såväl de orsaksmässiga sambanden, hur människor uppfattar risk och fattar beslut

som möjligheten att på ett demokratiskt sätt värdera det som riskeras av storm, där skillnad görs mellan verkliga målsättningar och medlen för att nå målen. Kunskapsluckorna skulle lättare kunna fyllas igen genom bättre tillgång till systematiskt insamlade data.

Genom att skillnaden mellan personers upplevda risk och de riskminskande åtgärder de vidtagit visat sig ibland vara stor, trots att flera möjliga åtgärder är kända, finns ett stort behov av att förbättra kunskapen om individers tilltro, målsättningar och sätt att lära, för att därigenom ge bättre förutsättningar för mera effektiv riskkommunikation. Den individbaserade kunskapen gör det möjligt för samhället att på ett demokratiskt sätt hantera risker och värdekonflikter och verka för individens välbefinnande. Den gör det dessutom möjligt att underlätta individens lärande så att hon eller han också själv bättre ska kunna hantera risker och därigenom kunna verka för att uppnå sina mål.

1. Introduktion

Denna höst har Karibien och Nordamerikas östkust drabbats av stormen Sandy som gav upphov till fler än 100 dödsfall och gjorde miljontals människor strömlösa (The Washington Post 2012). När Europa drabbades av en serie stormar 1999 dödades 140 personer (Gardiner med flera 2010) och objekt försäkrade till motsvarande 100 miljarder kronor förstördes (Willis 2007). Sedan dess har flera stormar i Europa orsakat vardera ett flertal dödsfall och förluster av försäkrade objekt i 20 miljarderskronorsklassen (Munich Re, 2012).

För Sveriges vidkommande inträffade de hittills mest omfattande skadorna och effekterna i samband med stormen Gudrun år 2005 då 18 personer miste livet. Skadekostnaderna har beräknats till sammanlagt 20,8 miljarder kronor (MSB 2012). Stormen Gudrun har av Energimyndigheten klassats som den allvarligaste naturkatastrofen som drabbat Sverige i modern tid (EM 2006). Utöver dödsfall och olyckor skadades skog, byggnader, infrastruktur och egendom. Skadorna gav i sin tur upphov till ytterligare effekter. Många av dessa är svåra att orsaksmässigt binda till stormtillfället och/eller att mäta och hamnar därför ofta utanför kalkylen. Det betyder dock inte att de är mindre viktiga.

Det framtida vindklimatet är osäkert men vi kan inte utesluta att det blir blåsigare framöver. Det finns tecken som tyder på att stormar framöver skulle kunna både bli mera intensiva med högre vindhastigheter som följd och dessutom omfatta större geografiska områden (Rummukainen 2012). För att bättre kunna hantera risken för negativa konsekvenser av stormar behöver vi lära oss mera om stormar och de effekter de ger, liksom hur vi kan förebygga skador och planera på ett rationellt sätt inför framtiden. Sannolikheten för skada beror dock inte bara på exponeringen för storm, vindkänsligheten spelar också roll. Av flera olika skäl, däribland klimatförändringarna, förväntas skogen bli mera vindkänslig framöver. Därför förväntas sannolikheten för stormskada öka även om det inte blir blåsigare.

Syftet med denna rapport är att utifrån litteraturstudium ge en översikt av kunskapsläget vad gäller stormar, de skador och effekter de ger upphov till samt hur riskerna hanteras. Dessutom är syftet att identifiera kunskapsluckor som är särskilt angelägna att fylla igen för att bidra till att vi bättre ska kunna hantera risken för skador och negativa effekter av storm.

1.1 Avgränsningar

Uppdraget gäller skador och effekter av stormar. Med storm menas att vindhastigheten i medeltal under 10 minuter överstiger 24.5 m/s på 10 m höjd över öppen mark. Arbetet har koncentrerats till extratropiska cykloner, det vill

säga storskaliga vädersystem som uppkommer på mellanbredderna. Effekter av småskaliga väderfenomen som tromber har inte behandlats.

Även om vind av stormstyrka mäts upp i kustbandet behöver inte lika höga vindhastigheter uppnås över land. Särskilt i skogsterräng är vindhastigheten ofta lägre. De skador och effekter på skog som trots allt uppkommer, uppkommer ofta vid betydligt lägre vindhastighet än det som krävs för att kallas storm. Medelvindhastigheten under stormen Gudrun år 2005 uppgick som mest till 17 m/s i inlandsstaden Växjö (Alexandersson & Ivarsson 2005). Skador som uppkommer vid sådana vindhastigheter bör rimligen kallas vindskador snarare än stormskador. Jag har dock valt att i rapporten använda begreppet stormskada i enlighet med formuleringen av uppdraget och har alltså även behandlat skador och effekter som i strikt mening kanske inte uppkommit på grund av exponering för vind av stormstyrka.

Arbetet har huvudsakligen fokuserats på orsakssamband mellan exponering för storm och de skador och effekter som kan uppkomma samt hur dessa värderas och av vem samt hur risken kan hanteras i förebyggande syfte. Fokus har alltså varit på riskhantering medan krishantering behandlats i endast mycket liten utsträckning. Riskerna har huvudsakligen värderats ur människans perspektiv.

2. Genomförande

Utgångspunkten för arbetet har varit att risker är något som, åtminstone delvis, faktiskt finns i den fysiska världen och att vi genom kunskap om orsakssamband och människors tilltro, attityder, lärandestrategier och målsättningar kan utveckla metoder för att påverka risken och minska förlusten av det som är värdefullt. Mitt synsätt skiljer sig därmed från många andra riskforskarens synsätt som innebär att risk enbart utgör en social konstruktion.

Arbetet baseras på litteraturstudium. Vid sökning i *Web of Knowledge* och med hjälp av sökmotorn *Google* på sökord som *Storm damage* har träffar i första hand fåtts på skador på skog. Vad gäller svenskt vidkommande är effekterna av stormen Gudrun 8-9 januari 2005 särskilt väl dokumenterade, i alla fall vad gäller skador på skog och effekter inom skogsbruket. Stormen Gudrun har därför i hög grad använts för att identifiera och illustrera skador och effekter till följd av storm. Detta motiveras dessutom av att det i uppdraget särskilt specificerats frågor kring stormskador på skog och effekterna av dessa.

Studien har i huvudsak gjorts ur ett svenskt perspektiv även om internationell litteratur också i hög grad använts. När det gäller skogsskötselrelaterade forskningsresultat har en sammanställning av kunskapsläget som nyligen gjorts av en internationellt sammansatt grupp forskare på uppdrag av EU-kommissionen använts som underlag (Gardiner med flera 2010). Resultaten från denna har kompletterats med resultaten från därefter rapporterade studier.

Strävan har varit att frångå traditionella sektorsavgränsningar för att kunna belysa skador och effekter av storm ur såväl hela samhällets perspektiv som, där så varit möjligt, också ur den enskilde särskilt hårt utsatta medborgarens perspektiv. För att lyfta fram de orsaksmässiga sambanden och därigenom ge möjligheter till bedömning och hantering av risken har resultaten presenterats ur ett systemperspektiv. I syfte att göra texten mera lättläst beskrivs i möjligaste mån skador och effekter på ekosystem separat från skador och effekter på samhällssystemet trots att systemen är delar av samma större system och därför är nära kopplade och påverkar varandra.

3. Vindklimatet

Sedan slutet av 1950-talet har det varit vanligt med direkt uppmätning av vind i Sverige (Wern & Barring 2009). Innan dess rapporterades vindstyrkan enligt Beaufortskalan som baseras på tolkning av effekter av vind på exempelvis vågor och träd. Sedan slutet av 1950-talet finns data för uppmätt vind från SMHI-stationer, främst vid kuststationer och flygplatser. I mitten på 1990-talet installerades 120 rikstäckande automatstationer utrustade med likadana vindmätare (Wern & Barring 2009).

Vinden varierar kraftigt lokalt. Det gör att det är det svårt att jämföra vinddata och stormskadedata från olika platser i landskapet. Ett sätt att komma runt problemet är att beräkna det storskaliga vindklimatet utifrån lufttrycksdata. Lufttrycket är lättare att mäta och det finns längre och mera homogena tidsserier än för vind (jämför von Storch & Weisse 2007).

Storm är vanligare i Södra Sverige än i norra Sverige. Ett rekonstruerat vindklimat baserat på lufttrycksdata uppmätt i Stockholm och Lund under perioden 1780 till 2003 uppvisar inte någon långsiktig trend i stormklimatet i även om både stormigare och lugnare perioder kan observeras (Barring & von Storch 2004). Den högsta beräknade vindhastigheten för perioden 1901-2010 inträffade över södra Sverige den 13 januari 1984 då den sydliga stormen över Östersjön tryckte upp havsvattnet norrut. Detta resulterade i det högsta havsvattenstånd som uppmätts sedan mätningarna början år 1774 (SMHI 2011). Vid Kalix uppmättes ett havsvattenstånd 177 cm över det normala. Det aldrig tidigare under den observerade perioden 1901-2008 varit så få tillfällen med starka vindar beräknade ur lufttrycksdata för södra Sverige som i början av 2000-talet (Wern & Barring 2009).

4. Effekter av stormar i ett systemperspektiv

Stark vind ger effekter av olika slag. Det kan handla om skog som blåser kull eller knäcks eller kuststräckor som eroderas av vågor och uppstuvning av vatten vid stark pålandsvind. Liksom skador på infrastruktur i form av hamnar, vägar och ledningsnät, är dessa exempel på effekter av stark vind på systemets struktur. I ekologisk litteratur talar man om störningar när enskilda händelser på motsvarande sätt påverkar systemets struktur (White och Jentsch 2001). Fallande träd eller andra objekt som satts i rörelse kan orsaka ytterligare skador. Skador på systemets struktur är ofta synliga för blotta ögat och används ofta för att kvantifiera omfattningen av situationens verkningar. Inom skogsbruket mäter man exempelvis skador i volym skadad skog (SVO 2006) medan man i andra sammanhang mäter skador på exempelvis infrastruktur i antalet kilometer nedblåsta luftledningarna (FMV 2006).

Men det finns också andra effekter av storm. Genom att betrakta effekter av storm i ett systemperspektiv kan vi förutom stormskador särskilja funktionseffekter (jämför Seidl & Blennow 2012). Många funktioner i samhället påverkades exempelvis av de omfattande skadorna på skog i samband med stormen Gudrun i januari 2005. Under lång tid blev det svårt för hemtjänstens personal att ta sig till vårdtagare i ensligt belägna hem i det drabbade området eftersom vägarna blockerades av fallna träd. Andra exempel är att skadorna på strukturer för elförsörjning gav upphov till elavbrott som gjorde att viktig utrustning, uppvärmning av bostäder och näringsverksamhet under lång tid inte fungerade samtidigt som transportvägar blockerades och strukturer för telekommunikationer inte fungerade (KBM 2005).

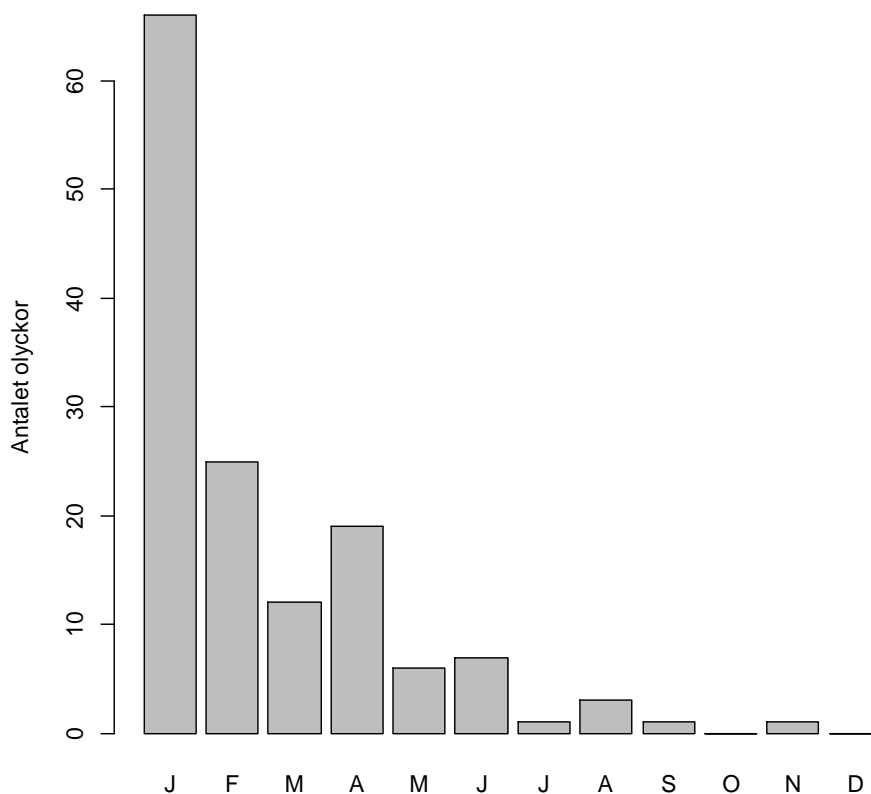
I många fall är effekterna av stormskador lätta att orsaksmässigt koppla till exponeringen för stark vind. I andra fall kan orsakskedjan vara svårare att följa till den utlösande faktorn. De orsaksmässiga sambanden blir ofta svåra att följa när orsakskedjan från den utlösande faktorn är lång eller när många villkor behöver uppfyllas för att en tydlig effekt ska uppkomma. Inte desto mindre kan också de mera orsaksmässigt avlägsna eller komplicerade effekterna bli omfattande och/eller värderas som problematiska. Nyligen visade Seidl & Blennow (2012) på en effekt av storm som tidigare inte varit känd; efter stormen Gudrun sjönk tillväxten hos skogen som blev kvar. Denna effekt kvarstod under åtminstone tre år efter stormtillfället. Tillväxtnedsättningens omfattning är fullt i paritet med de totala volymsförluster som efter samma storm orsakades av den redan tidigare identifierade risken och inom skogsbruket fruktade barkborreskadorna. Det är alltså möjligt att effekter längre ner i orsakskedjan bedöms som problematiska och bidrar till att motivera förebyggande motåtgärder. För att alls kunna göra jämförelsen och bedömningen behöver vi känna till de orsaksmässiga sambanden men också vilka och vems värden som riskeras.

Effekterna på viktiga samhällsfunktioner efter stormen Gudrun gjorde att stora värden, till och med människoliv, riskerades till följd av skadorna på i första hand skogen. Stormar och inte minst stormfällning av skog ger därmed upphov till effekter som sträcker sig långt utanför skogsbrukets sfär.

Krisberedskapsmyndigheten (KBM 2005) konstaterar att krisberedskapen inte skulle ha klarat mycket större påfrestningar än vad den utsattes för efter stormen Gudrun.

5. Skador och effekter på personer av storm

Storm- och översvämning orsakar globalt sett 40-50% av alla naturkatastrofrelaterade dödsfall (Diaz 2004 och Noji 1991 i Larsen med flera 2013). Dödsfall och olyckor i Sverige i samband med stormen Gudrun 8-9 januari 2005 uppkom genom fallande träd, i samband med uppröjningsarbetet av den stormfällda skogen och i samband med reparationsarbete av elledningar och kommunikationer. Sju personer omkom i Sverige under själva stormnatten (MSB 2012). Under stormåret 2005 rapporterades 11 dödsolyckor i samband med uppröjningsarbetet (EM 2006). Några skogsägare uppges till och med ha begått självmord till följd av stormskadorna efter stormen (EM 2005). Dessutom fördubblades antalet rapporterade arbetsolyckor per volymsenhet avverkat timmer i Sverige året efter Gudrun jämfört med året före (Svensson med flera 2011) (jämför Figur 1). Antalet skador är dock sannolikt underskattat eftersom det är vanligt att arbetsrelaterade skador inte rapporteras. Bland de rapporterade skadorna återfinns dessutom bara skador hos personer som är registrerade i Sverige även om personer från flera länder deltog i uppröjningsarbetet (Svensson med flera 2011).



Figur 1. Antalet arbetsplatsolyckor under 2005 i Sverige i samband med uppröjningsarbetet efter stormen Gudrun. Stormen Gudrun inträffade natten mellan 8 och 9 januari 2005. (Källa ISA 2006)

Studier har visat att skogsägare ofta motiveras att äga skog av flera skäl och de värderar skogen inte enbart för den inkomst den ger (Ingemarson med flera 2006). Ett år efter stormen uppgav ungefär 1/3 av de skogsägare i det stormskadedrabbade området som svarade på en enkät att deras välbefinnande hade försämrats till följd av stormskadorna (Grimby i SVO 2006).

Från USA rapporteras samband mellan hur familjer klarat krissituationen efter orkanen Katrina år 2005 och karaktäristik för olika familjer (Hackbarth med flera 2012). Klasson (2005) och Guldåker (2009) har studerat skador och effekter på personer efter stormen Gudrun i Sverige.

6. Stormskador på strukturer

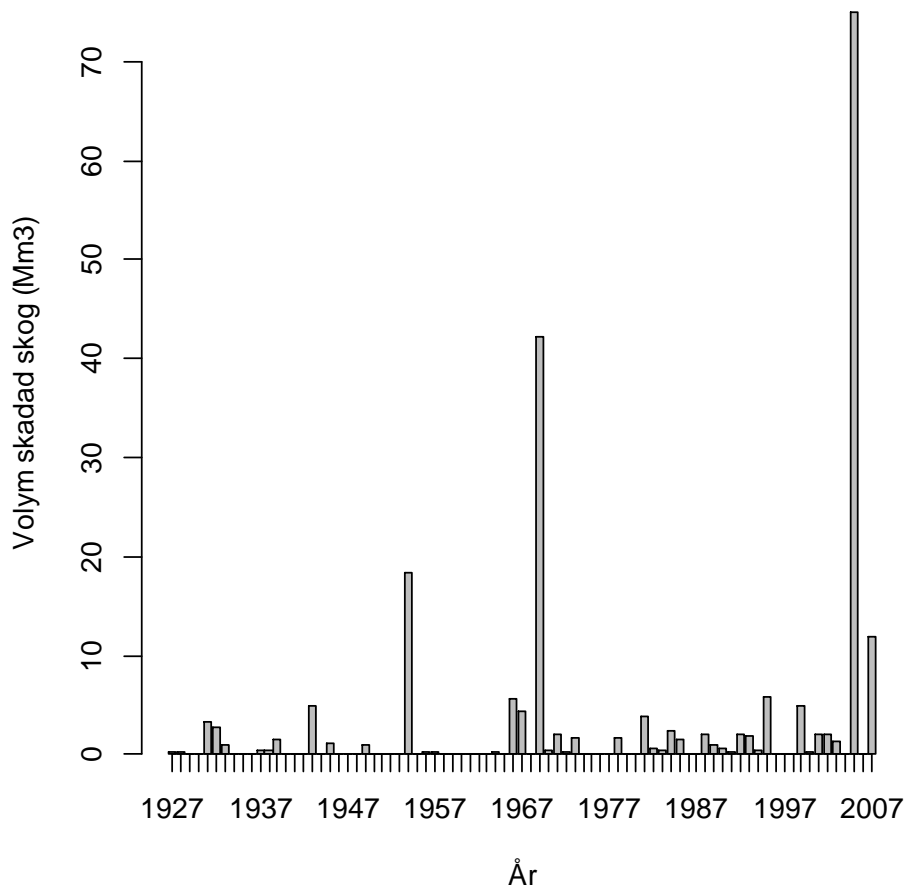
6.1 Skador på skog – förekomst och orsaker

Omfattande stormfällning har blivit vanligare i Europa under perioden 1950-2010 (Schelhaas 2008). Stormar orsakar nu mer än 50% av rapporterade skador på skog till följd av både biotiska och abiotiska faktorer i Europa (Schelhaas 2008). Ökningen beror troligen både på att klimatet har förändrats men också i hög grad på att markanvändningen och skogsskötseln förändrats. I en nyligen gjord studie av Seidl med flera (2011) konstateras att förändringar i skogens tillstånd i högre grad än klimatförändringar generellt sett orsakat den observerade stormskadeökningen i Europa sedan 1950.

Stormskador utlöses huvudsakligen av vinterstormar i samband med extratropiska cykloner under månaderna november till januari (Nilsson 2004). Rapporter om stormskador finns från långt tillbaka i tiden men samlade data, i synnerhet från långt tillbaka i tiden, kan förväntas innehålla luckor eller ofullständiga uppskattningar av skadornas omfattning. Nyligen gjordes en uppdatering av en sammanställning över rapporterade stormskador på skog sedan 1950 för Europa (Gardiner med flera 2010).

Stormskada kan ske både som rotvälta och stambrott. Rotvälta uppkommer ofta på fuktigare marker eller då rotsystemet är ytligt. Stambrott förekommer där förankringen i marken är bättre som till exempel vid tjäle eller där rotdjupet är stort (Gardiner med flera 2010).

När det gäller data över stormskadors omfattning över tiden i Sverige har data inte rapporterats och katalogiserats på ett systematiskt sätt. Data finns från flera källor, huvudsakligen från Skogsstyrelsen och (dåvarande) Skogsvårdsstyrelser (Blennow & Olofsson 2004; Nilsson med flera 2004). Nilsson med flera (2004) har i kartform sammanställt materialet för 1900-talet och Holmberg (2005) har ställt samman stormskador på skog mellan 1795 och 2005. Av materialet framgår att stormskador på skog huvudsakligen har rapporterats från södra Sverige. Det framgår också att stormskadorna har ökat markant i Sverige under senare årtionden, särskilt om man tar hänsyn också till de endast få och mindre omfattande skador som rapporterats under första årtiondena av 1900-talet (Blennow & Olofsson 2004; Nilsson med flera 2004) (Figur 2).



Figur 2. Volym stormskadad skog per år i Sverige 1927-2007 baserat på data ur EFI's databas (EFI, 2012) kompletterat med uppgifter ur Holmberg (2005).

Klimatdata från senare tids milda och blöta år i Sverige har jämförts med data från en längre tidsperiod (Lindström & Alexandersson, 2004). Man kunde då konstatera att i synnerhet nederbörden hade ökat (+11 %) under perioden 1991–2002 jämfört med perioden 1901–1990 och att temperaturen också hade ökat, om än mindre påtagligt (+0,7 °C). Perioden 1991–2005 karaktäriseras av en kombination av hög temperatur och hög nederbörd (SOU 2007). Att klimatet blivit mildare och blötare minskar skogens motståndskraft mot vind men kan sannolikt inte ensamt förklara varför det blivit vanligare med stormskador sedan periodens början. Vindklimatet beräknat utifrån lufttrycksdata för södra Sverige (Alexandersson & Vedin 2002) kan inte förklara varför stormskador har blivit vanligare sedan 1950-talet.

Skogsbruket och därmed skogen har däremot förändrats på flera sätt under den aktuella perioden (Blennow & Eriksson 2006). Förändringarna bidrar därför högst sannolikt till att förklara den ökade frekvensen omfattande skadetillfällen (Blennow & Olofsson, 2004). En stor del av skadorna kan troligen relateras till en ökande volym och areal skog (jämför Gardiner med flera 2010). Dessutom har andelen vindkänslig gran ökat på bekostnad av mera stormfasta trädslag och åldersklassfördelningen har förskjutits mot äldre träd (Blennow & Olofsson 2004). Äldre träd är ofta högre än yngre träd. Högre träd fångar vinden bättre än lägre träd och utsätts ofta för större krafter under en storm vilket leder till

att högre träd oftare skadas än lägre träd (Gardiner med flera 2010). Under 1950-talet introducerades trakthyggesbruket i stor omfattning i Sverige. Trakthyggesbruk är i dag det helt dominerande skogsbrukssystemet i Sverige. Vid kalavverkning av skog, som är en del av trakthyggesbruket, genereras stormkänsliga kanter mellan hygge och bestånd. Alla dessa faktorer har bidragit till att göra skogen mera vindkänslig och dessutom finns det alltså mer skog som kan blåsa ner.

Studien av Seidl med flera (2011) reder ut drivkrafterna bakom ökade skador i Europa och indikerar för Nordens vidkommande att klimatets förändringar i högre grad än förändringar i skogens tillstånd bidragit till ökade stormskador sedan 1950. Vi bör dock notera att studien gjorts på en översiktlig nivå där ingen skillnad gjorts mellan norra och södra delarna av Norden. Eftersom såväl klimatförändringar, skogstillstånd och historisk förekomst av stormskador skiljer sig åt mellan dessa områden kan det inte uteslutas att resultatet blivit ett annat om man analyserat södra och norra delarna av Norden var för sig.

Att det sätt vi skött skogen på bidrar till att förklara skadutvecklingen över tid innebär att vi faktiskt kan påverka sannolikheten för stormskador och därigenom också många andra effekter av storm (jämför Blennow 2008; Jactel med flera 2009).

6.1.1 Vindkänsligheten hos olika trädslag

Vindkänsligheten skiljer sig åt mellan olika trädslag bland annat beroende på rotningsförhållandena och vedegenskaperna (Gardiner med flera 2010). Det är dock svårt att med hög noggrannhet rangordna vindkänsligheten för olika trädslag eftersom de ofta växer på olika marker, är olika höga, utsätts för olika stark vind etc. Något experiment har heller inte genomförts där man systematiskt kontrollerat för variationerna. Mekanistiska modeller kan dock användas för att utvärdera vindstabiliteten inom gränserna av det empiriska material de grundar sig på. Sådana modeller har hittills främst utvecklats för barrträdslag men också för björk (Peltola med flera 1999).

Baserat på statistiska analyser av observerade stormfällda träd har skillnader i vindkänslighet rapporterats för olika barr- och lövträdslag. Slutsatsen i en nyligen genomförd litteratursammanställning gjord av ett internationellt europeiskt forskarteam är att barrträd överlag är mera vindkänsliga än lövträd (Gardiner med flera 2010). Exempelvis framgår av sammanställningen att ek (*Quercus robur*), bergesk (*Quercus petraea*), ask (*Fraxinus excelsior*) och avenbok (*Carpinus betulus*) är minst vindkänsliga medan odlad poppel tycks vara ett mera vindkänsligt trädslag (Gardiner med flera 2010). Silvergran (*Abies alba*) hör till de förhållandevis mindre vindkänsliga barrträden medan gran (*Picea abies*) och sitkagran (*Picea sitchensis*) hör till de mera vindkänsliga trädslagen (Gardiner med flera 2010). Tall (*Pinus silverstris*) och lärk rankas någonstans mitt emellan vindkänsliga och medelvindkänsliga trädslag (Garnier med flera 2010). Osäkerhet i rangordningen av trädslagen beror bland annat på att trädskadans form såväl som rotsystemets struktur kan variera inom en art bland de stormskadade träd som ligger till grund för rangordningen. Kronans form och rotstrukturen beror i sin tur på växtplatsen inklusive markförhållandena och påverkar såväl vindbelastningen som vindkänsligheten.

Studier av Albrecht med flera (2012) i sydvästra Tyskland visar att gran (*Picea abies*) och douglasgran (*Pseudotsuga menziesi*) var mest vindkänsliga medan ek och bok var minst vindkänsliga. I en annan stor tysk studie baserad på data från mycket omfattande stormfällning år 1999 försökte man separera inverkan av trädslaget från inverkan av variationer i ståndort och topografiska förhållanden (Schmidt med flera 2010). Studien visar att tall (*Pinus silvestris*) och lärk (*Larix* spp.) var minst vindkänsliga, via silvergran (*Abies alba*) och douglasgran (*Pseudotsuga menziesi*) till gran (*Picea abies*) som var mest vindkänslig. Också i denna studie var lövträd generellt sett mindre vindkänsliga än barrträd (Schmidt med flera 2010).

I området som skadades av Gudrun i södra Sverige år 2005 uppgick volymsandelen skog per trädslag före stormen till 50% gran, 25% tall och 19% lövträd. Skadorna under stormen Gudrun var överrepresenterade för gran (80% av den stormskadade volymen skog) och underrepresenterade för tall (18% av volymen) och lövträd (2% av volymen) (SVO 2006). En nyligen publicerad studie bekräftar att sannolikheten för stormskada var större i grandominerade bestånd än i tall och synnerhet lövbestånd (Valinger & Fridman 2011). Också under det år med de näst mest omfattande stormskadorna som rapporterats i Sverige (år 1969) var skadorna för trädslaget gran överrepresenterade jämfört med trädslagssammansättningen före stormarna (Persson 1975). I december 2011 drabbades södra Norrland av omfattande stormskador, enligt uppgifter i skogspressen, särskilt i contortatallskog (Ek 2012).

Eftersom vindkänsligheten för ett visst trädslag beror på kronans form och rotstrukturen och dessa i sin tur beror på växtplatsen är kunskap om lokala förhållanden och erfarenhet av hur trädslaget tidigare klarat sig mot vind viktigt att beakta vid valet av trädslag (Gardiner med flera 2010).

6.1.2 Inverkan av beståndets struktur på sannolikheten för stormskada

I ett bestånd sammansatt av flera trädslag hakar trädskronorna i varandra bättre än i en monokultur och beståndsstrukturen blir mera komplex med en mera tydlig vertikal skiktning hos rotsystemen. Dessa faktorer kan förväntas minska vindkänsligheten hos blandbestånd jämfört med monokulturer (Gardiner med flera 2010). Medan vissa författare rapporterar ökad stabilitet hos blandbestånd rapporterar andra författare att det inte finns någon sådan effekt (Gardiner med flera 2010). I en nyligen gjord studie i Tyskland visades att överlevnaden hos gran ökade med inblandningen av andra trädslag (Griess med flera 2012). Colin med flera (2008 i Gardiner med flera 2010) hävdar dock att bestånd med både vindkänsliga och mindre vindkänsliga trädslag får en vindkänslighet någonstans mitt emellan i proportion till trädslagsandelarna. Andra författare hävdar att effekten beror på vilka trädslag man blandar. I en storskalig studie av stormskadorna som uppkom i Sverige efter stormen Gudrun år 2005, konstateras att inblandning av andra trädslag i granbestånd minskar sannolikheten att granarna stormfälldes (Valinger & Fridman 2011). Denna effekt är större vid inblandning av björk än vid inblandning av tall (Valinger & Fridman 2011). En brittisk studie visar att trädslag med djupt rotsystem i ett blandbestånd kan sänka grundvattennivån och därigenom bidra

till att ett djupare rotsystem och ökad stabilitet hos ett annat mera vindkänsligt trädslag i samma bestånd (Pyatt 1993). Studier genomförda i vindtunnel (Gardiner med flera 2005) och i fält (Wellpott 2008) indikerar att förekomsten av ett lägre trädskikt under ett gallrat högre trädskikt kan förbättra beståndets stabilitet.

En del av skillnaderna i resultaten mellan olika studier, särskilt vad gäller de studier som baseras på data från mindre områden, kan sannolikt förklaras av skillnader i beståndshistorik, lokalisering av blandbestånd till vissa ståndorter, till exempel ståndorter med lägre produktivitet (Schelhaas 2008b). Även om slutsatserna för alla studier inte är helt samstämmiga när det gäller att förklara hur beståndets struktur och trädslagsblandning påverkar beståndets vindkänslighet så kan ibland heterogenitet i ett bestånd bidra till dess resiliens genom att beståndet lättare kan återhämta sig efter stormskada med mindre teknisk insats och därmed till lägre kostnad (Gardiner med flera 2010).

Skogsskötselåtgärder som gallring påverkar beståndets vindkänslighet vilket dokumenterats i många studier (exempelvis Persson 1975; Gardiner med flera 2010; Valinger & Fridman 2011). Vindkänsligheten är särskilt hög just efter ett gallringsingrepp (Persson 1975; Lohmander & Helles 1987). Efter gallring utsätts de kvarvarande träden för ett blåsigare klimat som det tar tid för träden att anpassa sig till. Medan den kritiska vindhastigheten för stambrott tycks öka med avståndet mellan stammarna i beståndet, tycks den kritiska vindhastigheten för rotvälta sjunka till följd av den ökade vindexponeringen och en större trädskrona (Gardiner med flera 2005). Ur vindkänslighetssynpunkt är det bättre att gallra tidigt under omloppstiden än sent under omloppstiden (Gardiner med flera 2010). Motsvarande resonemang förklarar varför kalavverkning av bestånd leder till ökad vindkänslighet, ökad vindexponering och ökad sannolikhet för stormskada hos kvarvarande bestånd (Gardiner med flera 2010).

6.1.3 Beståndsfaktorerers inverkan på sannolikheten för stormskada

Trädens dimensioner (höjd, stamdiameter, kronans höjd etc.), variationen i trädhöjd inom beståndet och därigenom beståndets aerodynamiska skrovlighet, artsammansättningen etc. påverkar alla sannolikheten för stormskada. Dessa faktorer kan alltså påverkas genom skogsskötselåtgärderna. Höga träd utsätts inte bara för högre vindhastighet på högre höjd utan har också högt placerad tyngpunkt samt utgör en lång hävarm (Gardiner med flera 2010). När det gäller betydelsen av trädens höjd för att förklara förekomsten av stormskador överensstämmer resultaten från trädmekaniska studier (till exempel Gardiner med flera 2000; Cucchi med flera 2005) med dem från statistiska analyser av observerade skador (exempelvis FAO 2000; Albrecht med flera 2010; Valinger & Fridman 2011) och visar att höjden hos enskilda träd eller hos beståndet är väl korrelerad med förekomsten av stormskador.

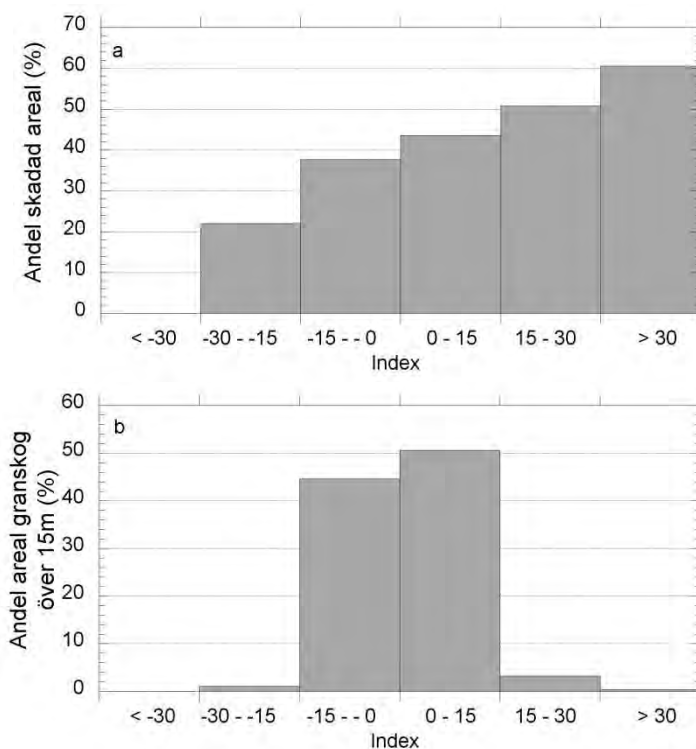
Ofta används förhållandet mellan trädens höjd och stamdiameter som ett mått på stabiliteten. Detta mått är användbart för många barrträdslag men vanligtvis inte för lövträd (Gardiner med flera 2010). Andra inom skogsbruket vanliga mått för att beskriva ett bestånds karaktäristika (antal stammar per ha,

grundyta etc.) har enligt Gardiner med flera (2010) ingen entydig korrelation med förekomsten av stormskador. När det gäller inverkan av beståndets struktur (likåldriga eller olikåldriga bestånd) har studier baserade på statistisk analys hittills inte gett något entydigt svar (Gardiner med flera 2010).

Markförhållanden kan hindra rotsystemets utveckling, till exempel genom ytligt grundvatten, ett tunt jordtäckte eller genom markkemiska förhållanden, vilket påverkar vindkänsligheten (Gardiner med flera 2010). Rotningsdjupet är dock svårt att mäta utom på rotvälta träd. Också tillfälligt hög markfuktighet till exempel efter långvarigt regn anses göra träden mera vindkänsliga genom att vattenmättnaden leder till att markens struktur förändras (Usbeck med flera 2010). Tjäle i marken bidrar till att förbättra trädets förankring och minskar därför vindkänsligheten (Silins med flera 2000). Under milda vintrar utan tjäle kan följdaktligen vindkänsligheten vara högre än under kalla vintrar med tjäle i marken (jämför Blennow med flera 2010).

6.1.4 Landskapets inflytande på sannolikheten för stormskada

Landskapets topografi påverkar sannolikheten för vindfällning genom inverkan på vinden och därmed på vindbelastningen (exempelvis Mortensen med flera 1998; Kaimal & Finnigan 2004). Kunskapen om hur topografin påverkar vinden har utvecklats under senare år (Finnigan & Belcher 2004; Ross & Vosper 2005). Inverkan av topografin är särskilt komplex i bruten och bergig terräng (Finnigan & Brunet 1995). Inte desto mindre kan vindobservationer och flödesmodellering användas för att särskilja variationer i vindfältet. Topografins inflytande på vindfältet har exempelvis uttryckts i ett index (Mortensen med flera 1998). Detta index har visat sig väl korrelerat med utbredningen av stormskador efter stormen Gudrun (Figur 3). Skog på krön av kullar är särskilt vindutsatta liksom skog på sluttningar som vetter mot vinden. Ett skogsbestånd kan till exempel vid en given vindriktning vara beläget i lä av en kulle.



Figur 3. Omfattningen av stormskador i gran (>15 m) efter Gudrun i Kronobergs län och lokal vindhastighet. Högt värde på index innebär högre lokal vindhastighet. a. Frekvensdiagram över andelen skadad skog per pixel och värdet på ett index som uttrycker topografins inverkan på vindhastigheten (beräknat med vindmodellen WASP) (Mortensen med flera, 1998). b. Andel av pixel med granskog (>15 m hög) inom olika intervall av index. Resultatet är framtaget för en area av 20*25 km². Med granskog avses skog med en volymsandel gran om minst 70%. (Ur Blennow & Eriksson 2006.)

Lokalt påverkar skogskanter och ojämnheter i krontäcket (övergångar mellan öppen eller kalavverkad mark och bestånd av olika höjd) turbulensförhållandena vilket i sin tur i hög grad påverkar den rumsliga utbredningen av skador (exempelvis Somerville 1980; Quine med flera 1995). Förhållandena har bekräftats av mekanikstudier under senare tid (se Gardiner med flera 2010) men vi behöver utveckla metoder för att i mekanistiska modeller bättre kunna ta hänsyn till luftens turbulenta flöde över skogen.

Landskapets topografiska förhållanden och markens lutning kan också påverka rotarkitekturen och därmed vindstabiliteten (Nicoll med flera 2005; Nicoll med flera 2006) även om denna effekt generellt sett är liten jämfört med topografins inflytande på vinden och turbulensen (Gardiner med flera 2010).

Eftersom träd med tiden anpassar sin förankring i marken till rådande vindförhållanden (Nicoll & Ray 1996) kan man förvänta att de är mera känsliga för vind från andra vindriktningar än de vanligast förekommande (Quine med flera 1995). Vanligtvis kommer vinden under en storm i Sverige huvudsakligen från den västliga sektorn men starka vindar från andra riktningar kan förekomma. Särskilt byvindarna utlöser stormskador (exempelvis Schütz med flera 2006; Nilsson med flera 2007; Usbeck med flera 2012).

Sammantaget uppvisade träd i lägen som var exponerade mot vindriktningen under stormen Lothar i Tyskland år 1999 en markant förhöjd sannolikhet för stormskada och träd på vattensjuk mark uppvisade högre sannolikhet för

vindfällning än träd som växte på endast måttligt eller inte alls vattensjuk mark (Schmidt med flera 2010). I en nyligen publicerad studie där utbredningen av stormskador efter mycket kraftiga stormar år 1990 och 1999 i sydvästra Tyskland analyserats konstaterades att de mest omfattande skadorna uppkommit i barrskog som växte i vindutsatta lägen i terrängen på tillfälligt vattenmättade marker i sandstensområden av specificerat slag (Schindler med flera 2012).

6.2 Skador på kulturminnes- och naturvårdsobjekt

Kustområden kan utsättas för tillfälligt högt vattenstånd i samband med uppstuvning av vatten under stark pålandsvind vilket kan skada såväl kulturminnes- som naturvårdsobjekt. Särskilt södra Sverige med dessutom delvis erosionsbenägna stränder är utsatt för stormar från väster som kan ge högt vattenstånd som följd (SOU 2006).

I skogsterrängen finns en mängd kulturspår dels från de verksamheter som bedrevs under historiska perioder utan skog, dels från verksamheter som bedrivits i skogen (RAK 2006). Många av kulturspåren är skyddade av lagen. De mest omfattande skadorna på fornminnen och kulturspår efter stormen Gudrun uppkom i samband med rotvälta träd (RAK 2006). Dessutom uppkom större åverkan i samband med upparbetningen av det stormskadade virket än vid normal avverkning (RAK 2006). Ibland var åverkan från upparbetningen av den stormskadade skogen betydligt allvarligare än själva stormskadan (LK 2006). Av 1546 inventerade formlämningar efter stormen Gudrun var 649 skadade eller påverkade (LK 2006).

Träd i urban miljö har också skadats vid stormen Gudrun. Svenska kyrkan rapporterar att kyrkogårdar har drabbats där stora träd, alléer och gravstenar har skadats (SKA 2012).

Inventering har visat att stormfällning under stormen Gudrun skedde på 5–10 % av arealen naturreservat, biotopskyddsområden, naturvårdsavtal och nyckelbiotoper i Kronobergs län, vilket är lägre än i den äldre produktionsskogen (Andersson med flera, 2006). Produktionsskogen drabbades nästan tre gånger så hårt av stormskador efter stormen Gudrun som naturreservaten gjorde. Jämfört med biotopskyddsområden, områden med naturavtal och nyckelbiotoper drabbades produktionsskogen ungefär fyra gången hårdare (Andersson med flera 2006). Ett stort antal naturvårdsobjekt har dock förstörts i samband med uppröjningsarbetet efter stormen Gudrun (SVO 2006). Av 955 inventerade naturreservat uppvisade 175 måttlig till total skada medan 780 uppvisade ingen eller liten skada (SVO 2006).

6.3 Skador på infrastruktur och byggnader

Infrastrukturer i samhället kan skadas av storm både direkt och indirekt genom exempelvis högt vattenstånd och vinduppstuvning av vatten i hamnar respektive fallande träd som river ned luftledningar. Storm och höga vågor är också en huvudsaklig orsak till förlisning till sjöss (Guedes Soares med flera 2001 i Vanem med flera 2011). Södra Sveriges kuster är värst utsatta för

översvämning i samband med storm. Dokumenterade skador av översvämning till följd av storm har dock inte hittats i litteraturen men väl andra effekter vilka beskrivs under avsnitt 6.5.

Enligt FMV (2006) skadades uppemot 30 000 km elledning i samband med stormen Gudrun år 2005. Det nedgrävda ledningsnätet klarade sig bra medan luftledningar i hög grad skadades genom att de inte var säkrade för fallande träd (FMV 2006). Motsvarande gällde telenätet där särskilt det så kallade accessnätet skadades mycket allvarligt (FMV 2006). Skogsstyrelsen rapporterade mycket hårt slitage på såväl skogsbilvägar som allmänna vägar efter stormen Gudrun till följd av timmertransporterna (SVO 2006).

Holmberg (2005, sidan 2) rapporterar angående den så kallade juldagsstormen 1902 "Från Vadebäck i Skåne rapporterades: Hela hus jämnades med marken. Somliga tak flögo rent av bort".

Enligt en kanadensisk studie är vindbelastningen på byggnader under en storm vanligtvis störst på takkonstruktionen (Morrison med flera 2012) vilket bekräftas gälla också för svenska byggnader (SOU 2007, bilaga 17). Byggnader med takstolar av trä är enligt den kanadensiska studien mera känsliga för vindbelastning än andra hus (Morrison med flera 2012) men huruvida detta gäller även svenska huskonstruktioner framgår inte av studien.

I en studie i södra Tyskland uppskattades variationer i sannolikheten för stormskada på byggnader mellan olika samhällen genom att distribuera meteorologiska data över terrängen med hjälp av en vindmodell för mesoskala och information om stormskador på byggnader för fyra stormtillfällen (Heneka med flera 2006).

Tak som blåser ner under en storm kan i sin tur orsaka skada på personer eller föremål (LÖ 2012).

Försäkringsbolaget Länsförsäkringar uppger att deras kostnader för stormskador på byggnader uppgick till nära 1,3 miljarder kronor för åren 1999-2006. Den totala kostnaden för att återställa byggnaderna var dock större eftersom avdrag hade gjorts för ålder och självrisk. Stormskadorna gäller i första hand ekonomibyggnader i dåligt skick, vilket innebär att de verkliga kostnaderna var större än försäkringskostnaderna (SOU 2007, bilaga 17).

6.4 Effekter på ekosystemens funktion

Att träd faller vid storm är ett naturligt förkommande fenomen som fyller viktiga funktioner i skogsekosystem genom att de exempelvis driver föryngrings- och anpassningsprocesser i skogen (Ulanova 2000). När det gäller vindstörning i skogar som brukas som produktionsskogar följs störningen vanligtvis av ytterligare störningar i form av uppröjningsarbetet efter stormen.

Omfattningen av störningar i form av stormar varierar och sträcker sig från mycket småskaliga till mycket omfattande händelser. Småskaliga störningar som påverkar enskilda träd eller grupper av träd kan ge upphov till död ved som i sin tur utgör substrat för vedlevande organismer och därigenom bidrar till att upprätthålla den biologiska mångfalden.

I luckorna gynnas föryngring av ljuskrävande arter (Castelli et al. 1999; Jonásová 2010). De ekologiska effekterna av storskaliga störningar är mindre väl kända. Det har föreslagits att vissa skogar i högre grad formats av storskaliga störningar än av småskalig luckbildning med efterföljande föryngring (Holeksa et al., 2007). Effekterna av stormen Gudrun visar tydligt att stormar kan påverka skogsekosystem i stor skala (SVO 2006; Seidl & Blennow 2012).

Effekter av stormskador på ekosystemets biodiversitet beror i hög grad på den efterföljande uppröjningen av de skadade träden (Andersson et al. 2006). Om virket får ligga kvar gynnas den vedlevande skalbaggsfaunan (Andersson med flera 2006; Rossi med flera 2009). Enligt teorin om att ”lagom störning gynnar flest” är biodiversiteten generellt sett störst halvvägs i en nedbrytningsprocess (Connell 1978). När det gäller fåglar påverkar storskalig vindfällning förekomsten och diversiteten av fåglar medan artsammansättningen av fåglar kan bero mera på röjningsarbetet efter stormen än av själva stormskadan (Zmihorski 2010). Förekomsten av död ved efter ett stormskadetillfälle kan öka sannolikheten för skogsbrand (SVO 2006).

I Sverige sköts den absoluta huvuddelen av skogarna i ett trakthyggesbruk vilket innebär att skogen vid omloppstidens slut kalavverkas traktvis. När stormskador sker i skog som sköts i ett trakthyggesbruk påverkas kolbalansen (Lindroth med flera 2009). För det första ökar markandningen genom skador på rötter (Knohl med flera 2002) vilket förstärks av ett intensivt bruk av tunga maskiner vid uppröjningsarbetet. Detta leder till nettoförlust av CO₂ så länge marken inte återplanterats och dessutom under den nya skogens 10-20 första år (Lindroth med flera 2009). För det andra leder stormskadorna till förkortad omloppstid vilket medför kolupplagring under en kortare period än vid oförkortad omloppstid (Lindroth med flera 2009). På grund av detta medför stormskador försämrade kolupplagrande förmåga hos skogen och kolförlusten till atmosfären bidrar till att förstärka växthuseffekten.

Ytterligare inverkan på kolbalansen uppkommer sannolikt genom stormens påverkan på de kvarvarande icke-fällda träden efter ett stormtillfälle. Resultat från Danmark indikerar att skador på rotstrukturer skulle kunna orsaka tillväxtnedsättning och ökad torkkänslighet (Nielsen & Knudsen 2004) vilket skulle kunna förklara tillväxtnedsättningen hos den kvarvarande skogen under (åtminstone) tre år efter stormen Gudrun (Seidl & Blennow 2012). Dessutom skulle tillväxtnedsättningen och en observerad ökad torkkänslighet hos träden efter stormen Gudrun (Bolte med flera 2010) kunna förklara varför populationer av vedlevandeinsekter ofta ökar efter stormfällning. Tillväxt och trädvigör har tidigare korrelerats till trädens försvar mot barkborrar (Christiansen med flera 1987) varför minskad produktivitet och ökad torkkänslighet till följd av rotskador skulle kunna vara en viktig mekanism bakom ofta observerade ökade barkborrepopulationer (Komonen med flera 2011) och barkborreskador efter storm (Seidl & Blennow 2012). Skador på rötterna försämrar dessutom trädens förankring i marken och därmed deras motståndskraft mot efterföljande stormar (Nielsen & Knudsen 2004).

Stormskador har visat sig ge effekter på markkemin. Tunga maskiners inverkan på marken vid uppröjning av den stormskadade skogen efter stormen Gudrun ledde till mobilisering och urlakning av kvicksilver och metylkviksilver från marken (Munthe med flera 2007). Urlakat kvicksilver kan ackumuleras i näringskedjan i akvatiska ekosystem. Ökad urlakning av nitrat från stormskadedrabbade områden har också observerats (Hellsten med flera 2009). Dessutom kan läckage av vatten från lagringsplatser för virke efter omfattande stormfällning uppkomma. Vattnet kan innehålla höga halter fosfor och organiskt material som gynnar algproduktion och som därigenom kan leda till syrebrist i bäckar och sjöar i samband med nedbrytningen av det organiska materialet (SVO 2006). Särskilt om upplagringen av stora mängder virke sker nära små vattendrag kan stora effekter uppkomma (SVOs 2006). Stormskador kan leda till ökad transport av jordpartiklar till vattendragen på grund av skador på det skyddande humustäcket genom vindfällningen eller i samband med uppröjningsarbetet (Croke & Hairsine 2006). Effekterna kan bli särskilt omfattande i bergstrakter där skog skyddar mot erosion och jordskred.

6.5 Effekter på samhällssystemets funktion

6.5.1 Effekter på samhällssystemets funktioner utom skogsbruket

Holmberg (2005, sidorna 2-3) rapporterar att vid den så kallade juldagsstormen 1902 ”Från Vadebäck i Skåne rapporterades: ... Hafvet öfersvämmade marken omkring 1 000 meter från den vanliga strandbädden. Fiskar slungades av vågor högt upp på land”. Ett annat exempel är rapporten från Helsingborgs Stad om att den så kallade adventsstormen Berit år 2011 ledde till stora effekter genom översvämningar i olika delar av kommunen (Helsingborg 2012).

Effekterna av stormen Gudrun drabbade i första hand landsbygden (KBM 2005). Det drabbade området i södra Sverige har störst del landsbygdsbefolkning i Sverige och en stor andel av företagsamheten är förlagd utanför tätorterna. Området rymmer ett stort antal mjölkgårdar (KBM 2005).

Fallna träd kan långvarigt påverka samhällets infrastruktur och funktion, till exempel genom att vägar blockeras och transporter därigenom förhindras och telekommunikationer och elförsörjning slås ut. Sådana störningar i systemets funktion ger upphov till både mänskligt lidande och ekonomiska kostnader. Under Gudrunstormnatten blev exempelvis många personer isolerade, många personer till och med under längre tid än så, och hemtjänst- och sjukvårdspersonal på hembesök hos patienter som saknade såväl elektricitet som telefonförbindelse arbetade under stor fara (EM 2006). Ibland fick de eskort av personal från räddningstjänsten för att överhuvudtaget kunna ta sig fram.

I södra Sverige slogs 300 000 teleabbonneters telekommunikationer ut i fasta nätet och två månader senare var ett stort antal abonnenter fortfarande utan telekommunikationer (FMV 2006). De mobila telefonnäten påverkades också. När det gäller elavbrott var som mest 730 000 abonnenter utan ström (KBM 2005). Tjugoen dygn efter stormen var fortfarande 12.600 kunder strömlösa

(EM 2005). Vissa områden var särskilt svåra att åter förse med ström och vissa elabonnetter förblev strömlösa i 45 dygn (FMV 2006).

Huvudvägnätet kunde röjas under den första dagen efter stormen men i vissa områden var vägarna ännu inte röjda ett halvår efter stormen (KBM 2005). Det tog 34 dygn innan all tågtrafik fungerade normalt igen (Tabell 1) (KBM 2005). Enligt RFRS (2007) rapporterade polisen omfattande trafiklagsöverträdelser i samband med transporter av det stormfällda timret. Belastningen på vägnätet blev dessutom mycket hög (SVO 2006).

Tabell 1. Störningar i tågtrafiken på grund av stormen Gudrun år 2005. (Ur KBM 2005).

Datum, tid	Berörd region/bandel
8 januari, klockan 04.15 klockan 16.30	Första inskränkningen av trafiken över Öresundsbron. All trafik över Öresundsbron ställdes in.
8 januari, klockan 16.10	All trafik på södra stambanan ställs in.
8 januari, klockan 16.50	Stopp på alla banor söder om Alvesta – Halmstad.
8 januari, klockan 20.00	All tågtrafik inom västra och södra banregionen stoppad.
20 januari	Begränsad trafik på södra stambanan återupptas.
21 januari	Alla banor inom västra banregionen återställda.
4 februari	Åter trafik med dubbelspår på södra stambanan.
11 februari	Alla banor i trafik utom Emmaboda – Karlskrona
12 februari	Banan Emmaboda – Karlskrona i drift.

I en nyligen presenterad studie över funktionseffekter av avbrott i transportmöjligheter på vägar till följd av storm konstateras att effekterna av avbrott som sträcker sig över stora områden och flera vägar huvudsakligen beror på omfattningen av efterfrågan på transporter inom, ut ur och till det drabbade området (Jenelius & Mattson 2012). Detta skiljer sig från effekterna av enstaka transportavbrott där effekternas omfattning beror av överskott hos och möjligheter till att nå övriga vägnätet i området. Störningar med stor geografisk utbredning leder till effekter i markant större geografisk skala än vid enstaka avbrott (Jenelius & Mattson 2012).

Elavbrotten och isoleringen gjorde att många mjölkgårdar drabbades särskilt hårt (KBM 2005). Bristen på reservkraftsaggregat gjorde att folk använde gamla och inte funktionsdugliga spisar att elda i för uppvärmning. Detta i sin tur ledde ibland till eldsvåda (ER 2006).

Många högt skattade natur- och kulturvärden påverkades i hög grad av skador och effekter av stormen Gudrun. Tillgängligheten till skogspromenader, bär- och svampplockning som bland annat fyller viktiga funktioner för rekreation försämrades. Såväl fauna och flora påverkas också av stormskador även om vi

inte väl känner till hur de påverkas. En ökning av älgstammen har dock konstaterats som troligen beror på effekter av stormskadorna (SVO 2012). Rekreations- och jaktmöjligheterna påverkas därmed men också trafikolyckorna ökade efter stormen (SVO 2012).

Effekterna av storm behöver dock inte bli negativa, åtminstone inte för alla. Effekter av stormskador på skogen efter stormen Gudrun gav upphov till arbetstillfällen genom att omfattande uppröjningsinsatser sattes in. Lägre virkespriser till följd av det stora utbudet som plötsligt uppkom gynnade sågverk och annan industri. Uppröjningsarbetet kan tillfälligtvis ge upphov till ökade arbetstillfällen i det skadedrabbade området. I angränsande områden kan skogsägare behöva senarelägga avverkningar eftersom uppröjningsarbetet i det stormdrabbade området vanligtvis prioriteras men också för att undvika att sälja virket till lågt pris. Dessa effekter kan påverka de skogsägare utanför det stormdrabbade området som är beroende av inkomster från virkesförsäljning.

Omfattande stormfällning av skog förändrar landskapet på flera sätt. Efter Gudrunstormen rapporterade vissa boende i det stormdrabbade området att de inte längre kunde hitta hem trots att de bott i området största delen av sitt liv (Guldåker 2009). Skogsägare fick se den skog förstöras som de skött under kanske hela sitt liv. Ungefär en tredjedel av privatpersoner som äger skog och som svarade på en enkätundersökning efter stormen Gudrun uppgav att deras välbefinnande hade försämrats på grund av skador och effekter av stormen (Svensson med flera 2006).

Effekterna av stormen påverkade i hög grad samhällets civila säkerhet. Enligt Krisberedskapsmyndigheten (KBM 2005) ansträngdes det civila säkerhetssystemet till bristningsgränsen. Effekterna hade kunnat bli ännu mera allvarliga om vädret efter stormen inte varit gynnsamt.

6.5.2 Effekter på produktionsskogsbruket

I ett landskap där skogarna används för produktion av skogsråvara kan stormfällning ge upphov till situationer där stora mängder virke behöver tas om hand under kort tid. För att klara av detta krävs ofta ökad arbetsstyrka och utökad maskinpark. Skogsägarföreningen Södra rapporterade en mer än fördubbling av arbetsstyrkan efter stormen Gudrun, särskilt för avverkning och transporter (Södra 2010). På grund av lokalt virkesöverskott i det stormdrabbade området transporterades överskottet till andra delar av Sverige men också utomlands (RFRS 2007). Arbetskraft och transportfordon räckte dock inte till varför ytterligare kapacitet hämtades från andra länder (SVO 2006). I en del av de aktuella länderna, särskilt de baltiska staterna, hade skogar allvarligt skadats av samma storm (Haanpää med flera 2007).

Stormskada i form av stambrott ger vanligtvis större ekonomiska effekter än vid rotvälta, särskilt om trädet bryts i den nedre mera värdefulla delen av stammen. Alla brottytor är dessutom potentiella angreppsytor för insekter och patogener. Ökade populationer av exempelvis barkborrar och andra vedlevande insekter kan i sin tur ge upphov till skador på den kvarvarande skogen (Långström med flera 2009).

Stormskador ger upphov till en plötslig och oplanerad ökning av tillgången på virke som kan leda till att virkespriserna sjunker. Insektskador på virket, liksom svampinfektioner i form av exempelvis blånad och ökad förekomst av rotröta kan bidra till att sänka priset. Det kan också ökade kostnader för avverkning under riskfyllda omständigheter, transporter, lagring, och ökade risker i samband med att köparen köper större kvantiteter än vanligt göra (FAO 2000). Priset på sågtimmer av gran och tall i södra och mellersta Sverige sjönk till 63% respektive 86% av priset året före stormen Gudrun (SFA 2010). Därmed minskade intäkterna för virkesproducenterna per såld m³ skog. Samtidigt kan intäkterna relativt sett öka för dem som köper virke till ett lågt pris. En stor del av stormvirket efter stormen Gudrun förväntades kunna användas i industrin under en period av flera år (SVO 2006). Detta förutsätter att virket lagras på sätt som medför att tillräcklig kvalitet bibehålls.

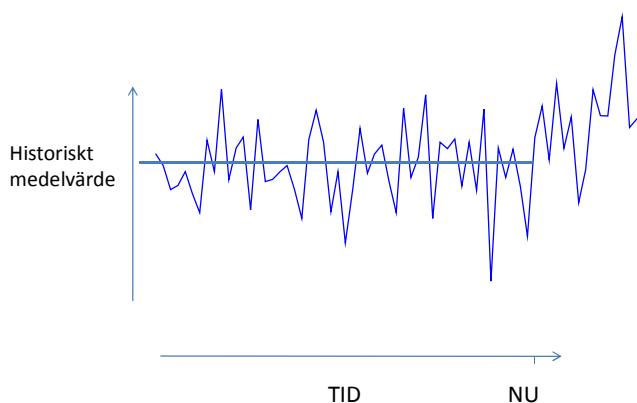
7. Risk för skador och effekter av storm

Risk ses ofta som en produkt av sannolikheten för att något ovälkommet ska inträffa och effekterna av händelsen. I vårt fall utgör stormskador och dess följdverkningar den ovälkomna händelsen. Sannolikheten för stormskada säger något om hur troligt det är att stormskador inträffar och beror i sin tur på både exponeringen för vind och känsligheten för vind. Effekterna innefattar hur vi värderar stormskadorna och deras följdverkningar. Om risken är stor eller liten beror därför både på hur troligt det är att händelsen kommer att inträffa och hur dåliga dess effekter bedöms vara (till exempel Blennow 2008; Blennow & Persson 2012). En annan dimension av risk är när vi fattar beslut trots brister i kunskapsunderlaget (Sahlin & Persson 1994).

7.1 Sannolikheten för stormskada

Statistiska modeller som anpassas till data över observerade stormskador och ett antal förklarande variabler (exempelvis trädslag och trädhöjd) baseras ofta på data från ett specifikt stormtillfälle (exempelvis Schmidt med flera 2010; Valinger & Fridman 2011). De sannolikheter som då beräknas uttrycker därför variablernas förmåga att förklara förekomsten av skada i rummet under det specifika tillfället. Skadedata kan samlas genom okulär besiktning i fält eller från flyg (exempelvis Claesson & Paulsson 2005). Fjärranalysmetoder baserade på radar och satellitbilder har också eller håller på att utvecklas (exempelvis Fransson med flera 2002).

I andra sammanhang uttrycker sannolikheten i stället en frekvens över tiden. Sannolikheten i tidsdomänen skattas utifrån data över historiska händelser. Ofta antas sannolikheten beräknad utifrån historiska data utgöra ett mått på sannolikheten i framtiden. Det finns dock aldrig någon garanti för att historien på ett korrekt sätt också beskriver framtiden (det så kallade Humes problem, jämför Hume 1777) (Figur 4).



Figur 4. Observationer över tiden, historiskt medelvärde och framtida utveckling.

När det gäller klimatförändringarna förväntar vi oss dessutom att klimatet just förändras och därför skiljer sig från det klimat som varit. För att beskriva en mera sannolik utveckling i framtiden blir då observationer från senare tid mer representativa än observationer från längre tillbaka i tiden. Bedömningen kompliceras för händelser som förekommit endast sällan eftersom man då behöver en lång historisk dataserie. Sannolikheten baserad på historiska data används som en första bedömning av sannolikheten inför framtiden. Bedömningen bör därför uppdateras allteftersom vi lär oss mer.

Tidsserier av historiska observationer av vind kan användas för att skatta sannolikheten för att överskrida en given vindhastighet. Pågående klimatförändringar gör det angeläget att beskriva möjliga olika framtida utvecklingar av klimatet. Modeller av klimatsystemet, så kallade generella cirkulationsmodeller (GCM), används för att beskriva statistiska egenskaper hos det framtida klimatet så som det skulle kunna utvecklas givet antaganden om exempelvis framtida utsläpp av växthusgaser (IPCC 2007). Resultaten av sådana simuleringar används för att tillsammans med en regional klimatmodell (RCM) skala ned klimatet till regional nivå (IPCC 2007). Endast få regionala klimatmodeller simulerar byvind (för undantag se Rockel & Woth 2007).

Skador och effekter beror dock inte bara på vinden. Särskilt för kustnära områden i södra Sverige kan riskerna för översvämning förväntas öka även om det inte blir blåsigare eftersom havsytans nivå stiger till följd av klimatförändringarna. Dessa områden är idag högintressanta för exploatering och investeringar. Den pågående utvecklingen i kustnära områden bidrar därför till ytterligare ökning av risken för skador och effekter (jämför Hallegatte, 2012). Anpassningen till klimatförändringar med en stigande havsnivå i dessa kustområden har bara nyligen börjat.

En översikt av tillgängliga stormskademodeller för skog ges av Gardiner med flera (2008). Dos-responsmodeller för att beräkna den kritiska vindhastigheten för skada har tagits fram av exempelvis Peltola med flera (1999) och Gardiner med flera (2000). För att kunna beräkna sannolikheten för att överskrida de på detta sätt beräknade kritiska vindhastigheterna behövs dessutom information om vindklimatet i lokal skala.

WINDA-modellen utgör ett system av modeller som innefattar såväl en dos-respons modell för beräkning av kritisk vindhastighet som en vindmodell för att kunna simulera vindklimatet på aktuella platser i landskapet (Blennow & Sallnäs 2004). Baserat på de beräknade kritiska vindhastigheterna, det simulerade lokala klimatet och rumsliga variabler beräknade i ett geografiskt informationssystem (GIS), beräknar modellen sannolikheten för stormskada för skogsbestånd i olika delar av ett landskap (Blennow & Sallnäs 2004).

I WINDA används vindmodellen WASP (Mortensen med flera 1998) för att skatta vindklimatet på olika platser i landskapet genom att ta hänsyn till terrängens topografi och aerodynamiska skrovlighet. WINDA-modellen använder därefter statistiska metoder baserade på extremvärdesteori för sannolikhetsberäkningarna. Modellen kan användas för att utvärdera skogsskötselåtgärders och skogsplaneringens inverkan på sannolikheten för stormfällning och har modifierats för att göra det möjligt att beräkna

sannolikheten för stormfällning under ett förändrat klimat baserat klimatscenario data framtaget med hjälp av klimatmodeller (Blennow & Olofsson 2008). WINDA-modellen har använts tillsammans med en klimat- och skogsskötselkänslig skogstillväxtmodell (FTM) (Andersson med flera 2005) för att beräkna sannolikheten för vindfällning under förändrade klimat- och skogstillstånd (Blennow med flera 2010a; Blennow med flera 2010b).

Inom det pågående EU-projektet MODELS for ADAPTIVE forest management (MOTIVE) har den brittiska dos-responsmodellen GALES (Gardiner med flera 2000) inkorporerats i WINDA-miljön som då kallas WINDA-GALES (Blennow & Gardiner 2009).

Konceptet för WINDA-modellen har också använts för en prototyp av modell för att beräkna sannolikheten för vindfällning i regional skala som tagits fram genom att inkorporera stormskador på skog i en dynamisk vegetationsmodell (Lagergren med flera 2012).

7.2 Värden på spel

Efter stormen Gudrun år 2005 sökte svenska staten medel ur EUs krisfond (RFRS 2007). Fördelningen av sökta medel visar hur kostnaderna har beräknats fördela sig mellan olika samhällssektorer (Tabell 2). De allra största kostnaderna för stormskador beräknades ha uppkommit inom skogsbruket. Det gjordes dock inte något försök att beräkna omfattningen av effekter i form av bortfall av produktion, skatter m.m. i samband med ansökan om stöd (RFRS 2007).

Tabell 2. Fördelningen av medel som svenska staten sökte för att täcka kostnader till följd av stormen Gudrun 8 januari 2005 (MSB 2012).

Samhällssektor	Sökt belopp (MSEK)
Skogsbruket	15 800
Kraftbolagen	1 750
Jordbruket	750
Kommuner	305
Banverket	180
Vägverket	180

Utöver de monetära förlusterna uppkom dessutom andra stora förluster av värden som är svåra eller omöjliga att värdera i pengar (Blennow & Persson 2012) (jämför Figur 5).



Figur 5. Effekter av stormskador på skog på hus och närmiljö efter stormen Gudrun som inträffade i södra Sverige 8-9 januari 2005. (Foto © Kristina Blennow)

För, hur värderar man förlusten av 18 människoliv i pengar eller att leva i veckor utan tillgång till el och kommunikationer? Hur översätter en skogsägare förlusten av relationen till den skog han eller hon planterade tillsammans med sin farfar och nu sköter tillsammans med sitt barnbarn (Blennow & Persson 2012)? Några skogsägare uppges till och med ha begått självmord till följd av stormskadorna (EM 2005). Studier har visat att skogsägare ofta motiveras att äga skog av flera skäl och att de värderar skogen inte enbart för den inkomst den ger (Ingemarson med flera 2006). Ett år efter stormen Gudrun uppgav ungefär 1/3 av de skogsägare i det stormskadedrabbade området som svarade på en enkät att deras välbefinnande hade försämrats till följd av stormskadorna (Grimby i SVO 2006). Dessa effekter av stormar har därmed stor inverkan på välbefinnandet hos den drabbade befolkningen (Guldåker 2009) men hittills har det saknats effektiva metoder för att mäta dem.

Under senare år har många icke marknadsprissatta varor och tjänster i allt högre grad uppmärksammas, inte minst deras betydelse för mänskligt välbefinnande. Välfärdsekonomisk forskning har utvecklat metoder för att inkludera icke-marknadsprissatta värden i kalkylen genom att söka mäta alla värden i pengar. Det man då inte tagit hänsyn till är att det finns olika sorters värden. Inte alla värden låter sig mätas på en och samma skala (se exempelvis Persson 2008; Blennow & Persson 2012). En sådan metod håller dock på att utvecklas (Blennow & Persson 2012).

7.3 Skador och effekter av stormar i framtiden

Att klimatet håller på att förändras har observerats och dokumenterats i många studier (IPCC 2007). Förekomsten av extratropiska cykloner varierar mellan

årtionden men ingen entydig trend har identifierats (exempelvis Barring & von Storch 2004). Det framtida vind- och stormklimatet för Sverige är osäkert och projektioner av vindklimatet skiljer sig åt beroende på vilken klimatmodell som använts (Nikulin med flera 2011). Därför bör studier som baseras på simuleringsdata från endast en GCM behandlas med försiktighet. För Östersjöområdet är samstämmigheten mellan klimatmodellerna dock större än för andra delar av Sverige och indikerar där ökad blåsighet (Nikulin med flera 2011). Vissa simuleringsstudier indikerar att stormbanorna kan komma att förskjutas norrut (Rummukainen 2012). Även om det framtida vindklimatet är osäkert kan vi inte utesluta att det blir blåsigare framöver.

Sannolikheten för framtida skador och effekter av storm som skattas enbart utifrån beskrivningar av vindklimatet på en plats kan ofta vara vilseledande. Det beror på att vindexponeringen kan påverkas av lokala förhållanden. Dessutom beror sannolikheten för skada och effekter inte bara på vindexponeringen utan också på vindkänsligheten.

I en studie av Steenbergen med flera (2012) översätts klimatförändringsscenariodata till exponering av byggnader för extrema vindhastigheter och möjliga effekter av förändringen i exponeringen.

I en studie för Västeuropa används klimatmodelldata baserad på flera utsläppsscenarier för att skatta framtida ekonomiska förluster till följd av förändringar i vindklimatet (Pinto med flera 2012). De framtida förlusterna indikeras öka under alla de använda utsläppscenarierna men baseras på endast en GCM (Pinto med flera 2012).

Klimatet i Sverige under perioden 1991-2005 var både varmare och blötare än under perioden 1961-1990 (SOU 2007). Klimatscenarier indikerar att dessa trender kan förväntas fortsätta under 2000-talet (exempelvis Kjellström med flera 2011). Enligt en nyligen publicerad studie skulle interaktioner mellan olika skikt i atmosfären kunna leda till en fördubbling av ökningen i extrem nederbörd vintertid över västra och centrala Europa jämfört med tidigare klimatprojektioner (Scaife med flera 2012).

Södra Sverige är särskilt utsatt för kustnära översvämning eftersom en stigande havsnivå till följd av klimatförändringarna inte (tillräckligt) kompenseras av landhöjning (SOU 2007). Särskilt kombinationen mellan översvämning i åmynningar till följd av ökad nederbörd och vattenuppstuvning och höga vågor i samband med storm förväntas leda till problem. Enligt simuleringsstudier av kustnära våghöjd kan våghöjden i hög grad bero på vindriktningen och är därför starkt beroende av lokala förhållanden (McInnes med flera 2009).

Högre markfuktighet kan förväntas leda till ökad sannolikhet för vindfällning av skog genom att vattenmättad mark efter varaktiga regn försämrar vindstabiliteten (jämför Schindler med flera 2012). Dessutom leder en varaktig höjning av grundvattennivån till ytligare rotsystem och därmed ökad vindkänslighet. Också rotröta, ett svampangrepp som leder till att trädstammar ruttnar hos i första hand gran, kan förväntas öka under ett varmare och fuktigare klimat och därigenom öka vindkänsligheten (SOU 2007). Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningens sammanvägda bedömning

förväntas skogens produktivitet generellt sett öka i Sverige under ett varmare och fuktigare klimat (SOU 2007).

En undersökning gjord för Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007) indikerar att sannolikheten för stormskada både i ett nordligt och sydligt beläget fallstudieområde i Sverige kan förväntas öka även om det inte blir blåsigare. Anledningen är att klimatförändringarna leder till ökad skogstillväxt och därmed ett mera vindkänsligt skogstillstånd givet dagens skötselregim (Blennow med flera 2010a). Skulle det dessutom bli blåsigare indikeras ökningen bli ännu större (Blennow med flera 2010a). På platser med minskad förekomst av tjäle i marken förväntas vindkänsligheten öka (Blennow med flera 2010a). Kunskapen om förekomst av tjäle i skogsmark är dock bristfällig.

Under senare tid har skogsmarksarealen ökat i Sverige; enligt MPFCE (2007) med ungefär 0,3% årligen under perioden 2000-2005. Skulle trenden hålla i sig kommer det i framtiden att finnas mer skog som kan blåsa ner än idag. En fortsatt förskjutning av åldersklassfördelningen i sin helhet mot äldre träd skulle dessutom bidra till att skogen blir vindkänsligare. Enligt Valinger & Lundqvist (1992) påverkar kvävetillgången vindkänsligheten hos träden som därför också beror på det framtida kvävenedfallet.

Ett internationellt forskarteam drog nyligen slutsatsen att om ökningen av den stående volymen skog fortsätter kan skadenivåerna fördubblas eller till och med fyrdubblas i Europa vid slutet av innevarande århundrade (Gardiner med flera 2010). Dessutom kan stormskadorna förväntas leda till mer än 5% minskning av kolupplagringen i Europeiska skogar vid slutet av innevarande århundrade jämfört med 2% minskning idag givet att den stående volymen skog fortsätter att öka (Gardiner med flera 2010).

7.4 Riskhantering

Ibland uttrycks att stormar styrs ”av högre makt” och att det därför inte går att göra något för att minska för stormskadorna (jämför Hollgren 1903). Stormar förekommer då och då och det finns inte mycket den enskilde kan göra åt det. Om det för den enskilde inte är så lätt att påverka sannolikheten för stormar så är möjligheterna ofta större att göra något åt sannolikheten för skador och effekter av stormar.

Markanvändningen i översvämningshotade kustområden skulle exempelvis kunna i högre grad anpassas till ett varierande vattenstånd, även om den långsiktiga trenden med stigande havsnivå också behöver hanteras på annat sätt. Dessa frågor behandlas i det pågående MSB-projektet *Inför hotet om stigande havsnivåer – planering och design av ett föränderligt landskap* som genomförs av forskare från Lunds universitet och SLU. Byggnader skulle kunna utformas så att de bättre står emot höga vindhastigheter och infrastrukturen kan anpassas exempelvis genom ledningar i marken i stället för i luften.

Skogen kan också påverkas i riktning mot högre stormfasthet och skogsbrukssätt, trädslagsval och skogsskötsel kan bättre anpassas till lokala förhållanden. Inom skogsbruket finns många möjligheter att påverka såväl vindexponeringen som vindkänsligheten. Sannolikheten för stormfällning av

skog kan helt elimineras genom att hugga ner skogen, om vi nu skulle vilja det. Det är dock knappast aktuellt, i alla fall inte för större områden. Svårigheten är väl snarast att hitta en risknivå som vi kan acceptera. Ett sådant resonemang innebär att vi känner till de effekter stormar kan få både på strukturer och på systemets funktion och att vi tar hänsyn till riskerna i beslutsfattandet.

Värdet av det som riskeras kan vägas på olika sätt (se till exempel Blennow 2008, Blennow & Persson 2012). Om man söker maximera den sammanlagda mängden av det goda och minimera lidandet för befolkningen som helhet talar man om en utilitaristisk hållning. Tar man däremot hänsyn till en rättvis fördelning, respekt för individens rättigheter eller värdigheten hos våra handlingar kallas det en rättighetsbaserad eller pliktetisk hållning (se till exempel Blennow & Persson 2012). När samhället väger risker och möjligheter brukar det anläggas ett utilitaristiskt förhållningssätt (Blennow & Persson 2012).

7.4.1 Modulering av sannolikheten för stormskada genom anpassning av skogsskötseln

En illustration av möjligheten att påverka sannolikheten för stormfällning ges av beskrivningen av orsakerna till den ökade stormfällningen under senare årtionden (se avsnitt 6.1). Som vi sett påverkas dessa i hög grad av faktorer som människan kan påverka. Nedan ges en sammanställning av olika sätt som skogens vindkänslighet kan påverkas på och som baseras på en sammanställning som gjorts av ett internationellt forskarteam (Gardiner med flera 2010): Val av trädslag.

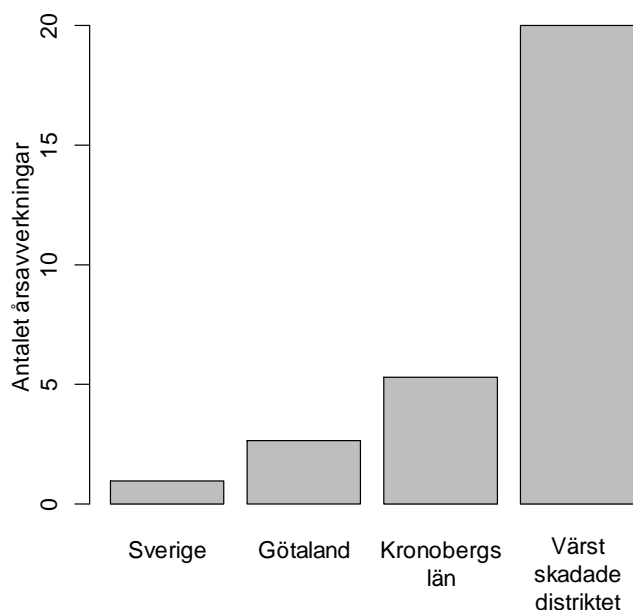
- Val av skogsbrukssätt där trakthyggesbruk leder till plötslig exponering av angränsande träd i samband med kalavverkning.
- Skötselprogrammets utformning genom exempelvis gallringarnas intensitet och fördelning under omloppstiden.
- Fördelningen av åldersklasser.
- Planeringen i tid och rum med hänsyn till vindriktning och topografins inflytande på vindexponeringen, spatiotemporal organisering av trädslag, avverkningar och skötselåtgärder.
- Justering av omloppstidens längd.

För närmare beskrivning av hur åtgärderna inverkar på vindexponeringen och vindkänsligheten hänvisas till avsnitt 6.1 ovan. Komplex samverkan mellan faktorer som trädslag, bestånd, ståndort, lokalt klimat och skötselhistoriken gör det dock svårt att ge generella råd (Quine med flera 1995). För att bland annat underlätta att ta hänsyn till många aspekter i bedömningen av sannolikheten för stormfällning har datormodeller tagits fram (se avsnitt 7.1 ovan). Dessa kan användas som stöd för beslutsfattandet.

7.4.2 Riskhantering i skogsbruket

På nationell nivå utgör den stormfällda skogen i Sverige efter stormen Gudrun, som är det mest omfattande stormskadetillfället som någonsin rapporterats i Sverige, endast ungefär 2% av den totala stående volymen skog. Denna

volymmotsvarar i storleksordningen en årsavverkning för landet som helhet. Den så kallat (långsiktig) hållbara avverkningen inom skogsbruket på nationell nivå skulle därför kunna sägas ha påverkats endast marginellt. Traditionellt mäter samhället omfattningen av stormfällning på skog på detta sätt. Ur ett utilitaristiskt produktionsperspektiv skulle risken för stormfällning därför kunna bedömas acceptabel (Blennow 2008). Tar vi däremot hänsyn till fördelningen av stormskadorna över landet blir bilden en annan (Blennow 2008; Blennow & Persson 2012). I de centrala delarna av det stormskadade området blev skadorna betydligt mera omfattande än i övriga delar av landet. Bördan blev alltså inte jämt fördelad. I det hårdast drabbade skogsbruksdistriktet motsvarar det av stormen Gudrun stormfällda virket i storleksordningen 20 årsavverkningar (Figur 6) (Södra 2010). På enskilda hårt drabbade brukningsenheter förväntas därför den hållbara avverkningen av skog påverkas kraftigt under flera decennier framöver efter stormen Gudrun (SVO 2006). Motsvarande fördelningsresonemang kan föras för också andra effekter av stormfällning som exempelvis att vara utan ström eller kommunikationer under en lång period, eller för den delen att krossas under ett fallande träd. I dessa sammanhang är det inte rimligt med ett utilitaristiskt förhållningssätt (Blennow & Persson 2012).



Figur 6. Volymen stormskadad skog efter stormen Gudrun dividerad med den årligen avverkade volymen skog för motsvarande areaenhet. (Modifierad från Blennow & Persson 2012.)

Enligt Törnqvist (1995) har svenskt skogsbruk redan tidigt behandlats som en verksamhet som inte grundas på värderingar utan som grundas på vetenskap. Därigenom skulle det endast finnas ett rätt sätt att sköta skogen på. Törnqvist (1995) beskriver uppbyggnaden av svenskt skogsbruk som en lärandeprocess där skogsägarna skulle övertygas att bidra till samhällets målsättningar. De samlade ansträngningarna som bland annat också involverade såväl utbildningsverksamhet, lobbyorganisationer och skogsägarorganisationer resulterade i att skogsbruket skulle vara var mans plikt (Stjernqvist 1973).

Särskilt under perioden 1960-1990 uttryckte lagstiftningen ett starkt fokus på skogen som resurs för att förse industrin med råvara. De privata skogsägarna förväntades leverera råvara till ett så lågt pris som möjligt (Stjernqvist 2001). Eftersom industrin i första hand efterfrågade barrvirke inriktades forsknings- och utvecklingsverksamheten på barrskog i ett trakthyggesbruk (Ekelund & Hamilton 2001). Det utgick ekonomiskt stöd för att konvertera lövträdsbestånd till barrskogsbestånd (Ekelund & Hamilton 2001).

När Skogsvårdslagstiftningen reviderades 1993 stärktes den privata äganderätten och ägaren fick därmed bättre lagligt stöd för att styra över hur skogen skulle skötas. Samtidigt infördes bevarandet av biodiversiteten som ett med produktionsmålet jämförbart mål i skogsvårdslagen. Trots att lagstiftningen numera inritas på flera målsättningar är fortfarande barrskog i trakthyggesbruk helt dominerande i Sverige.

Enligt den idag gällande skogsvårdslagens portalparagraf ska skogens naturgivna produktionsförmåga bibehållas samtidigt som biologisk mångfald och genetisk variation säkras. Brukandet av skogen ska ske effektivt och ansvarsfullt så att den ger en uthålligt god avkastning samtidigt som biodiversiteten inte hotas och samtidigt som kulturmässiga, estetiska och sociala värden värnas (Skogsvårdslagen §1).

Skogsstyrelsen har till uppgift att implementera lagstiftningen. Implementeringen sker bland annat med hjälp av skogskonsulenter som samtidigt tillhandahåller råd till skogsägarna. Enligt skogsstyrelsen (SVO 2006) ska konsulenterna informera skogsägarna om hur risken för stormfällning kan reduceras i samband med röjning och gallring. Skogsstyrelsen kontrollerar kvaliteten på röjningar och gallringar för att därigenom bidra till att minska risken för stormfällning (SVO 2006). Dessutom rekommenderas skogsägare genom Skogsstyrelsens policy för anpassning till klimatförändringarna som antogs 2003 att överväga effekter av klimatförändringarna och att sprida riskerna (SVO 2005).

Råden ges utifrån den så kallade rådgivningsnivån som ligger en bit ifrån de nedre gränser som målats upp av skogsvårdslagstiftningen. I skogsvårdslagen framgår inte utifrån vilken princip man väger risker. Med skogskonsulenternas dubbla roller där de har som uppgift att såväl implementera lagstiftningen som att tillhandahålla råd till privata enskilda skogsägare blir situationen därför otydlig (se Blennow 2008). Frågan om vem som definierar den så kallade rådgivningsnivån är en viktig demokratisk fråga men också en fråga för samhällets beredskap eftersom de skötsel- och planeringsråd man ger bland annat påverkar risken för skador och effekter av storm som drabbar den lokala befolkningen och skogsägaren särskilt hårt.

Luckor i kunskapsunderlaget ger upphov till kunskapsrisker (Sahlin & Persson 1994). Ett exempel på kunskapsrisk ges av Sahlin och Persson (1994) i samband med introduktionen av krukodlade skogsplantor i svenskt skogsbruk. I början använde man krukor gjorda av papper som förväntas brytas ner i marken. Systemet hade utvecklats för södra Sverige där det började användas under 1960-talet. Under 1970-talet började man använda systemet i stor skala i norra Sverige och samtidigt introducerades contortatall i större

skala som alternativ till inhemsk tall. Kunskap om lokala effekter av utformningen av de krukor trädplantorna drivits i upp saknades. I det kallare klimatet i Norrland bryts inte krukorna ned lika fort som där klimatet är varmare. Eftersom krukorna utformning visade sig påverka rotsystemet och för vissa krukmodeller ge upphov till så kallad rotsnurr påverkades vindstabiliteten genom att ett deformerat rotsystem leder till dålig förankring av trädet i marken. Trots att de nya krukorna var oprövade planterades bland annat contortatall med rotsnurr ut i stor skala; man tog en kunskapsrisk. Fortfarande år 1999 kunde inte de ekonomiska konsekvenserna av omfattande användning av krukodlade plantor i Sverige uppskattas (Lindström & Rune 1999).

Då som nu diskuteras införandet av nya så kallade exotiska trädslag till svenska skogar för att öka produktiviteten i skogsbruket. Exemplet ovan påminner oss om värdet av ett robust kunskapsunderlag. Klimatförändringarna förväntas i sig leda till produktivitetökning (SOU 2007). Givet att produktiviteten ökar, förväntas sannolikheten för stormskador öka med dagens skogsskötselprogram genom ett mera vindkänsligt skogstillstånd (Blennow med flera 2010a; Blennow med flera 2010b; Gardiner med flera 2010).

I en utredning av möjligheter till intensivodling av skog som genomfördes på regeringens uppdrag föreslås contortatall som ett trädslag som skulle kunna uppvisa högre produktivitet än inhemska trädslag (Larsson med flera 2009). I utredningen nämns att "Contortatall tenderar till exempel att vara mer instabil än vanlig tall vilket kan leda till ökade problem med stormskador" (Larsson med flera 2009, sidan 49). Stormskador drabbade contortatall särskilt hårt i samband med stormen Dagmar i december 2011 (Ek 2012). Någon rapport har inte hittats som klargör den relativa betydelsen av contortatallens allmänna vindkänslighet och användningen av krukodlade plantor för omfattningen av stormskadorna.

7.4.3 Privata skogsägares anpassning av skogsskötseln till risken för stormfällning

Före stormen Gudrun uppgav ungefär en tredjedel av de skogsägare som svarat på någon av två enkäter (1999 och 2004) att de vidtog åtgärder för att minska risken för stormskador. Utöver anpassning av skogsskötseln och planeringen till stormrisk kan en skogsägare försäkra sig mot ekonomiska förluster till följd av stormskador genom att betala en premie för att i händelse av stormskada bli kompenserad helt eller delvis för den ekonomiska förlusten. Vid tidpunkten för stormen Gudrun hade ca 40% av de drabbade skogsägarna försäkrat sig mot kostnader i samband med stormskador på skogen. Andelen försäkrade var högre bland ägare till större skogsfastigheter än bland ägare till små skogsfastigheter (Svensson med flera 2006).

I en enkät från 2004 (mindre än ett år före stormen Gudrun) ställdes frågan om vilket trädslag man skulle plantera om ens nuvarande granskog skulle allvarligt skadas av storm. En majoritet av respondenterna svarade att de skulle plantera gran igen (Blennow 2008). Efter stormen Gudrun år 2005 uppgav dock en större andel (56%) av sydsvenska skogsägare som svarade på en annan enkät att de planerade vidta åtgärder för att minska risken för stormfällning.

Vid slutet av 2008 hade skogsägare sökt bidrag för återplantering av 50 000 ha stormskadad mark med barrskog och 3 000 ha lövskog (ATL 2008).

7.4.4 Etiskt försvarbar riskhantering

För att aktivt kunna hantera risken för skador och effekter av storm behöver man överväga olika möjliga utfall, inklusive de dåliga. Man behöver också ha kunskap om de orsaksmässiga sambanden och därigenom hur man kan modulera risken för skador och effekter av storm. Men man behöver också tillämpa en etiskt försvarbar riskvägningsprincip. För att kunna fatta beslut som uppfyller enskilda individers målsättningar behövs kunskap om vilka målsättningarna är. För att undvika att man ångrar sig i efterhand om en risk materialiserar behöver man överväga olika möjliga framtida utfall. Med hjälp av kunskapen om de kausala sambanden kan beslutsfattaren välja att agera på ett sätt som gör att vi undviker framtida situationer som inte överensstämmer med målsättningarna (se till exempel Blennow & Persson 2012).

Stormskador på skog leder till effekter långt utanför skogsbrukets gränser. Det betyder att för att kunna sköta skogen på ett etiskt försvarbart sätt behöver vi väga in inte bara volymen skog som riskeras utan dessutom vilka andra värden som riskeras och för vem. Motsvarande resonemang kan tillämpas på skador och effekter av storm i andra sammanhang än när det gäller skog. Att öppet deklarerat vilken riskvägningsprincip som tillämpas i olika sammanhang och vilket kunskapsunderlag bedömningarna baseras på gör det lättare att fatta beslut (se Blennow 2008; Blennow & Persson 2012).

7.5 Riskkommunikation

Kommunikation är en tvåvägsprocess. Betydelsen av tillit för effektiv riskkommunikation har uppmärksamats av bland andra Slovic (1993). Från att mottagaren setts som en passiv agent och stor vikt lagts vid åtgärder som skapar tillit till avsändaren av ett budskap, ses mottagaren allt oftare som en aktiv agent (Brinck 2005). För att kunna kommunicera effektivt behöver vi veta något om den vi kommunicerar med, vilka motiv vederbörande har för sina aktiviteter, vilken kunskap och vilka mål han eller hon har. Den stora komplexiteten i vardagliga beslutssituationer gör att det dessutom är viktigt med kunskap om det specifika sammanhang som beslutet om anpassning fattas inom (se exempelvis Enander 2010). På så sätt ökar möjligheten att kommunicera på ett sätt som är relevant för båda inblandade parter.

Persson (2004, sidorna 6-7) understryker vikten av att skilja på tillit och tilltro ”Tilltro har vi till någons uppgifter (slutsatser, intuitioner, vittnesbörd, ...). Tillit har vi till källan till dessa uppgifter (företaget, konsulten, vittnet, ...). Tilltron bygger på att vi tror att uppgifterna är sanna, väl underbyggda, osv. Tillit kan vi ha av många olika skäl”. Ser vi mottagaren som en aktiv agent är kanske den viktigaste tillitsskapande åtgärden öppenhet och tydlighet vad gäller det underlag man har angående risken i fråga, både vad gäller det man vet och det man inte vet (Persson 2004).

Hälften av Sveriges skogsmark ägs av privatpersoner, i södra Sverige där sannolikheten för stormfällning är som störst är andelen i storleksordningen 80% (SVO 2012). Hur bedömer då privata skogsägare risken för stormfällning i

skogsbruket? Resultaten av enkäter ställda till sydsvenska privata skogsägare som gjordes år 1999 samt året före stormen Gudrun som inträffade år 2005, visar att privata skogsägare redan före Gudrun bedömde risken för stormfällning vara en av de värsta riskerna i deras skogsbruk från en ekonomisk synvinkel (Blennow & Sallnäs 2002; Blennow 2008) och som många bedömde öka särskilt mycket till följd av klimatförändringarna (Blennow 2012). Risken för stormfällning var dessutom en av de risker de var beredda att betala mest för att minska genom att anpassa skogsskötseln eller att teckna försäkring. Trots det uppgav endast ungefär 1/3 att de aktivt vidtagit någon åtgärd för att minska risken för stormfällning (Blennow 2008). Vi behöver kunskap om personers tilltro, attityder och värderingar för att kommunicera risker. Dessutom behöver vi känna till de sätt som personer lär sig och fattar beslut (exempelvis Gigerenzer med flera 1999).

Som exempel på hur kunskap om skogsägares tilltro kan underlätta kommunikationen kring anpassning av skogsbruket till klimatförändringarna ges av en nyligen genomförd studie för att förklara och prediktera skogsägares anpassning (Blennow med flera 2012). Hittills har förmågan till anpassning inom skogsbruket huvudsakligen i litteraturen förklarats vara styrd av hur skogsekosystemen kan anpassa sig till klimatförändringarna och inflytandet av socio-ekonomiska faktorer på det mänskliga agerandet (till exempel Lindner med flera 2010). Den nya studien visar för första gången på betydelsen av två personliga faktorer; när skogsägare tror på och har upplevt effekter av klimatförändringarna är det mera sannolikt att de har vidtagit anpassningsåtgärder. Dessa två faktorer förklarar och förutsäger nästan helt skogsägares anpassning till klimatförändringarna i en latitudgradient över Europa (Blennow med flera 2012). Resultaten har betydelse för hur klimatförändringspolicy effektivt kan kommuniceras. De indikerar att insamling och spridning av tecken på klimatförändringar och deras effekter skulle kunna vara en effektiv strategi för att öka personers uppfattning om att ha upplevt klimatförändringar och att de därigenom överväger att vidta anpassningsåtgärder (Blennow med flera 2012).

8. Kunskapsluckor

I denna rapport har ett första försök gjorts att anlägga ett systemperspektiv på stormar, skador och effekter av stormar och hur man kan hantera riskerna. Systemperspektivet står i kontrast till att hantera en risk i taget och inte söka orsakssamband och nätverk av samband. Utan kunskap om nätverken försämras möjligheterna att hitta effektiva motåtgärder.

Trots att stormar och skador och effekter av storm har studerats länge finns fortfarande stora kunskapsluckor och osäkerheter. En komplex väv av samverkande faktorer avgör såväl utbredningen av skador och effekter, däribland exponeringen för vind och turbulens, stormfastheten för en viss byggnadstyp eller ett visst trädslag på en given plats i terrängen. En annan anledning är svårigheten att genomföra kontrollerade experiment när storm ingår i försöksupställningen.

Även om det finns stora kunskapsbrister har senare års forskning har trots allt lett till att kunskapen om stormskador har påtagligt ökat. Fortsatt forskning behövs dock för att med hjälp av olika metoder bättre förstå de kausala sambanden bakom hur skador och effekter av stormar uppkommer. Skadorna på contortatall i december 2011 illustrerar behovet av att inte bara utreda möjligheter utan också utreda riskerna, i detta fall gällande stormfastheten hos contortatall och andra så kallade exotiska trädslag som växer under olika svenska förhållanden de odlingsmetoder som används, dessutom med beaktande av pågående och framtida möjliga klimatförändringar.

8.1 Orsakssamband

För att kunna identifiera och förklara orsaker till trender, exempelvis den observerade ökningen av stormskador i skogen behöver orsakerna till den observerade ökningen närmare analyseras (Figur 2). Det vore exempelvis värdefullt att komplettera studien av Seidl med flera (2011) med studier i regional skala.

Senare års möjligheter att samla in och analysera stora datamängder ändrat förutsättningarna för arbetet och gjort det möjligt att i högre grad testa hypoteser. Det finns data som samlats in efter stormen Gudrun som ännu inte analyserats men som skulle kunna användas i nya forskningsprojekt. I detta sammanhang behöver det utvecklas metoder för att kunna fortsätta följa orsakskedjorna och för att samla in och systematisera effekter av stormar. Den observerade tillväxtnedsättningen i den kvarvarande granskogen efter storm behöver förklaras och effektens förekomst och varaktighet undersökas för en längre tidsperiod och för ytterligare trädslag. Kunskapen om frisättande av kvicksilver och kväveurlakning efter omfattande stormskador i skogsterräng behöver förbättras och undersökas närmare liksom inverkan av stormskador på kolbalansen.

Systemperspektivet kan underlätta, inte bara att få ett helhetsgrepp som behövs för att värdera en risk och att därigenom kunna hitta effektiva motåtgärder, men också att hitta kunskapsluckor där kunskap särskilt väl behöver inhämtas genom hypotesprövning av kausala samband med hjälp av empiriska vetenskapliga metoder. Prediktionsförmågan hos mekanistiska modeller för att beräkna sannolikheten för stormskada i skog skulle därigenom kunna förbättras. För att uppnå detta behövs också bättre kunskap om luftens turbulenta flöde över skogen i samband med storm liksom bättre kunskap om rotningsförhållanden, särskilt i relation till vattenmättnad i marken samt förekomsten av tjäle i skogsterräng. Befintliga systematiska studier av de krafter som behövs för att välta träd behöver utökas till fler trädslag och fler ståndorter samt utföras för svenska förhållanden. Dessutom är kunskapen bristfällig vad gäller acklimatiseringen av träden till rådande vindförhållanden.

8.2 Tillgång till skade- och effektdata

Tillgången till skade- och effektdata är en förutsättning för empirisk vetenskap vars resultat kan användas för att lära av erfarenheten och uppdatera bedömningar inför framtiden. Insamling och rapportering av skador görs dock inte på ett systematiskt sätt. Det samma gäller effekter av storm. Det saknas i många kommuner rutiner för att systematiskt värdera och rapportera omfattningen av väderrelaterade skador och effekter.

Svenska data finns främst för den mycket omfattande Gudrunsituationen. Skadorna efter stormen Per 2 år senare (2007) är betydligt sämre dokumenterade. När det gäller stormskadorna på contortatall efter stormen Dagmar i december 2011 i södra Norrland finns endast de uppgifter som ges av skogsbolagen eftersom Skogsstyrelsen inte gjort någon egen inventering. Även om Skogsstyrelsen har ställt upp rutiner för krishantering i händelse av mycket omfattande stormskador saknas det alltså rutiner för att fortlöpande och systematiskt inventera och rapportera omfattningen av skador och effekter (bekräftas av Hans Samuelsson, Skogsstyrelsen, telefonsamtal 11 december 2012).

Genom studenters arbeten vid kursen *Landscape in transition – impacts and adaptation to climate change* vid SLU, Alnarp, har jag som kursansvarig tagit del av undersökningar kring kommuners klimatanpassning. Min bedömning utifrån de aktuella kommunerna är att kommunernas rapportering, systematisering, och uppföljning av klimatrelaterade händelser inte är tillräcklig för att göra det möjligt att på ett adaptivt sätt lära sig av erfarenheterna och därigenom effektivt uppdatera planeringsunderlaget. Därför behöver tillgängliga metoder inventeras och eventuellt nya utvecklas.

Det kan särskilt noteras att det varit svårt att hitta systematiskt insamlade data för effekter av stormar långt ner i orsakskedjan, till exempel när det gäller effekter av transport, ström- och telekommunikationsavbrott på landsbygden som dessutom varat under lång tid. Med tillgång till denna information är det troligt att bedömningar av risken för skada och effekter av storm hade varit annorlunda än de bedömningar som görs idag. Det är möjligt att risken då i högre grad skulle motiverat åtgärder i förebyggande syfte och att beredskapen vid skadetillfället hade varit bättre.

8.3 Värdering

Systemperspektivet underlättar översikt över orsaksambanden mellan storm och en viss effekt. Detta har betydelse för värderingen av risken. Kunskap om orsakssambanden räcker dock inte som underlag för att identifiera och värdera en risk. Naturvetenskaplig och teknisk forskning definierar ofta begreppet risk på ett snävare sätt än vad jag gjort i denna kunskapsöversikt. Ofta likställs då risken med sannolikheten. Det kan inte den som ska fatta beslut tillåta sig att göra eftersom det faktiskt spelar roll hur det som riskeras värderas och av vem, liksom hur robust kunskapsunderlaget är.

Eftersom människor har olika värderingar behöver ett demokratiskt samhälle metoder för att mäta befolkningens värderingar så att olika gruppers målsättningar kan synliggöras och värdekonflikter hanteras. Metoderna kan användas för att ta reda på vilka värden som riskeras och vems värden som riskeras. De befintliga välfärdsekonomiska metoderna behöver kompletteras med verktyg för demokratisk landskapsplanering som medger kartering av olika personers värderingar av saker som står på spel på grund av risken för skador och effekter av storm. ViMetoder behöver utvecklas som särskiljer verkliga målsättningar från medel att nå målen. Planer för hur detta kan gå till håller på att tas fram (Blennow & Persson 2012) men behöver användas i tillämpade projekt för hantering av värdekonflikter och risker.

När bör risker hanteras för att maximera det goda för hela samhället och när bör rättighets- eller pliktprincipen tillämpas? Här behövs exempel och metoder tas fram för att tydliggöra effekter av olika riskvägningsprinciper.

8.4 Modulering av risken

Baserat på kunskapen om mekanismerna och värderingarna kan effektiva sätt att påverka sannolikheten för skada och effekt utvecklas och vilka motåtgärder som är befogade bedömas. En forskningsuppgift skulle kunna vara att vidareutveckla tillvägagångssättet att anlägga ett systemperspektiv på skador och effekter av storm. I detta ingår att utveckla och vidareutveckla mekanistiska modeller för att skatta sannolikheten för skada och effekter av storm och att använda dessa för att ta fram beslutsunderlag för aktiv hantering av risken. Modeller som baseras på enskilda träd snarare än skogsbestånd behöver utvecklas. Effekter av möjliga framtida klimatutvecklingar behöver undersökas närmare.

8.5 Riskkommunikation

Det saknas alltså mycket kunskap om skador och effekter av storm. Trots allt finns det dock en hel del kunskap men endast en del av denna omsätts och används i praktiken. Privata skogsägare bedömer risken för stormskador som hög samtidigt som endast en mindre del aktivt hanterar risken. Ett annat exempel är att trots att forskningsresultat visar att och i någon mån hur topografin påverkar vindexponeringen i skogslandskapet används de möjligheter detta ger att påverka risken för stormfällning endast i mycket liten omfattning i svenskt skogsbruk. Det finns därmed möjligheter att modulera

riskerna för stormfällning i skogsbruket genom bättre planering (Blennow & Eriksson 2006). Men uppenbarligen behöver kommunikationen kring risker förbättras.

Det behövs lokalt förankrade studier för att ta fram underlag för och underlätta planering så att stormrelaterade risker kommuniceras (se avsnitt 8.5) och hanteras. För att effektivt kunna kommunicera risker behövs bättre kunskap om olika personers tilltro till olika fenomen, deras värderingar, hur de lär sig och om deras planer för framtiden. Det finns idag teorier kring bland annat praktiskt beslutsfattande som kan tillämpas för att kunna ta fram avgörande information som kan användas för mera effektiv riskkommunikation, inklusive kommunikation om risker som uppkommer eller förstärks till följd av klimatförändringarna (se exempelvis Enander 2010; Blennow med flera 2012). I samband med att teorierna tillämpas kan de också testas och resultaten användas för att utveckla teorierna vidare. Utan individbaserad kunskap blir det svårt för samhället att på ett effektivt sätt verka för individens välbefinnande men också att bidra till individens lärande för att därigenom han eller hon också själv bättre ska kunna hantera risker och därigenom kunna verka för att uppnå sina mål.

Referenser

- Albrecht, A., Hanewinkel, M., Bauhus, J. & Kohnle, U., 2012. How does silviculture affect storm damage in forests of south-western Germany? Results from empirical modeling based on long-term observations. *Eur J Forest Res.*, 131:229–247.
- Alexandersson, H., & Vedin, H., 2002. Stormar det mera nu? SMHI. Väder och Vatten, 10:18.
- Alexandersson, H. & Ivarsson, K.-I., 2005. Januaristormen 2005. Faktablad No. 25, SMI, Norrköping.
- Andersson, M., Dahlin, B., Mossberg, M., 2005. The Forest Time Machine—a multipurpose forest management decision-support system. *Computers and Electronics in Agriculture* 49, 114–128.
- Andersson, M., Appelqvist, T., Edman, T., Liedholm, H., Niklasson, M., Norden, B., and Paulsson, J., 2006. Miljökonsekvenser för biologisk mångfald. Underlagsrapport inom projekt stormanalys. Rapport No. 11. Skogsstyrelsen: Jönköping.
- ATL, 2008. Mycket återväxtstöd kvar att söka efter Gudrun. ATL Lantbrukets Affärstidning 15 December 2008.
<http://www.atl.nu/Article.jsp?article=50613&a=Mycket%20%20E5terv%E4xtst%20F6d%20kvar%20att%20s%20F6ka%20efter%20Gudrun>
- Blennow, K. 2008. Risk management in Swedish forestry – Policy formation and fulfillment of goals. *Journal of Risk Research* 11:237-254.
- Blennow, K., 2012. Adaptation of forest management to climate change among private individual forest owners in Sweden. *Forest Policy and Economics*. 24:41-47.
- Blennow, K. & Sallnäs, O., 2002. Risk perception among non-industrial private forest owners. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17: 472–479.
- Blennow, K. & Olofsson, E., 2004. Kan man undvika stormskador? In K. Blennow (red.). *Osäkerhet och aktiv riskhantering – aspekter på osäkerhet och risk i sydsvenskt skogsbruk*. ISBN 91-576-6643-1 SUFOR www.sufor.nu 96 sidor, sidorna 38–43.
- Blennow, K. & Sallnäs, O., 2004. WINDA – A system of models for assessing the probability of wind damage to forest stands within a landscape. *Ecological Modelling*, 175(1):87–99.
- Blennow, K., & Eriksson, H., 2006. Riskhantering i skogsbruket. Rapport 14. Skogsstyrelsen, Jönköping. 52 sidor
<http://www.skogsstyrelsen.se/minskog/templates/Page.asp?id=18204>
- Blennow, K. & Olofsson, E., 2008. The probability of wind damage in forestry under a changed wind climate. *Climatic Change*, 87:347-360.
- Blennow, K. and Gardiner, B., 2009. The WINDA-GALES wind damage risk planning tool. Proc. 2nd Int. Conf. Wind Effects on Trees, Albert-Ludwigs-University, Germany, 13-16 October 2009, *Berichte des Meteorologischen*

Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, pp 109-112. Extended abstract.

Blennow, K. & Persson, E., 2012. Risk Management in Forestry and Societal Impacts. In B. Gardiner (red.) *Living with Storm Damage*. Series "What Science Can Tell Us", European Forest Institute. Accepterad för publicering.

Blennow, K., Persson, J., Tomé, M., & Hanewinkel, M., 2012. Climate change: believing and seeing implies adapting. *PLOS ONE*, 7:e50181.
<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0050182>

Blennow, K., Andersson, M. Sallnäs, O., Olofsson E., 2010a. Climate change and the probability of wind damage in two Swedish forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 818–830.

Blennow, K., Andersson, M., Bergh, J., Sallnäs, O., & Olofsson, E. 2010b. Potential climate change impacts on the probability of wind damage in a south Swedish forest. *Climatic Change*, 99:261–278.

Bolte A, Hilbrig L, Grundmann B, Kampf F, Brunet J, et al. (2010) Climate change impacts on stand structure and competitive interactions in a southern Swedish spruce–beech forest. *European Journal of Forest Research* 129:261–276.

Brinck, I., 2005. Om riskkommunikation: kartor, klyftor och mål. I Brinck, I. (Red.) *Risk och det levande mänskliga* (pp. 45-78). Bokförlaget Nya Doxa.

Bärring, L., & von Storch., H., 2004. Scandinavian storminess since about 1800, *Geophysical Research Letters*, 31.

Castelli, J. P, Casper, B. B, Sullivan, J. J., Latham R. E., 1999. Early understory succession following catastrophic wind damage in a deciduous forest. *Canadian Journal of Forest Research*. 29, 1997-2002.

Christiansen, E., Waring, R.H. & Berryman, A.A., 1987. Resistance of conifers to bark beetle attack: Searching for general relationships. *Forest Ecology and Management* 22: 89–106.

Claesson S & Paulsson J (2005) Flyginventering av stormfälld skog – januari 2005. PM 2005-02-02. Swedish Forest Agency, Jönköping.

Colin F., Brunet Y. Vinckler I., and Dhôte J.-F. 2008. Résistance aux vents forts des peuplements forestiers, et notamment des mélanges d'espèces. *Revue forestière française*, LV, 2:191-205.

Connell J. H. 1978. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science*, 199:1302-1310.

Croke, J. C. & Hairsine, P. B. 2006. Sediment delivery in managed forests: a review. *Environmental Reviews*, 14, 59-87.

Cucchi V., Meredieu C., Stokes A., de Coligny F., Suarez J.C., Gardiner B.A. 2005. Modelling the windthrow risk for simulated forest stands of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Forest Ecology and Management*, 213: 184-196.

Diaz, J., 2004. The public health consequences of disasters. *Journal of the Louisiana State Medical Society* 156, 145:150.

- EFI, 2012. European Storms Catalogue. <http://www.efiatlantic.efi.int/portal/databases/forestorms/> . Nedladdat 121209.
- Ek, B., 2012. Dagmar slog mot contortan. Skogen, 3.
- Ekelund, H. & G. Hamilton. 2001. Skogspolitisk historia. Rapport 8A, 45–78. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- EM, 2005. Stormen Gudrun – Konsekvenser för nätbolag och samhälle. Statens Energimyndighet. Rapport 16(2005). ISSN 1403-1892
- EM, 2006. Fler konsekvenser av Gudrun och vad kunde hänt om... En studie av stormen Gudrun med fokus på konsekvenser som är svåra att mäta i pengar samt vad hade hänt om...! Statens Energimyndighet. Rapport 8(2006) ISSN 1403-1892.
- Enander, A., 2010. Psykologiska perspektiv på risk- och krishanteringsförmåga: En kunskapsöversikt. Institutionen för ledarskap och management, Försvarshögskolan.
- FAO, 2000. Forest Products Annual Market Review 1999-2000. Timber Bulletin, Vol. LIII, ECE/TIM/BULL/53/3.
- Fransson, E. S., Walter, F., Blennow, K., Gustavsson, A., and Ulander, L. M. H., 2002. Detection of storm damaged forested areas using airborne CARABAS-II VHF SAR image data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 40(10):2170–2175.
- Finnigan, J. J., and Belcher, S. E., 2004. Flow over a hill covered with a plant canopy. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 130, 1-29.
- Finnigan, J. J., and Brunet, Y., 1995. Turbulent airflow in forests on flat and hilly terrain. Wind and Trees. Eds. M. Coutts and J. Grace, Cambridge University Press: Cambridge.
- FMV (2006) Försvarsmaktens telekommunikationsstöd till samhället i samband med stormen Gudrun. Document 26744/2006. www.fmv.se
- Gardiner, B.A., Peltola, H., Kellomäki, S., 2000. The development and testing of two models to predict the critical wind speeds required to damage coniferous trees. Ecol. Model. 129, 1–23.
- Gardiner, B. A., Marshall, B. Achim, A., Belcher, R., and Wood, C. 2005. The stability of different silvicultural systems: a wind-tunnel investigation. Forestry, 78:471-484.
- Gardiner, B., Byrne, K., Hale, S., Kamimura, K., Mitchell, S.J., Peltola, H., Ruel, J.-C., 2008. A review of mechanistic modelling of wind damage risk to forests. Forestry, 81:447–563.
- Gardiner, B., Blennow, K., Carnus, J-M., Fleischer, M., Ingemarson, F., Landmann, G., Lindner, M., Marzano, M., Nicoll, B., Orazio, C., Peyron, J-L., Reviron, M-P., Schelhaas, M-J., Schuck, A., Spielmann, M. and Usbeck, T., 2010. Destructive storms in European forests: past and forthcoming impacts. Final report to DG Environment (07.0307/2009/SI2.540092/ETU/B.1). 138 p.
- Gigerenzer, G., Todd, P. M. & The ABC Group 1999 Simple heuristics that make us smart. Oxford University Press, Oxford.

- Griess, V.C., Acevedo, R. Hartl, F., Staupendahl, K., Knoke, T., 2012. Does mixing tree species enhance stand resistance against natural hazards? A case study for spruce. *Forest Ecology and Management*, 267:284–296.
- Guldåker, N., 2009. Krishantering hushåll och stormen Gudrun. Att analysera hushålls krishanteringsförmåga och sårbarheter. Serie avhandlingar, nr. 185. Meddelande från Lunds universitets Geografiska institution.
- Haanpää, S., Lehtonen, S., Peltonen, L. & Talockaite, E., 2007. Impacts of winter storm Gudrun of 7th – 9th January 2005 and measures taken in Baltic Sea Region. Astra project. 43 sidor.
- Hackbarth, M, Pavkov, T., Wetchler, J. & Flannery, M., 2012. Natutal disasters: an assessment of family resiliency following hurricane Katrina. *Journal of Martial and Family Therapy*, 38: 340-351.
- Hallegatte, S., 2012. The rising costs of hurricanes. *Nature Climate Change*, 2:148-149.
- Hellsten, S., Munthe, J. & Zetterberg, T., 2009. Consequences of the storm Gudrun in Sweden - increased mercury loads to aquatic systems. *Kungl. skogs- och lantbruksakademiens tidskrift*, 148: 24-26.
- Helsingborgs Stad, 2012. PM Klimatanpassning. Fördjupningspromemoria om Helsingborgs stads klimatanpassning. Antagen av kommunfullmäktige 25 april 2012. Stadsbyggnadsförvaltningen, Helsingborg.
- Heneka, P., Hofherr, T., Ruck, B. & Kottmeier C. 2006. Winter storm risk of residential structures – model development and application to the German state of Baden-Württemberg. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 6:721–733.
- Holeksa, J., Saniga, M., Szwagrzyk, J., Dziedzic, T., Ferenc, S., Wodka, M., 2007. Altitudinal variability of stand structure and regeneration in the subalpine spruce forests of the Pol'ana biosphere reserve, Central Slovakia. *European Journal of Forest Research* 126, 303–313.
- Hollgren, C.A., 1903. Juldagsnattens storm i Halland. *Skogsvårdsföreningens Tidskrift* 1: 38–9.
- Holmberg, L.-E., 2005. Sammanställning av stormskador på skog i Sverige under de senaste 210 åren. Rapport 9 (2005), Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Hume, D., 1777. *Enquiries Concerning The Human Understanding*. Flera utgåvor.
- Ingemarson, F., Lindhagen, A. & Eriksson L. 2006. A typology of small-scale private forest owners in Sweden, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21: 249-259.
- IPCC, 2007. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- ISA (2006) Anmälda arbetsolyckor år 2005 i Informationssystemet om arbetsskador (ISA) orsakade av: Stormen Gudrun. AV/ISA, K. Blom 060126. www.av.se; 1/6-2006.
- Jactel, H., Nicoll, B.C., Branco, M., Gonzalez-Olabarria, J.R., Grodzki, W., Långström, B., Moreira, F., Netherer, S., Orazio, C., Piou, D., Santos, H., Schelhaas, M.J., Tojic, K., Vodde, F. 2009. The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Ann. Sci. For.* 66: 71.

- Jenelius, E. & Mattsson, L.-G., 2012. Road network vulnerability analysis of area-covering disruptions: a grid-based approach with case study. *Transportation Research A*, 46: 746-760.
- Jonásová, M., Vávrová, E., & Cudlín, P. 2010. Western Carpathian mountain spruce forest after a windthrow: Natural regeneration in cleared and uncleared areas. *Forest Ecology and Management* 259 1127–1134
- Kaimal, J.C. & Finnigan, J.J., 1994. *Atmospheric Boundary Layer Flows. Their Structure and Measurement*. Oxford University Press.
- KBM, 2005. Krishantering i stormens spår. Sammanställning av myndigheternas erfarenheter. Krisberedskapsmyndigheten, Dnr: 0257/2005 www.krisberedskapsmyndigheten.se
- Kjellström, E., Nikulin, G., Hansson, U.L.F., Strandberg, G., Ullerstig, A., 2011. 21st century changes in the European climate: uncertainties derived from an ensemble of regional climate model simulations. *Tellus A* 63, 24-40.
- Klasson, A. (2005) Tio skogsägares erfarenheter av stormen Gudrun. Rapport 14. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Knohl, A., Kolle, O., Minayeva, T.Y., Milyukova, I.M., Vygodskaya N.N., Foken T. & Schulze, E.D.. 2002. Carbon dioxide exchange of a Russian boreal forest after disturbance by wind throw. *Global Change Biology*, 8: 231-246.
- Komonen, A., Schroeder, L.M. & Weslien, J., 2011. *Ips typographus* population development after a severe storm in a nature reserve in southern Sweden. *Journal of Applied Entomology* 135: 132–141.
- Lagergren, F., Jönsson, A.-M., Blennow, K., Smith, B., 2012. Implementing storm damage in a dynamical vegetation model for regional applications in Sweden. *Ecological Modelling*, 247:71-82.
- Larsen, B., Graham, T. & Aisbett, B. 2013 A survey to identify physically demanding tasks performed during storm damage operations by Australian State Emergency Services personnel. *Applied Ergonomics* 44:128-133.
- Larsson, S., Lundmark, T & Ståhl, G., 2009. Möjligheter till intensivodling av skog. Slutrapport regeringsuppdrag Jo 2008/1885. SLU.
- Lindner M, Maroschek M, Nethere S, Kremer A, Barbati A, et al. (2010) Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For Ecol Manage* 259: 698–709.
- Lindroth, A., Lagergren, F., Grelle, A., Klemedtsson, L., Langvall, O., Weslien, P., Tuulik, J. 2009. Storms can cause Europe-wide reduction in forest carbon sink. *Global Change Biology* 15: 346-355.
- Lindström, G., & Alexandersson, H., 2004. Recent mild and wet years in relation to long observation records and future climate change in Sweden. *Ambio*, 33:183–186.
- Lindström, A. and Rune, R., 1999. Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness. *Plant and Soil* 217: 29–37.
- LK, 2006. Skadeinventering av fornlämningar i Kronobergs län 2005. Meddelande nr 2006:17, Länsstyrelsen i Kronobergs län. ISSN 1103-8209.

Lohmander P., Helles F., 1987. Windthrow Probability as a Function of Stand Characteristics and Shelter. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 227-238.

Långström B, Lindelöw Å, Schroeder M, Björklund N & Öhrn P (2009) The spruce bark beetle outbreak in Sweden following the January storms in 2005 and 2007. IUFRO Working Party 7.03.10, Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe. November 30, 2009, Zvolen, Slovakien.

LÖ, 2012. Stormar i Örebro län. En analys av konsekvenserna som uppstått till följd av stormar, snöoväder och tromber. Länsstyrelsen i Örebro län. Publ. Nr 2012:7.

McInnes, K.L., O'Grady, J.G. & Hubbert, G.D., 2009. Modelling sea level extremes from storm surges and wave setup for climate change assessments in southeastern Australia. *Journal of Coastal Research*, SI56:1005-1009.

MPFCE, 2007. State of Europe's Forests 2007. The MCPFE Report on Sustainable Forest Management in Europe. MCPFE Liaison Unit Warsaw, UNECE and FAO, Warsaw.

Mortensen, N.G., Landberg, L., Troen, I., Petersen, E.L., 1998. Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP). Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark.

Morrison, M., Henderson, D.J., Kopp, G.A., 2012. The response of a wood-frame, gable roof to fluctuating wind loads, *Engineering Structures* 41:498–509.

MSB, 2012.
<http://ndb.msb.se/ViewCase.aspx?id=21&l=SV&xMax=779848.5757999998&xMin=258450.4950000001&yMax=6525010.9945&yMin=6111275.669500001>
 Nedladdad 29 november 2012.

Munchen Re 2012 <http://www.munichre.com/en/reinsurance/topics-online/2012/01/natural-hazards/default.aspx> . Nedladdad 9 november 2012.

Munthe, J., Hellsten, S., and Zetterberg, T., 2007. Mobilization of mercury and methylmercury from forest soils after a severe storm-fell event. *Ambio* 36: 111-113.

Nielsen, C.N., Knudsen M.A., 2004. Stormstabilitet og sundhed i en rødgranskærm. *Dansk Skovsbrugs Tidsskrift* 89: 115–128.

Nikulin G., Kjellström E., Hansson U., Strandberg G., and Ullerstig A. 2011. Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. *Tellus A*, 63A:41–55.

Nykänen, M.-L., Peltola, H., Quine, C.P., Kellomäki,

Nilsson, C., I. Stjernquist, L. Barring, P. Schlyter, A. M. Jönsson, and Samuelsson, H., 2004. Recorded storm damage in Swedish forests 1901–2000. *Forest Ecology and Management*, 199 165–173.

Nicoll, B.C. and Ray, D. 1996. Adaptive growth of tree root systems in response to wind action and site conditions. *Tree Physiology* 16: 899-904.

Nicoll, B.C., Achim, A., Mochan, S. and Gardiner, B.A. 2005. Does steep terrain influence tree stability? - A field investigation. *Canadian Journal of Forest Research* 35:2360-2367.

Nicoll, B.C., Berthier, S., Achim, A., Gouskou, K., Danjon, F., and van Beek, L.P.H. 2006. The architecture of *Picea sitchensis* structural root systems on horizontal and sloping terrain. *Trees – Structure and Function*. 20: 701-712.

Nilsson C, Goyette S, Barring L (2007) Relating forest damage data to the wind field from high-resolution RCM simulations: case study of Anatol striking Sweden in December 1999. *Glob Planet Chang* 57:161–176.

Noji, E.K., 1991. Natural disasters. *Critical Care Clinics* 7, 271:292.

Peltola, H., Kellomäki, S., Väisänen, H., Ikonen, V.-P., 1999. A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch. *Can. J. For. Res.* 29, 647–661.

Persson (2008) What is Wrong with Extinction? Avhandling, Filosofiska institutionen, Lunds universitet.

Persson, J., 2004. Riskkommunikation och tillit. Miljö och hållbar utveckling: samhällsvetenskapliga perspektiv från en lundahorisont. (Red.) Wickenberg, P., Nilsson, A. och Steneroth Sillén, M. Studentlitteratur: 65-84.

Persson, P., 1975. Stormskador på skog – Uppkomstbetingelser och inverkan på skogliga åtgärder. Department of Forest Yield Research, Royal College of Forestry, Stockholm. Research Notes 36.

Pinto, J.G., Karremann, M.K., Born, K., Della-Marta, P.M. & Klawa, M., 2012. Loss potentials associated with European windstorms under future climate conditions. *Climate Research*, 54,1-20.

Pyatt, D. G. 1993. Multi-purpose forests on peatland. *Biodiversity and Conservation* 2, 548-555.

Quine, C. P., Coutts, M.P., Gardiner, B.A. and Pyatt, D.G. 1995. Forests and wind: Management to minimise damage. *Forestry Commission Bulletin* 114. London, HMSO.

RAK 2006 Studie av skador på fornlämningar i skogsmark. Rapport från Riksantikvarieämbetet 2006:2

RFRS, 2007. Rapport från Riksdagen 2007/08. Uppföljningen av hur stormen Gudrun hanterats inom transport och kommunikationsområdet.

Rockel, B., and K. Woth, 2007: Extremes of near-surface wind speed over Europe and their future changes as estimated from an ensemble of RCM simulations *Climatic Change*, 81(S1), 267-280.

Ross, A.N. & Vosper, S.B., 2005. Neutral turbulent flow over forested hills. *Quart. J. Roy. Meteo. Soc.*, 131, 1841.

Rossi, J.-P. , Samalensa, J.-C., Guyonb, D., van Haldera, I., Jactela, H., Menassieua, P. & Piou, D. 2009. Multiscale spatial variation of the bark beetle *Ips sexdentatus* damage in a pine plantation forest (Landes de Gascogne, Southwestern France). *Forest Ecology and Management*. 257, 1551-1557.

Rummukainen, M., 2012. Changes in climate and weather extremes in the 21st century. *WIREs Clim Change* 3, 115-129.

Sahlin, N. & Persson, J. (1994). Epistemic risk: The significance of knowing what one does not know. I Brehmer, B. & Sahlin, N. (Red.) *Future risks and risk management* (pp. 37-62), *Technology, risk, and society* vol 9. Kluwer.

Scaife, A.A., Spanghel, T., Fereday, D.R., Cubasch, U., Langematz, U. med flera, 2012. Climate change projections and stratosphere-troposphere interaction. *Climate Dynamics*, 38: 2089-2097.

Schelhaas, M.J., 2008a. Impacts of natural disturbances on the development of European forest resources: application of model approaches from tree and stand levels to large-scale scenarios. *Dissertationes Forestales* 56, *Alterra Scientific Contributions* 23.

Schelhaas, M. J. 2008b. The wind stability of different silvicultural systems for Douglas fir in the Netherlands: a modelling study. *Forestry* 81: 399-414.

Schindler, D., Grebhan, K., Albrecht, A., Schönborn, J. & Kohnle, U., 2012. GIS-based estimation of the winter storm damage probability in forests: a case study from Baden-Wuerttemberg (Southwest Germany). *Int J Biometeorol*, 56:57-69.

Schmidt, M., Hanewinkel, M., Kändler, G., Kublin, E. And Kohnle, U. 2010. An inventorybased approach for modelling single-tree storm damage – experiences with the winter storm of 1999 in southwestern Germany. *Can. J. For. Res.* 40: 1636-1652.

Schütz, J.-P., Götz, M., Schmid, W., and Mandallaz, D. (2006) Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. *European Journal of Forest Research* 125 (3) 291-302.

Seidl, R., & Blennow, K., 2012. Pervasive growth reduction in Norway spruce forests following wind disturbance. *PLOS ONE*, 7(3):1-8.
<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0033301>

SKA, 2012. Svenska kyrkans arbetsgivarorganisation.
<http://www.svenskakyrkan.se/default.aspx?di=730197>. Nedladdad 25 juni 2012.

Sommerville, A., 1980. Wind stability: forest layout and silviculture. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 10:476-501.

Seidl, R., & Blennow, K., 2012. Pervasive growth reduction in Norway spruce forests following wind disturbance. *PLOS ONE*, 7:1-8.
<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0033301>

Seidl, R., Schelhaas, M-J. & Lexer, M.J. 2011 Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology*, 17: 2842-2852.

SFA, 2010. *Skogsstatistisk Årsbok 2009*. Skogsstyrelsen, Jönköping.

Silins, U., Loeffers, V.J. and Bach, L. 2000. The effect of temperature on mechanical properties of standing lodgepole pine trees. *Trees* 14: 424-428.

Slovic, Paul. 1993. Perceived risk, trust, and democracy. *Risk analysis*, 13:675–682.

SMHI, 2011. Vind och storm i Sverige 1901-2010. Faktablad 51. SMHI, Norrköping.

SOU, 2006. Översvämningshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vänern. Delbetänkande, Klimat- och sårbarhetsutredningen. Regeringen. 2006: 94.

SOU, 2007. Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Klimat- och sårbarhetsutredningen. Regeringen. 2007:60.
www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334

Steenbergen, D.J.M., Koster, T. & Geurts, C.P.W., 2012. The effect of climate change and natural variability on wind loading values for buildings. *Building and Environment*, 55:178-186.

Stjernquist, P. 1972. *Laws in the forest. A study of public direction of Swedish private forestry.* Lund: Gleerup.

Stjernquist, P. 2001. Ordergivare eller rådgivare. Om skogsvårdsstyrelsernas strategi fram till 1990. In *Skogspolitisk historia. Rapport 8A*: ed. H. Ekelund and G. Hamilton. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Svensson, S.A, Bohlin, F., Bäcke, J.-O., Hultåker, O., Ingemarson, F., Karlsson, S. & Malmhäll, J., 2006. Ekonomiska och sociala konsekvenser i skogsbruket av stormen Gudrun. Rapport 12, Skogsstyrelsen, Jönköping.

SVO, 2005. Klimatförändringar och deras inverkan på Skogsbruket. Jönköping: Skogsstyrelsen.

SVO, 2006 Stormen 2005 – en skoglig analys. Meddelande Nr 1 från Skogsstyrelsen, Jönköping.

SVO 2012 <http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Skog-och-miljo/Tillstandet-i-skogen/Algbetningsskador/> Nedladdat 26 november 2012.

Södra (2010) Press release 08-01-2010. www.sodra.com

The Washington Post 2012. Nedladdad 29 november 2012.
<http://www.washingtonpost.com/blogs/liveblog/wp/2012/10/30/state-by-state-look-at-hurricane-sandy-damage/>

Törnqvist, T. 1995. *Skogsrikets arvingar. En sociologisk studie av skogsägarskapet inom privat, enskilt skogsbruk, Forskningsrapport 6.* Uppsala: SAMU.

Zmihorski, M., 2010. The effect of windthrow and its management on breeding bird communities in a managed forest. *Biodivers Conserv* 19:1871–1882

Ulanova, N.G. 2000. The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review. *Forest Ecology and Management* 135:155-167

Usbeck T., Wohlgemuth T., Dobbertin M., Pfister C., Bürgi A., Rebetez M., 2010a. Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. *Agri. Forest Meteo.* 150, 47-55.

- Usbeck, T., Waldner, P., Dobbertin, M., Ginzler, C., Hoffmann, C., Sutter, F., Steinmeier, C., Volz, R., Schneiter, G. & Rebetez, M., 2012. Relating remotely sensed forest damage data to wind data: storms Lothar (1999) and Vivian (1990) in Switzerland. *Theor Appl Climatol* (2012) 108:451–462.
- Valinger, E. & Lundqvist, L. 1992. The influence of thinning and nitrogen fertilisation on the frequency of snow and wind induced stand damage in forests. *Scottish Forestry* 46, 311- 320.
- Valinger, E. & Fridman, J., 2011. Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 262:398–403.
- Vanem, E., Huseby, A.B. & Natvig, B., 2011. A Bayesian hierarchical spatio-temporal model for significant wave height in the North Atlantic. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, 26: 609-632.
- von Storch, H. and Weisse, R., 2007. Regional storm climate and related marine hazards in the
- Wellpott, A. 2008. The stability of continuous cover forests. PhD thesis. University of Edinburgh, School of GeoSciences, Edinburgh.
- Wern, L. & Barring, L., 2009. Sveriges vindklimat 1901-2008 Analys av förändring i geostrofisk vind. Meteorologi Nr 138/2009, SMHI, Norrköping.
- White, P.S., Jentsch, A. (2001): The search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystem Dynamics. In: Esser, K., Lüttge, U., Kadereit, J.W., Beyschlag, W. (eds) *Progress in Botany Vol 62*; Berlin, Heidelberg, New York (Springer); pp. 399-450.
- Willis Limited, 2007. Windstorm Kyrill, 18 January 2007. Willis Analytics, London. Nedladdad 20 augusti 2012.

