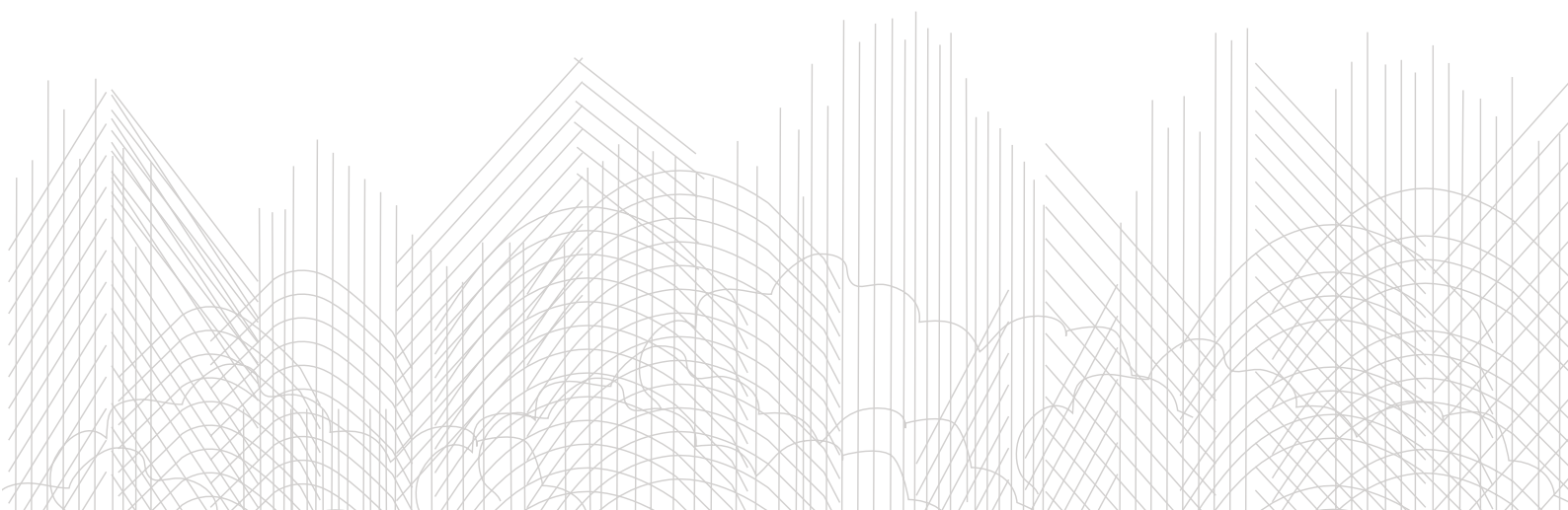
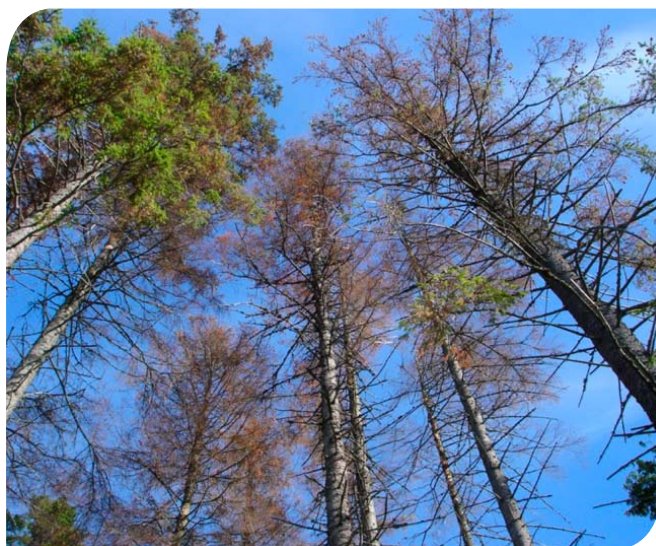


SKADOR PÅ SKOG



Skogsskötselserien är en sammanställning för publicering via Internet av kunskap om skogsskötsel utan ställningstaganden eller värderingar. Texterna har skrivits av forskare och har bearbetats redaktionellt både sakligt och språkligt. De är upphovsrättsligt skyddade och får inte användas för kommersiellt bruk utan medgivande.

I Skogsskötselserien ingår:

1. Skogsskötselns grunder och samband
2. Produktion av frö och plantor
3. Plantering av barrträd
4. Naturlig förnyring av tall och gran
5. Sådd
6. Rökning
7. Gallring
8. Stamkvistning
9. Skötsel av björk, al och asp
10. Skötsel av ädellövskog
11. Blädningsbruk
12. *Skador på skog*
13. Skogsbruk - mark och vatten
14. Naturhänsyn
15. Skogsskötsel för människan i skogen
16. Produktionshöjande åtgärder
17. Skogsbränsle
18. Skogsskötselns ekonomi
19. Skogsträdsförädling

Skogsskötselserien finansieras av Skogsstyrelsen, Skogsindustrierna, Sveriges lantbruksuniversitet och LRF Skogsägarna. Bidrag har även lämnats av Energimyndigheten för behandling av frågor som rör skogsbränsle och av Stiftelsen Skogssällskapet.

Styrgrupp för projektet:

Carl Appelqvist, Skogsstyrelsen (projektägare)
Arne Albrektson, SLU; ersatt i januari 2008 av Urban Nilsson, SLU
Jan-Åke Lundén, LRF Skogsägarna
Hans Winsa, Skogsindustrierna
Jonas Bergquist, Skogsstyrelsen

Projektledare: Clas Fries, Skogsstyrelsen

Skogsskötselserien – Skador på skog

Författare: Johanna Witzell, SLU (tematiska inledningar, redigering); Pia Barklund, SLU (almsjuka, askskottsjuka); Jonas Bergquist, Skogsstyrelsen (viltskador, skador av hare och kanin); Mattias Berglund, Skogssällskapet (rötsvampar, rottröta); Andreas Bernhold, SLU (törskate, snöskytte); Kristina Blennow, SLU (stormskador); Lennart Hanson, SLU (smågnagare); Per Hansson, SLU (snöskytte); Åke Lindelöw, SLU (granbarkborre, tallsteklar, granbastborre, barrätande insekter); Bo Långström, SLU (märgborrar); Göran Nordlander, SLU (snytbagge); Magnus Petersson, SLU (snytbagge); Jonas Rönnberg, SLU (rötsvampar, rottröta); Jan Stenlid, SLU (översikt om skogsskötsel och svampskador); Erik Valinger, SLU (abiotiska skador orsakade av vind, frost och snö); Kristina Wallertz, SLU (snytbagge); Jesper Witzell, Skogsstyrelsen (Gremmeniella, knäckesjuka); Inger Åhman, SLU (skador på salixodlingar).

Redaktör: Lasse Johansson, Mediehuset i Söderköping
Typografisk formgivning: Michael Håkansson, Textassistans AB
Grafisk profil: Louise Elm, Skogsstyrelsen
Illustrationer och sättning: Bo Persson, Skogsstyrelsen
Foto omslag: Petter Öhrn
Utgivning: Skogsstyrelsens förlag, www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien

Innehåll

Förord.....	8
SKADOR PÅ SKOG	9
TEMA I: SKOGSKADOR I SKOGENS OLIKA UTVECKLINGSFASER	10
Skogsskador – dynamisk samverkan	14
Skogsskador – från landskapsnivå till gennivå	15
Skadornas kostnader för skogsbruket	16
Rotröta.....	18
Vad är röta?.....	18
Typer av röta	18
Röta – ett ekonomiskt problem i skogsbruket.....	20
Rotticka (Heterobasidion spp.)	21
Förekomst	21
Biologi.....	22
Fruktkroppar och sporspridning.....	23
Den vegetativa spridningen i stubbar, rötter och stam.....	23
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	24
Beståndsanläggning	26
Hyggesvila	26
Plantmaterial	26
Markberedning	26
Föryngringsmetod	27
Planteringsförband	27
Röjning.....	27
Gallring	28
Vinteravverkning och stubbehandling	28
Gallring i rötinfekterade bestånd.....	29
Gallringsskador	30
Slutavverkning	30
Beståndsförbättrande åtgärder – gödsling och kalkning	30
Trädslagsval	31
Jämförande försök.....	33
Blandskog	33
Planering	34
Snöskytte.....	36
Förekomst	36
Biologi.....	37
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	38
Hyggesstorlek	38
Hyggesbehandling.....	38
Trädslagsval	38
Val av tallproveniens	39
Val av skogsodlingsmetod	39
Snytbaggen.....	40
Förekomst	40
Biologi.....	40
Skador	42
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	43
Utnyttjande av plantegenskaper	43

Hyggesvila	45
Insekticider	46
Plantskydd	47
Markberedning	50
Skärmställning	52
Kombinerade åtgärder	53
Större märgborren	56
Förekomst	56
Biologi	57
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	58
Mindre märgborren	59
Förekomst	59
Biologi	59
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	60
Röd tallstekel	62
Förekomst	62
Biologi	63
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	64
Liten tallstekel	66
Förekomst	66
Biologi	66
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	68
Svart granbastborre	69
Förekomst	69
Biologi	70
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	70
Barrätande insekter på tall	72
Förekomst	72
Biologi	72
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	73
Hjortvilt	74
Förekomst	74
Skador	75
Skottbete	75
Toppbrytning	76
Barknag och barkflängning	76
Fejning	77
Biologi	77
Föda	77
Spridningsstrategi	77
Åtgärder för att förebygga och minska skador	78
Förvaltning	78
Skydd	79
Hägn	79
Skrämselanordningar	79
Repellenter och plantskydd	79
Skogsskötselåtgärder	80
Beståndsstorlek	80
Planttyp	80
Trädslagsval	81

Naturlig föryngring	81
Röjning	81
Foderstimulerande åtgärder	82
Avverkning	82
Föryngring.....	82
Gödsling och dikning	83
Övrigt	83
Skador av hare och kanin	84
Förekomst	84
Biologi.....	84
Åtgärder för att förebygga och minska skador.....	85
Smågnagarskador	87
Förekomst	87
Biologi.....	87
Åkersork (<i>Microtus agrestis</i>).....	87
Vattensork (<i>Arvicola terrestris</i>).....	87
Skogssork (<i>Clethrionomys glareolus</i>).....	88
Skogsmöss (<i>Apodemus sp.</i>).....	88
Åtgärder för att förebygga och minska skador.....	88
Kemisk bekämpning	88
Gifter	88
Herbicider	88
Repellenter	88
Mekaniska hinder.....	88
Biotoppåverkan	88
Alternativa metoder	89
Skogsskötselåtgärder.....	89
TEMA II: GAMLA OCH NYA EPIDEMIER OCH UTBROTT – VAD HAR VI LÄRT?.....	90
Epidemier och utbrott kan långvarigt skada skogsbrukets förutsättningar ..	91
Epidemier och utbrott - vad har vi lärt?	93
Tallens knopp- och grentorka (<i>Gremmeniella</i>).....	96
Förekomst	96
Biologi.....	98
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	100
Förebyggande skogsskötsel	100
Trädslagsval, proveniens och ståndort	100
Markberedning, planttyp och plantering.....	101
Röjning.....	101
Gallring	102
Skötsel av infekterade bestånd.....	102
Hyggesrensning.....	102
Sanerande röjning, gallring och stamkvistning.....	102
Knäckesjuka	104
Förekomst	104
Biologi.....	104
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	106
Ståndortsfaktorer	106
Växtmaterial.....	107
Törskate.....	109

Förekomst	109
Biologi.....	109
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	111
Beståndsanläggning	111
Röjning och gallring	112
Stamkvistning	112
Gödsling	112
Slutavverkning	113
Almsjuka	114
Förekomst	114
Biologi.....	115
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	118
Askskottsjuka	120
Förekomst	120
Biologi.....	122
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	123
Granbarkborre	124
Förekomst	124
Biologi.....	125
Populationsdynamik.....	127
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	127
Övervakning.....	128
Bekämpning	128
TEMA III: INTENSIVARE SKOGSBRUK OCH FRAMTIDENS TEKNIKER –MÖJLIGHETER OCH RISKER	129
Uttag av GROT och stubbskörd.....	129
Intensivgödsling	132
Klonskogsbruk	134
Skador på salixodlingar.....	136
Bladrost	136
Förekomst	136
Biologi.....	136
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	137
Bladbaggar på vide	138
Förekomst	138
Biologi.....	138
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	139
Molekylärbiologi och bioteknik.....	140
Andra möjligheter att öka trädens motståndskraft	143
TEMA IV: KLIMAT OCH SKOGSSKADOR	144
Framtida klimatscenarier och skogsskador	147
Aktivt val av skogsskötselåtgärder kan minska klimatrelaterade skador ..	149
Abiotiska skador orsakade av vind, snö och frost.....	151
Makroklimatets betydelse för skadornas uppkomst.....	151
Klimatzoner.....	151
Altituden	151
Temperaturen	152
Nederbörden.....	153
Vind och snö	153
Mikroklimatets betydelse för uppkomst av skador	155

Skadebilder	159
Skogsskötsel för att förebygga och minska abiotiska skador	162
Föryngringsfasen.....	162
Frostskydd.....	162
Uppfrysningsskydd	163
Markbehandling	164
Sådd.....	164
Trädslagsval	164
Ungskogsfasen	164
Röjning.....	165
Gallringsfasen	165
Slutavverkningsfasen	166
Avverkningsplanering.....	166
Beståndsavveckling.....	166
Stormskador – aspekter på osäkerhet och risk.....	167
Förekomst	167
Orsaker till ökade vindskador	168
Framtidens klimat	170
Skogsskötsel för att förebygga och minska skador	171
Litteratur	177

Förord

Skogsskötselseriens del *Skador på skog* beskriver några grundläggande kopplingar mellan skogsskötselåtgärder och skogsskadornas förekomst och omfattning. Genom att presentera ett urval av enskilda skadeorsaker, svampar, insekter, däggdjur och klimatrelaterade skador får läsaren en inblick i den kunskapsutveckling som under senare år skett inom ämnet skogsskydd i Sverige. Däremot är avsikten med denna del inte att vara en handbok för praktisk bekämpning eller en komplett lista på skadegörare i våra skogar. För omfattande listor av skadegörarter och för mer detaljerade beskrivningar av deras biologi och effekter hänvisas till aktuella böcker^{1 2 3} och webbportaler⁴.

De utvalda skadegörarna behandlas i fyra tematiska avsnitt:

- Skogsskador i skogens olika utvecklingsfaser.
- Gamla och nya epidemier och utbrott – vad har vi lärt?
- Intensivare skogsbruk och framtidens tekniker – möjligheter och risker.
- Klimat och skogsskador.

Varje avsnitt inleds med en generell introduktion till temat. Därefter beskrivs enskilda skadegörare, deras förekomst och biologi, och de praktiska möjligheter som finns att minska skadorna genom skogsskötselåtgärder. Inom varje tematisk avsnitt fortskrider texten alltså från det generella mot det detaljerade. Delen kompletteras med en bilaga, *Skogsskötsel och svampskador – en översikt*, som ger en generell överblick över skadeproblematiken med fokus på de ekonomiskt kanske mest betydelsefulla skadorna, svampskadorna, i skogen.

Flera författare med expertis på olika skadegörare har bidragit till avsnittet. Ytterligare information om skadegörareproblematiken vid olika skogsskötselåtgärder finns även i Skogsskötselseriens övriga delar.

¹ Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1990). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag, Stockholm. 355 s.

² Pettersson, B. & Samuelsson, H. (1995). *Skador på barrträd*. Skogsstyrelsens Förlag. 304 s. ISBN 91-88462-22-6.

³ Jukka, L. (red.) (1988). *En bok om skogens hälsa: skogsskador och bekämpning av dem*. ISBN 951-9176-45-4 Helsingfors. 168 s.

⁴ <http://www-skogsskada.slu.se>

SKADOR PÅ SKOG

Skador i skogens olika utvecklingsfaser. I måttligt stora populationer och inom sina naturliga utbredningsområden är olika skadegörare viktiga för skogens ekologiska balans och hälsa. Genom att orsaka selektiv dödlighet bland träd och förlust av trädens olika delar bidrar de till styrning av skogens artsammansättning samt dess strukturella och funktionella mångfald.

Gamla och nya epidemier och utbrott. Trädens död är en naturlig del av det fungerande skogsekosystemet och skadegörare som ofta angriper försvagade träd har sin roll i denna process. Om skogens ekologiska balans förändras t ex på grund av klimatvariationer eller människans verksamhet, kan skadegörarepopulationer dock föröka sig ovanligt snabbt och kraftigt, samt spridas över stora arealer. Skadornas omfattning på enskilda träd och i bestånd ökar då till en nivå som medför stora och oväntade ekonomiska förluster för skogsägaren.

Intensivare skogsbruk och nya tekniker ger risker och möjligheter. I och med att kostnadseffektiviteten blir allt viktigare och inriktningen av skogsbruket mot produktion ökar, växer även intresset för intensivare skogsbrukskoncept som uttag av GROT, energived vid gallring, stubbskörd, intensivare gödslingsregimer, klonskogsbruk, åkerplantering, användning av främmande trädslag och genmodifierade träd. I dagsläget saknas vetenskapligt underlag för många frågor kring de nya konceptens inverkan på skogsskador. Teoretiskt sett medför dock alla nya koncept såväl risker för ökade skogsskador som möjligheter för ökad hälsa och tillväxt hos skogen.

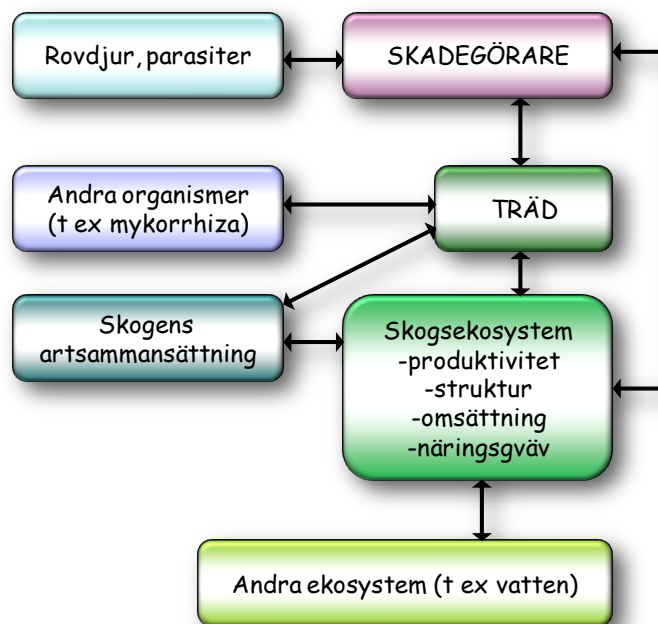
Klimatförändringar och skogsskador. Skogens hälsa påverkas starkt av klimatet. I samband med att osäkerheten om kommande klimatförhållanden har fått ökad uppmärksamhet inom forskningen och i debatten, har även intresset för klimatets direkta och indirekta påverkan på skogsskador ökat under de senaste åren.

TEMA I: SKOGSKADOR I SKOGENS OLIKA UTVECKLINGSFASER

I måttligt stora populationer och inom sina naturliga utbredningsområden är olika skadegörare viktiga för skogens ekologiska balans och hälsa ⁵. Genom att orsaka selektiv dödlighet bland växterna och förlust av växters olika delar bidrar de till styrning av skogens artsammansättning, samt dess strukturella och funktionella mångfald ⁶.

Skadeinsekter och skadesvampar bryter ned biomassa vilket underhåller omsättningen av kol- och näringsämnen i skogsekosystem. Skadegörarna är även själva viktig näring till flera andra organismer, t ex är skadeinsekter föda för många fågelarter i skogen ⁷ (figur SPS1).

Syftet med hållbar skogsskötsel är inte att utrota skadegörare eller helt hindra deras aktivitet i ett naturligt habitat. Däremot är målet att med hjälp av skogsskötselåtgärder *främja trädens motståndskraft och tolerans* mot skador, samt *begränsa skadegörarens förekomst till en måttlig nivå i tid och rum* (figur SPS2). Det är också viktigt att begrunda hur de åtgärder som syftar till att främja skogarnas biologiska mångfald påverkar skogarnas tillstånd.

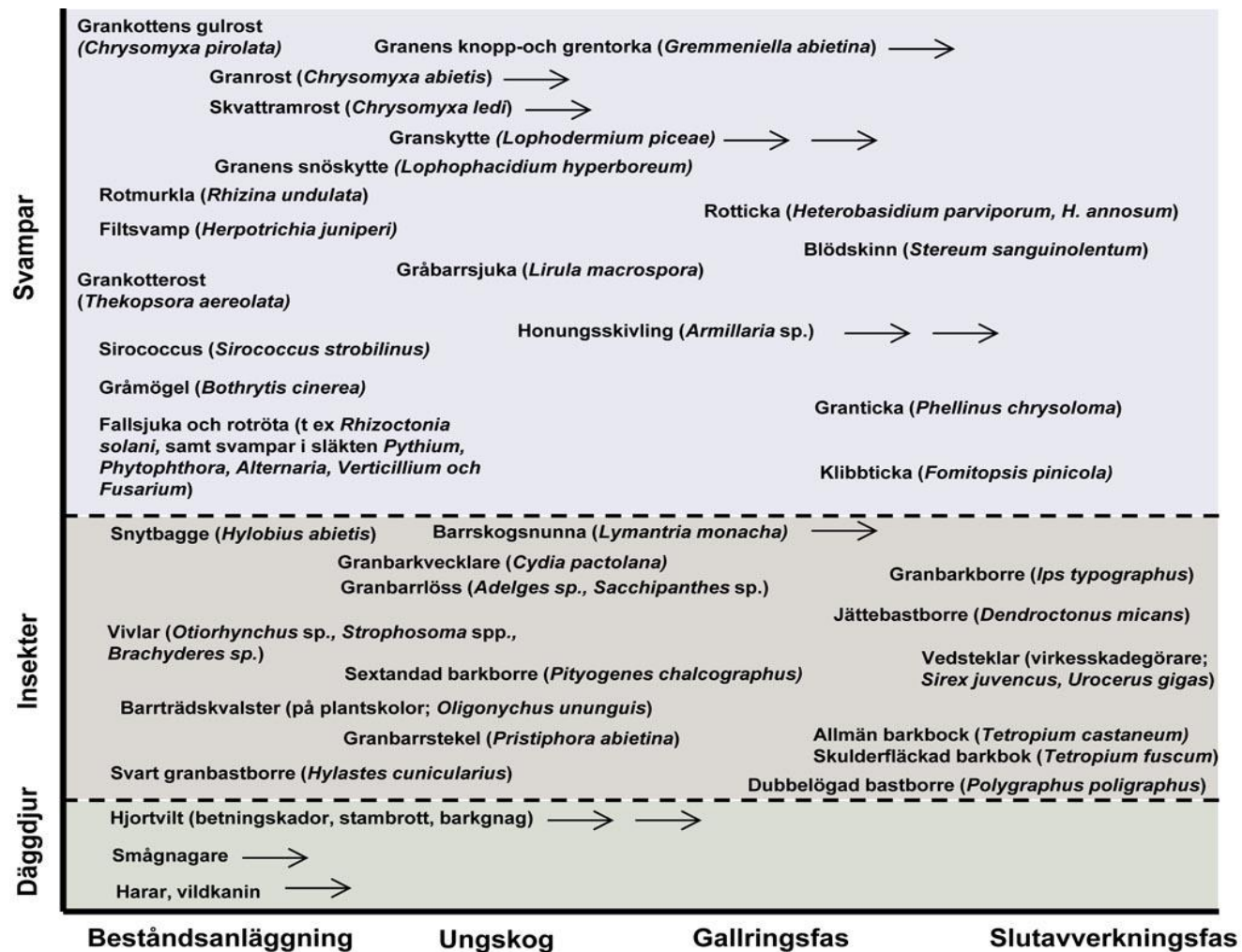


Figur SPS1 Skadegörare är en väsentlig del av skogssamhällets strukturella och funktionella mångfald (modifierad efter Lovett m fl (2006)). Bild Johanna Witzell.

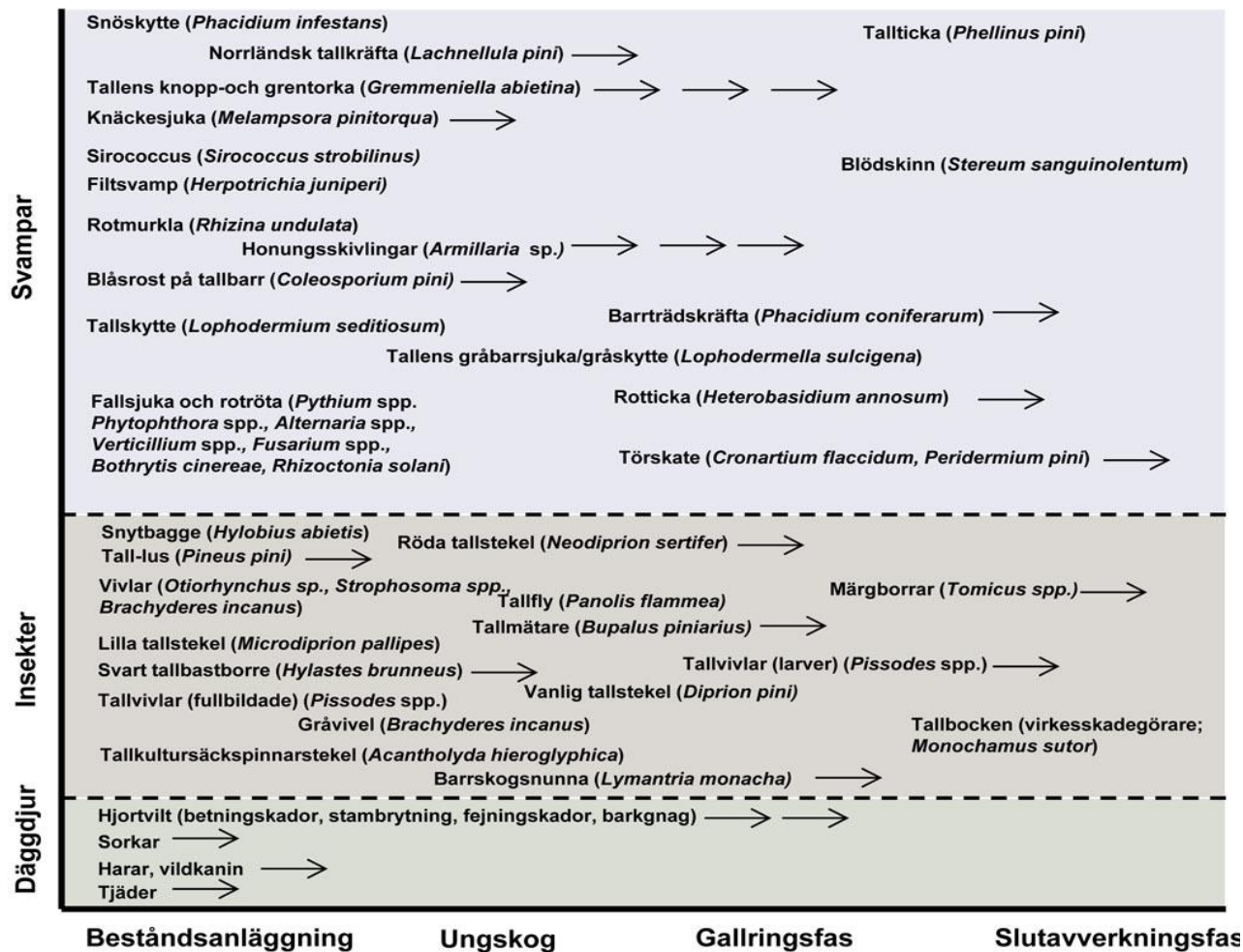
⁵ Van der Kamp, B.J. (1991). Pathogens as agents of diversity in forested landscape. *For. Chron.* 67: 353–354.

⁶ Stubblefield, C.H. Lundquist, J.E. & Van der Kamp, B. (2005). Forest Disease Impacts on Wildlife: Beneficial? I: Lundquist, J.E. & Hamelin, R.C (red.), *Forest Pathology – From Genes to Landscapes*. s. 95–103. APS Press.

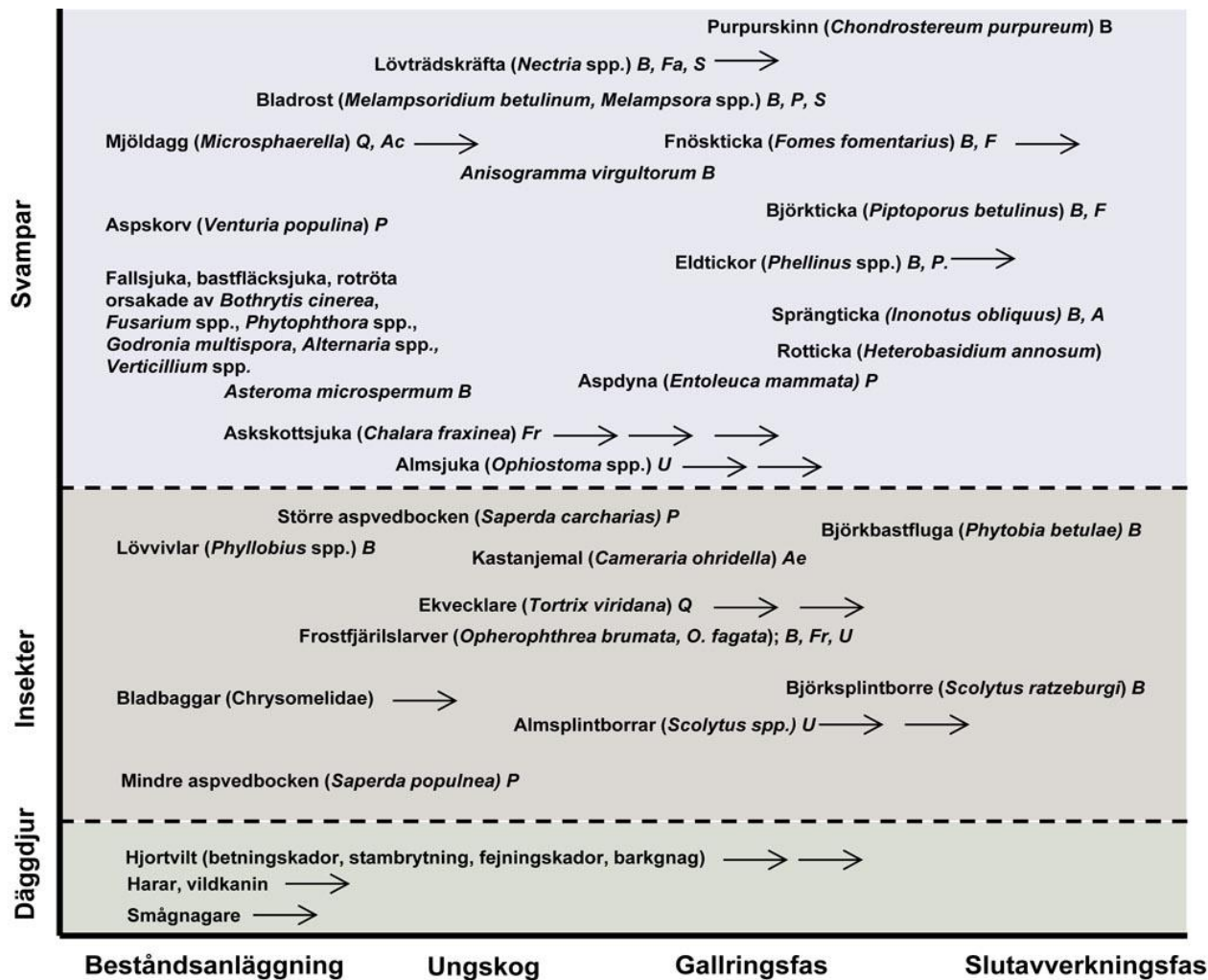
⁷ Lovett, G.M., Canham, C.D., Arthur, M.A., Weathers, K.C. & Fitzhugh, R.D. (2006). Forest ecosystem responses to exotic pests and pathogens in eastern North America. *Bio-science* 56: 395–405.



gur SPS2-a Några vanliga skogsskador på gran (*Picea abies*) i skogens olika utvecklingsfaser. Placering av en skadegörare längs x-axeln syftar främst till skadegörarens skogliga betydelse. En pil efter skadegörarens namn betyder att skadegöraren är betydelsefull även i nästa fas, två eller tre pilar att den skogliga betydelsen sträcker sig över flera faser. Bild Johanna Witzell.



Figur SPS2-b Några vanliga skogsskador på tall (*Pinus sylvestris*) i skogens olika utvecklingsfaser. Placering av en skadegörare längs x-axeln syftar främst till skadegörarens skogliga betydelse. En pil efter skadegörarens namn betyder att skadegöraren är betydelsefull även i nästa fas, två eller tre pilar att den skogliga betydelsen sträcker sig över flera faser. Bild Johanna Witzell.

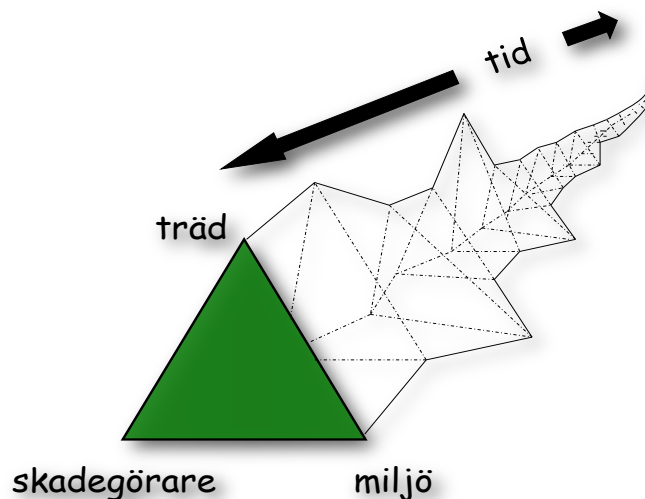


Figur SPS2-c Några vanliga skogsskador på lövträd. Förkortningar efter skadegörarens namn hänvisar till särskilda eller vanliga värdträdsarter: Ac, lönn (*Acer platanoides*); Ae, hästkastanj (*Aesculus hippocastanum*); B, björkar (*Betula* sp.); Fa, bok (*Fagus sylvatica*); F, ask (*Fraxinus excelsior*); P, aspar (*Populus* sp.); Q, ek (*Quercus robur*); S, Salix-arter (*Salix* sp.); U, almar (*Ulmus* sp.) i skogens olika utvecklingsfaser. Placering av en skadegörare längs x-axeln syftar främst till skadegörarens skogliga betydelse. En pil efter skadegörarens namn betyder att skadegöraren är betydelsefull även i nästa fas, två eller tre pilar att den skogliga betydelsen sträcker sig över flera faser. Bild Johanna Witzell.

Skogsskador – dynamisk samverkan

Skogsskador är resultatet av samverkan mellan träd och skadegörare. Insekter, svampar eller däggdjur använder träd som sin näring eller för sin förökning. Hur denna samverkan ser ut och fungerar påverkas av många faktorer. Exempelvis kan andra organismer (t ex mykorrhiza⁸, parasiter som livnär sig på skadegörare eller rovdjur som insektätande fåglar) påverka skadebildningen. Förutom av dessa så kallade biotiska faktorer påverkas skadebildningen starkt av klimatförhållanden⁹ (figur SPS3).

Alla dessa faktorer och därmed även resultat av deras samspel förändras med tiden. Till exempel genomgår en insekt- eller svamppopulation ofta flera generationer under trädets livstid¹⁰. Trädets motståndskraft mot en skadegörare kan vara starkt beroende av trädets utvecklingsfas och om den sammanfaller med skadegörarens aktiva fas¹¹. På grund av denna tidsmässiga dynamik i spelet är varken skadebildningen eller skadornas ekologiska och ekonomiska följder oföränderliga. Därför krävs fleråriga studier innan man pålitligt kan utvärdera trädets resistens mot skadegörare.



Figur SPS3 Det som vi ser som sjukdom eller skada (grön triangel i bilden) är resultat av samspel mellan skadegörare, värdväxt (träd) och omgivning (miljö). Alla dessa partners – och samtidigt deras förhållande till varandra – förändras i tid. Bild Johanna Witzell.

⁸ Bonello, P., Heller, W. & Sanderman, H. (1993). Ozone effects on root-disease susceptibility and defence responses in mycorrhizal and non-mycorrhizal seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *New Phytol.* 124: 653–663.

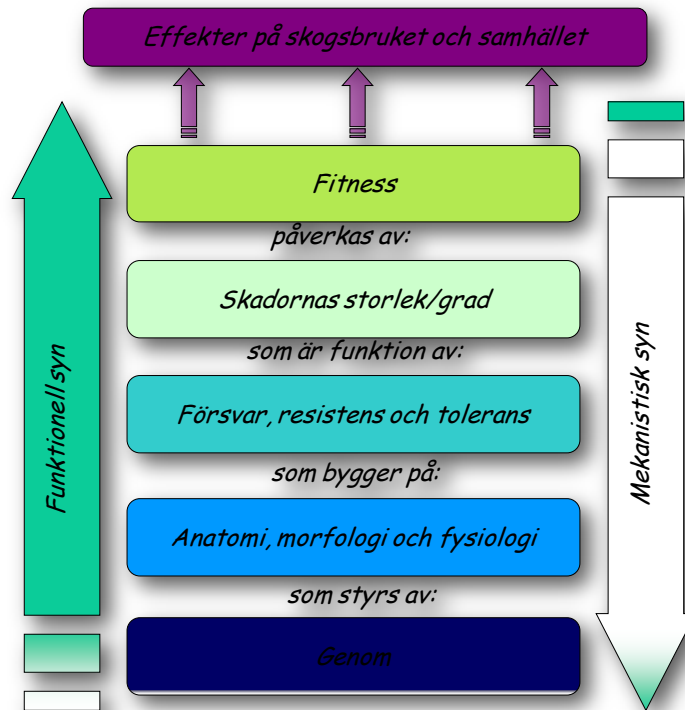
⁹ Harvell, C.D., Mitchell, C.E., Ward, J.R., Altizer, S., Dobson, A.P., Ostfeld, R.S. & Samuel, M.D. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296: 2158–2162.

¹⁰ Parry, D., Herms, D.A. & Mattson, W. J. (2003). Responses of an insect folivore and its parasitoids to multiyear experimental defoliation of aspen. *Ecology* 84: 1768–1783.

¹¹ Desprez-Loustau, M.-L. & Dupuis, F. (1994). Variation in the phenology of shoot elongation between geographic provenances of maritime pine (*Pinus pinaster*) – implications for the synchrony with the phenology of the twisting rust fungus, *Melampsora pini-torqua*. *Ann. Sci. For.* 51: 553–568.

Skogsskador – från landskapsnivå till gennivå

Skadegörarnas effekter kan betraktas på flera funktionella nivåer (figur SPS4). För att kunna utveckla hållbara och kostnadseffektiva skogsskyddsstrategier mot olika skadegörare, behövs grundläggande förståelse om hur samspelet mellan skadegörare och träd fungerar på olika nivåer.



Figur SPS4 Skogsskador är verksamma på olika funktionella nivåer. Bild Johanna Witzell.

Skadornas förekomst och storlek varierar kraftigt i skogslandskapet, vilket kan försvåra kontroll av skadegörare på beståndsnivå. Numera har man dock börjat betona att kunskaper om skadegörarnas rumsliga variation i landskapet kan ge nya möjligheter till praktiskt skogsskydd¹². Om man till exempel kan identifiera de områden som är kritiska för skadegörarepopulationernas förökning, samt genom skoglig planering påverka deras utbredning i landskapet, kan skogsskadornas frekvens och magnitud på långt sikt minskas. Ökad samverkan mellan skogspatologer och landskapsekologer¹³ skulle därför kunna ge viktigt underlag för framtidens skogsskyddsstrategier.

I samspelet mellan träd och skadegörare aktiveras trädens fysiologi och ämnesomsättning. I dag kan man studera detaljer i trädens reaktioner och

¹² Lundquist, J.E. (2005). Landscape Pathology – Forest Pathology in the Era of Landscape Ecology. I: Lundquist, J.E. & Hamelin, R.C (red.), *Forest Pathology – From Genes to Landscapes*, s. 155-165. APS Press.

¹³ Lundquist, J.E. (2005). Landscape Pathology – Forest Pathology in the Era of Landscape Ecology. I: Lundquist, J.E. & Hamelin, R.C (red.), *Forest Pathology – From Genes to Landscapes*, s. 155-165. APS Press.

försvar även på cell- och gennivå. Bättre kunskaper kring trädens responser på de här nivåerna kan öka precisionen i skogsträdsförädlingen ¹⁴.

Trädens funktioner och egenskaper påverkas av skador:

- **Fotosyntes** (t ex aspiskorv, *Venturia macularis*, och kastanjemal, *Cameraria ohridella*, som orsakar nekros ¹⁵ på blad).
- **Transport av vatten och näringsämnen** mellan rötter och ovanjordiska delar (t ex törskate som orsakar stamsår, vissnesjukdomar som orsakas av vedlevande svampar och sprids av barkborrar, samt beteskador av hare).
- **Intag av vatten och näringsämnen** via rötter samt mekanisk uthållighet (t ex rötsvampar; vedlevande asiatiska långhorningar, *Anoplophora* sp.; sorkskador).
- **Förökning** (t ex grankotterost, *Thekopsora areolata*, eller granfrögallmygga, *Plemeliella abietina*).
- **Försvar och motståndskraft** mot andra skadegörare eller stressfaktorer (t ex björkrost, *Melampsorium betulinum*, kan minska trädens frosthärdighet).
- **Vedkvalitet** (t ex rötsvampar, blånadssvampar eller björkbastfluga, *Phytobia betulae*).

Skadornas kostnader för skogsbruket

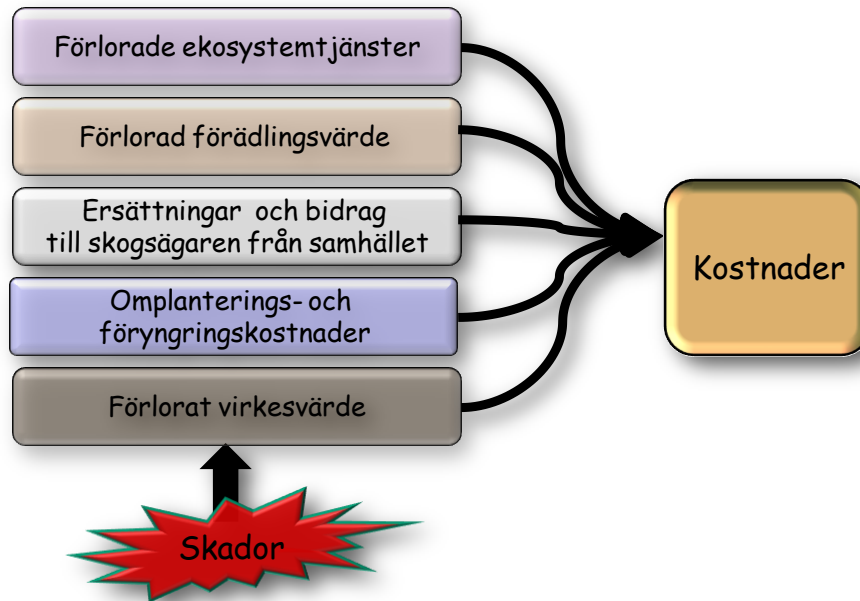
Friska träd är en grundförutsättning för lönsamt skogsbruk. Vikten av produktionsskogarnas goda hälsa och livskraft ökar ytterligare när trycket på användning av skogar till annat än virkesproduktion tilltar, t ex rekreation, och naturvård.

Hur stora och vilken typ av skador som accepteras av skogsbruket beror på vilka mål man har satt för skogens skötsel. Jämfört med i naturreservaten tolereras enbart låga skadenivåer i produktionsskogar, och mer skador i virket kan accepteras vid massaproduktion jämfört med till exempel möbelvirkesproduktion. Kostnader som kroniska och epidemiska skogsskador orsakar består av flera komponenter, ackumuleras över tiden och berör inte bara skogsägaren utan hela samhället (figur SPS5). Den totala kostnaden orsakad av en enskild skogsskada är därför svår att uppskatta ¹⁶. Ett försök till uppskattning av några av skogsskadornas kostnader för skogsbruk och samhälle redovisas i tabell SPS1.

¹⁴ Hamelin, R. (2005). Forest Pathology in the Era of Genomics. I: Lundquist, J.E. & Hamelin, R.C (red.), *Forest Pathology – From Genes to Landscapes*, s. 1–9. APS Press.

¹⁵ Sjuklig död av celler och vävnader.

¹⁶ Holmes, T. P. (1991). Price and welfare effects of catastrophic forest damage from Southern Pine Beetle epidemics. *For. Sci.* 37: 500–516.



Figur SPS5. Skogsskadornas kostnad omfattar mycket mer än förlorat virkesvärde.

Tabell SPS1 Uppskattade kostnader för några skogsskador.

Skadeorsak	Uppskattad kostnad
Rotröta	0,5–1 miljard kr per år
Snytbagge	100-tals miljoner kr per år ¹⁷ 0,5–1 miljard kr per år (utan plantskydd) ¹⁸ Permetrinstoppet: ca 550 miljoner kr per år ¹⁹
<i>Gremmeniella</i>	1–1,5 miljarder kronor (epidemi 2001–2003) ²⁰
Beteskador av älg	100-tals miljoner kr per år ²¹ 80 miljoner kr per år om hälften av tallhuvudstammarna har kador (30 miljoner kr om 20 % skadats) ²²
Almsjuka	Text bekämpning i Malmö 1984–1995: 6,7 miljoner kr ²³
Stormen Gudrun	21 miljarder kronor ²⁴

¹⁷ Weslien, J. (1998). Vad kostar snytbaggaskadorna? *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademins Tidskrift* 137: 19–22.

¹⁸ Samuelsson, H. & Örlander, G. (2001). Skador på skog. *Rapport 80–2001*. Skogsstyrelsen.

¹⁹ Thuresson, T., Samuelsson, H. & Claesson, S. (2003). Konsekvenser av ett förbud mot mermertrinbehandling av skogsplantor. *Meddelande 2-2003*. Skogsstyrelsen

²⁰ Hansson, P., Persson, M. & Ekvall, H. (2005). An estimation of economical loss due to the *Gremmeniella abietina* outbreak in Sweden 2001–2003. I: Stanosz, G. R. & Stanosz, J. C.: Foliage, shoot and stem diseases. *Proceedings of the Meeting of IUFRO Working Party 7.02.02*. Corvallis, Oregon, USA, June 13–19 2004, s- 67–69.

²¹ Jägareförbundet (www.jagareforbundet.se/Viltet/Viltvetande/Artpresentationer/Alg).

²² Glöde, D., Bergström, R. & Pettersson, F. (2004). Intäktsförluster på grund av äldbetning av tall i Sverige. *SkogForsk Arbetsrapport 570*. 30 s.

²³ http://chaos.bibul.slu.se/sll/slu/grona_fakta/GFA97-06/GFA97-06.HTM

Rotröta

Rotröta är ett samlingsnamn för skador som orsakas av ett antal vednedbrytande svampar. Viktigaste svampen för svenskt vidkommande är rottickan som orsakar ekonomiska förluster i miljardklassen årligen. De mest kända förlusterna drabbar granen men den är långt ifrån det enda trädslag som angrips. Med kunskap om hur olika skogsskötselåtgärder påverkar rottickans spridning och med rätt planering finns dock förutsättningar för att hålla angreppen i schack.

Vad är röta?

Röta i levande träd orsakas av sjukdomsalstrande – patogena – svampar. I Sverige är de viktigaste rötsvamparna rotticka (*Heterobasidion* spp.), honungsskivling (*Armillaria* spp.) och blödskein (*Stereum sanguinolentum*). Svamparna bryter ned cellulosa och lignin i veden och utnyttjar dessa som näring. Det är oftast när en synbar missfärgning av veden uppträder som man talar om rötskador. När angreppet pågått en tid sker en strukturförändring då cellulosan eller ligninet bryts ned. Veden blir lösare och när nedbrytningen har fortgått tillräckligt länge och nästan all cellulosa och lignin har förbrukats uppstår ett hål i trädet^{25 26}.

Typer av röta²⁷

Brunröta

- Svampen bryter ner cellulosa och hemicellulosa, den bruna färgen ges av det återstående ligninet.
- Typisk för barrträd.
- Veden försvagas kraftigt och får en skör och pulvrig struktur eller spricker upp i kubiska stycken.
- Orsakas av *basidiesvampar* (klass Basidiomycetes), t ex svavelticka (*Laetiporus sulphureus*).

Mjukröta

- Svampen förtär cellulosa och hemicellulosa men även lignin.
- Veden blir mjuk och mörknar ofta (kan även angripa impregnerad virke, t ex stoplar).
- Orsakas av *sporsäcksvampar* (klass Ascomycetes), t ex stubbdyna (*Kretzschmaria deusta* (*Ustulina deusta*)).

²⁴ <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/05245f39.pdf>

²⁵ Solheim, H. (2005). White rot fungi in living Norway spruce trees at high elevation in southern Norway with notes on gross characteristics of the rot. I: Forest pathology research in the Nordic and Baltic countries 2005 (Solheim H & Hietala AH, red.). *Aktuellt fra skogforskningen* 1/2006: 5–12.

²⁶ Highley, T.L. & Illman, B. L. (1991). Progress in understanding how brown rot fungi degrade cellulose. *Biodet. Abstr.* 5: 231–244.

²⁷ Schwartze, F.W., Engels, J. & Mattheck, C. (2000). Fungal strategies of wood decay in trees. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 185 s.

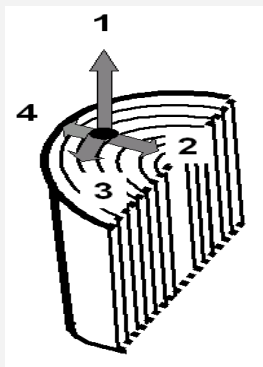
Vitröta

- Svampen kan fullständigt bryta ner alla vedkomponenter, dvs även lignin som i vissa fall bryts ner samtidigt med andra komponenter, i andra fall återstår ljusare cellulosa längre (selektiv delignifiering).
- Typisk för lövträd, men selektiv delignifiering är vanlig även hos barrträd.
- Trådlig struktur; även korrosions- eller fläckröta med ”risgrynsstruktur” räknas ibland till vitröta.
- Orsakas av olika basidiesvampar (t ex honungsskivling, Armillaria, och rotticka, Heterobasidion sp.) och några sporsäcksvampar.

CODIT – Compartmentalization of Decay in Trees

CODIT, begränsning av röta i träd, är en modell som utvecklades av Alex Shigo. Modellen beskriver hur träden begränsar rötans spridning med hjälp av sitt inre försvarssystem som består av kemiska och fysiologiska processer. Dessa aktiveras i veden när träd skadas.

I CODIT-modellen beskrivs ”väggar”²⁸ – en term som i detta sammanhang bör uppfattas som en hjälp att föreställa sig processen, inte som en fysisk struktur. Tre väggar (reaktionszoner) begränsar rötans spridning i den ved som bildats före patogeninfektion: 1) i xylemet²⁹ (skyddar axialt); 2) i årsringarna (skyddar inåt i trädet); 3) i vedstrålarna (hindrar lateral spridning). Den fjärde ”väggen” är en barriärzon som bildas av trädets nya vävnader (kambiet). Den kan hindra rötans spridning till den ved som bildats efter att svampen infekterat trädet. Med hjälp av de tre reaktionszonerna och en barriärzon kan träden läka sårtytor och begränsa skadans spridning.



CODIT tillämpas i praktiken. Till exempel studerar arborister modellen för att planera korrekta trädvårdsinsatser som beskärningar eller fällningar. Detta är viktigt i stadsmiljöer där rötangripna träd lätt bryts sönder till exempel starka vindar och utgör fara för människor och egendom³⁰.

²⁸ Se: <http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/misc/treedecay/cover.htm>.

²⁹ Kärnväxternas lednings- och mekanisk stödjande vävnad kallas *xylem*.

³⁰ Terho, M. & Hallaksela, A-M. (2005). Potential hazard characteristics of *Tilia*, *Betula*, and *Acer* trees removed in the Helsinki City Area during 2001–2003. *Urban Forestry & Urban Greening* 3: 113–120.

Röta – ett ekonomiskt problem i skogsbruket

Röta skapar stora problem för skogsbruket. Den totala årliga ekonomiska förlusten till följd av rötangrepp har uppskattats till 0,5–1 miljard kr per år för svenska skogsägare³¹. Värdeförlusterna orsakas av direkta eller indirekta faktorer kopplade till rötangrepp.

Direkta värdeförluster:

- kvalitetsnedsättningar på virket
- tillväxtförluster för angripna träd
- mortalitet för angripna träd.

Indirekta värdeförluster

- ökad risk för stormfällning av angripna träd
- ökad risk för snöbrott för angripna träd.

Kan man nyttja rötsvampar i skogsskötseln?

Sly, oftast lövträd, kan anses vara ett problem i barrträdsföryngringar. För att förhindra att t ex björksly tar över i föryngringar användes tidigare kemikalier. Numera görs bekämpning oftast genom röjningar som dock ofta måste upprepas flera gånger vilket försämrar det ekonomiska resultatet. En möjlighet att hindra lövträdens skottbildning från stubbar efter första röjning är att använda rötsvampar som mycoherbicer. I Finland har man visat att det går att minska antalet levande björkstubbar och skottbildningar per stubbe genom att behandla stubbarna med rötsvampen *Chondrostereum purpureum* (purpurskinn) (figur SPS6)³².



Figur SPS6 *Chondrostereum purpureum* på en björkstubbe. Foto Johanna Witzell.

³¹ Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. (2004). Räkna med rottröta – nytt hjälpmedel för skoglig planering. *Resultat från Skogforsk* nr 13.

³² Vartiamaäki, H., Hantula, J. & Uotila, A. (2009). Effect of application time on the efficacy of *Chondrostereum purpureum* treatment against the sprouting of birch in Finland. *Can. J. For. Res.* 39: 731–739.

Rotticka (*Heterobasidion* spp.)

Förekomst

I Sverige är den rotröta som orsakas av rottickan (*Heterobasidion* spp., figur SPS7) den vanligaste och allvarligaste³³. Rottickan förekommer över hela landet med undantag för fjälltrakterna. Den sägs vara vanligare i södra delarna av landet, en uppgift som inte helt stöds av alla forskare. I vissa områden i Norrlands inland, speciellt på Jämtlands kalkrika kambrosilurmarker är angrepp av rottickan mycket vanliga.

Hos granen är rottickan mycket vanlig och svarar för cirka 75 % av alla rötangrepp i landet. Omkring 15 % av alla svenska granar i slutavverkningsmogen ålder är angripna av rottickan³⁴. För vissa delar av landet är andelen mycket högre och det är inte ovanligt att man finner så mycket som 75 % av granarna vid en slutavverkning angripna. Det motsvarar ca 20 % av beståndets virkesvolym.

Förutom gran, drabbas även tallen hårt på vissa ställen, speciellt på väl-dränerade marker med högt pH-värde. Sjukdomsförloppet på tall ser annorlunda ut än för granen då tallen för det mesta dör till följd av angrepp. Lövträd är generellt mindre känsliga än barrträd.



Figur SPS7 Stormfälld gran med röta i rötterna orsakad av rottickan. Foto Jonas Rönnberg.

³³ Stenlid, J. (1987). Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 2:187–198.

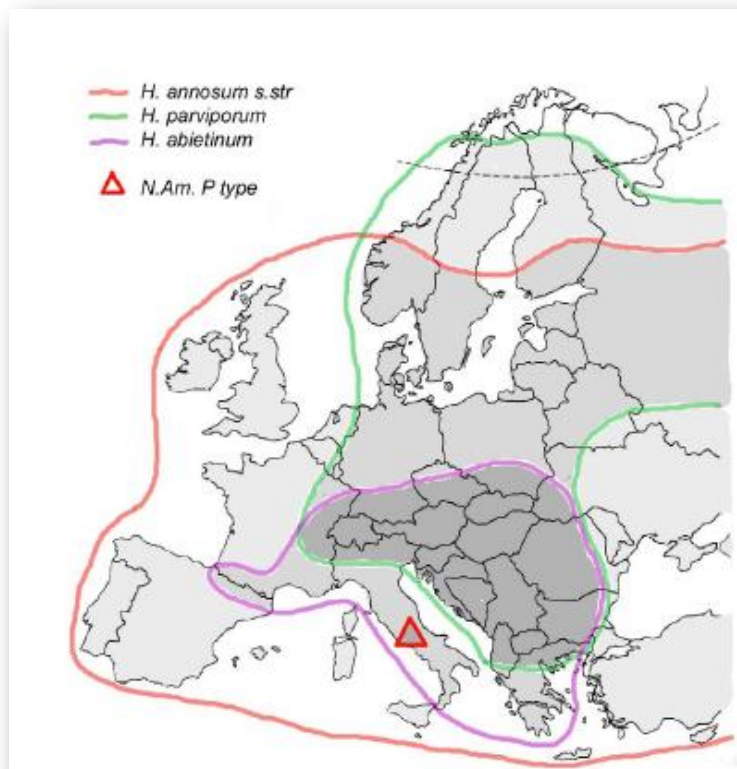
³⁴ Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. (2004). Räkna med rotröta – nytt hjälpmedel för skoglig planering. *Resultat från Skogforsk* nr 13.

Biologi

Tre arter av rotticka har identifierats i Europa, *Heterobasidion annosum*, *Heterobasidion parviporum* och *Heterobasidion abietinum*³⁵. Tidigare talades det istället om tre undergrupper som betecknades med P (*H. annosum*), S (*H. parviporum*) och F (*H. abietinum*). Grupperna fick sina namn efter sina huvudsakliga värdpreferenser:

- P = Pine (tall)
- S = Spruce (gran)
- F = Fir (ädelgran).

I Sverige återfinns P- och S-typerna. F-typen finns längre söderut i Europa där olika ädelgranar har sin naturliga utbredning (figur SPS8). S-typen breder ut sig över i princip hela Sverige och angriper nästan bara gran. P-typen däremot har en mer sydlig utbredning och det nordligaste kända fyndet är från Gävletrakten. Den kan angripa en mängd olika trädslag, till exempel gran, tall, lärk, björk, ek m fl.



Figur SPS8 Utbredningen av de tre arterna av rotticka i Europa ("N. Am. P type" = *H. annosum* Nordamerikansk P-typ). Karta Kari Korhonen.

³⁵ Korhonen, K., Capretti, P., Karjalainen, R. & Stenlid, J. (1998). Distribution of *Heterobasidion annosum* intersterility groups in Europe. I: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R. and Hüttermann A. (red.), *Heterobasidion annosum: Biology, ecology, impact and control*, CAB International, s 93–104.

Fruktkroppar och sporspridning

Rottickans primära spridning sker med luftburna sporer som landar och gror på färsk blottad ved³⁶. Sporererna produceras i fruktkroppar (figur SPS9) som växer på rötter av angripna träd eller stubbar. Sporspridningen sker vid temperaturer över 0 °C. Vintertid finns i allmänhet få sporer i luften medan sommartid är högsäsong för sporena. Kraftigt och ihållande regn, mycket torr väderlek, ett sammanhängande snötäcke är alla faktorer som missgynnar sporspridning. Temperaturen är dock den viktigaste parametern som påverkar sporspridningen i Sverige. Risken att färska stubbytor drabbas av sporinfektioner är lägre vid våt väderlek och vintertid men skiljer inte så mycket mellan norra och södra Sverige under högsäsongen³⁷.



Figur SPS9 Bild på vitlysande fruktkroppar av rotticka på en granstubbe.
Foto Mattias Berglund.

Av alla sporer som släpps från fruktkropparna landar 99 % inom 100 m från källan. Närheten till fruktkropparna är således viktig för hur stor risk man löper att få infektioner av rottickan. Vid turbulenta vindar kan dock sporer virvla högt upp i luftlagren och transporteras långa vägar. Man har funnit att sporer kan flyga så långt som 500 km^{38 39}.

Den vegetativa spridningen i stubbar, rötter och stam

Rottickans sporer angriper färsk, blottlagd ved som kan utgöras av stubbytor, stam- eller rotskador. Stubbytorna utgör den viktigaste inkörsporten för rottickan. Sporererna landar på stubben som är mottaglig för infektion

³⁶ Rishbeth J. (1951). Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations. II. Spore production, stump infection and saprophytic activity in stumps. *Ann. Bot.* 15: 1–21.

³⁷ Rönnberg, J., Berglund, M. & Norman, J. (2006). *Rotrötan*. Tillgänglig på: <http://www-gran.slu.se/Webbok/webbok.htm>.

³⁸ Kallio, T. (1970). Aerial distribution of the root-rot fungus *Fomes annosus* (Fr.) Cooke in Finland. *Acta For. Fenn.* 107: 1–55.

³⁹ Rishbeth, J. (1959). Dispersal of *Fomes annosus* Fr. and *Peniophora gigantea* (Fr.) Massee. *Transact. Brit. Mycol. Soc.* 42: 243–260.

under 2–4 veckor efter det att trädet fällts⁴⁰. Väl etablerad på stubbytan växer rottickans *mycel* (väv av svamptrådar, *hyfer*) ned i stubben. I granstubbar kan rottickan under det första året växa in upp till 50 cm.

Efter etableringen i stubben söker rottickan ny näring genom att växa över till de friska närstående trädens rötter⁴¹. Svampen sprider sig dock inte fritt i marken utan är hänvisad till ved. Svampen kan sprida sig över ganska stora områden via rotkontakter med intillstående levande träd. Rottickan övervinner effektivt det aktiva försvar som träd har för att skydda sig mot svampangrepp. I rötterna av ett levande träd är dock svampens tillväxthastighet mycket lägre jämfört med i döda eller döende rötter hos en stubbe⁴², troligen på grund av trädens försvarssystem.

Tillväxthastigheten sjunker ytterligare när svampen når stammen och börjar växa uppåt. Rottickan kan sprida sig högt i träden. I de flesta fallen stannar spridningen av i stammen vid ca 3 m. Det finns trots detta uppmätta röthöjder i gran och även hybridlärk på 15 m. Röthöjden är givetvis intressant att känna till redan när man avverkar ett träd. Det är då lättare att aptera trädet korrekt. Oftast verkar det bästa vara att kapa av 3 m av stammen när det finns röta i stubbskäret. Det finns dock en klar koppling mellan röttdiametern och röthöjden – röthöjden är ca 20 gånger så stor som röttdiametern i stubbskäret⁴³. Det skulle därigenom vara teoretiskt möjligt att göra en skattning av var den första rötade stambiten skall kapas från det nyligen avverkade trädet. Spridningen kring medeltalet är trots den klara korrelationen ändå så pass stor att det i praktiken kan vara svårt att göra en tillräckligt precis bedömning⁴⁴.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

De flesta av de skötselåtgärder som görs under en omloppstid påverkar i någon form utvecklingen av rötangreppen⁴⁵. Skogsbruket med ett stort antal ingrepp under en omloppstid skapar många potentiella inkörsportar för rottickan i form av stubbar och skador på stammar och rötter. Det faktum att avverkningsåtgärder även utförs den varma delen av året, då rottickans sporer sprids som mest, förvärrar problematiken.

I varje enskilt bestånd finns två huvudkomponenter som kan påverka utvecklingen av rottickans angrepp. Den första komponenten är ståndortsfak-

⁴⁰ Bendz-Hellgren (1997). *Heterobasidion annosum* root and butt rot of Norway spruce, *Picea abies*: colonization by the fungus and its impact on tree growth. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae – *Silvestria* 41.

⁴¹ Stenlid, J. & Redfern, D.B. (1998). Spread within the tree and stand. I: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R. and Hüttermann A. (red.), *Heterobasidion annosum: Biology, ecology, impact and control*, CAB International, s. 125–142.

⁴² Pettersson, M., Rönnberg, J., Vollbrecht, G. & Gemmel, P. (2003). Effect of thinning and *Phlebiopsis gigantea* stump treatment on the growth of *Heterobasidion parviporum* inoculated in *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 18: 362–367.

⁴³ Stenlid, J. & Redfern, D.B. (1998). Spread within the tree and stand. I: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R. and Hüttermann A. (red.), *Heterobasidion annosum: Biology, ecology, impact and control*, CAB International, s. 125–142.

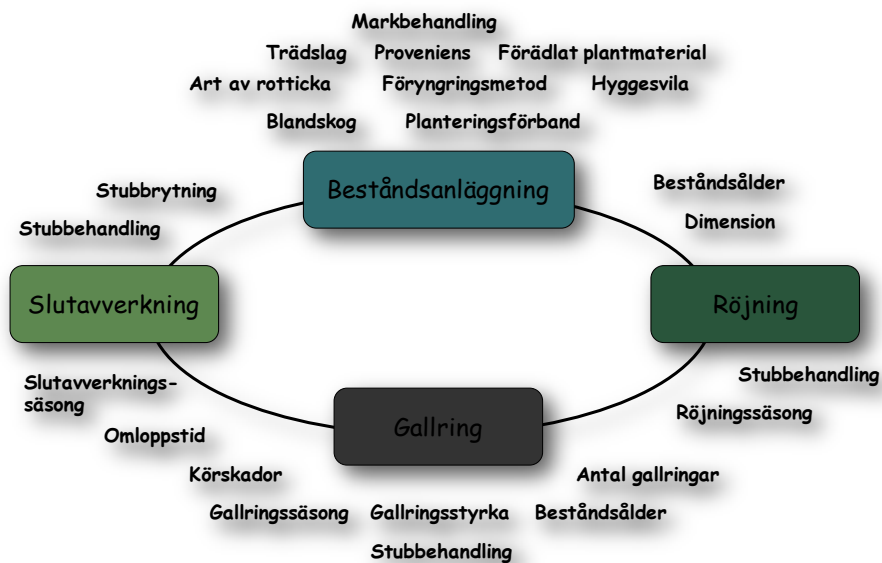
⁴⁴ Pukkala, T., Möykkynen, T., Thor, M., Rönnberg, J. & Stenlid, J. (2005). Modeling infection and spread of *Heterobasidion annosum* in even-aged Fennoscandian conifer stands. *Can. J. For. Res.* 35: 74–85.

⁴⁵ Piri T. (2003). *Silvicultural control of Heterobasidion root rot in Norway spruce forests in southern Finland*. PhD Thesis, Helsinki Univ.

torerna. Förutom sluttningsriktning som inte verkar ha någon större betydelse, verkar ståndortsfaktorerna vara viktiga för rottickans förekomst:

- **Altitud** – ju högre över havet, desto mindre rotticka.
- **Lokal topografi** – mer rotticka på krön, kullar och åsar än i svackor.
- **Jordart och jordmån** – generellt ökar riskerna med ökad bördighet. Sandiga marker är ofta utsatta och även gamla jordbruksmarker.
- **pH-värdet** – den enskilt kanske viktigaste ståndortsfaktorn. Högre pH-värden ger mer röta. Ofta är höga pH-värden kopplade till kalkrik berggrund. Kända kalkområden med dokumenterat mycket röta är t ex Storsjöbygden i Jämtland och Gotland.
- **Fuktighet** – mer rotticka på torra marker än på blöta.

Ståndortsfaktorerna är givna och svåra att ändra för skogsskötaren. Den andra komponenten är *skötseln* och det är här man kan påverka rötutvecklingen. Många skötselbeslut ska tas under en omloppstid och de flesta av dessa beslut kommer att påverka den kommande rötutvecklingen i mer eller mindre hög grad (figur SPS10).



Figur SPS10 Under en omloppstid ska många beslut tas och det finns många faktorer som påverkar rötutvecklingen. Källa: Rönnberg m fl (2006)⁴⁶. Bildbehandling Johanna Witzell.

De följande avsnitten tar upp hur olika skötselåtgärder påverkar rötutvecklingen. Trädslagsvalet är ett av de absolut viktigaste, inte minst ur rötrötesynpunkt, och tas därför upp separat.

⁴⁶ Rönnberg, J., Berglund, M. & Norman, J. (2006). *Rotrötan*. Tillgänglig på: <http://www-gran.slu.se/Webbok/webbok.htm>.

Beståndsanläggning

Ur rotrötesynpunkt är det i samband med beståndsanläggning viktigt att först och främst utvärdera vilket utgångsläge man har. Vad fanns på marken tidigare? Stod där kraftigt rötad gran eller är det en gammal åkermark som ska beskogas?

I det senare fallet är utgångsläget det bästa möjliga, dvs beståndet är helt fritt från röta. Vi vet å andra sidan att angreppen på denna typ av mark kan ha ett mycket häftigt förlopp när rottickan väl fått fäste⁴⁷. Ju tidigare rottickan kommer in i beståndet desto längre har den på sig att sprida sig vegetativt mellan träd och stubbar. Det gäller alltså vara noga med att göra sina ingrepp på ett sådant sätt att man förhindrar att nya angrepp uppstår, speciellt tidigt i beståndsutvecklingen.

I det förra fallet, då marken som ska föryngras tidigare hyste rötad gran-skog, är läget ett annat. Där kan man förvänta sig att en viss andel träd är angripna redan vid första gallringen. Där kan man till exempel använda sig av ett glest planteringsförband⁴⁸.

Hyggesvila

Att vänta med föryngringen är inte en gångbar metod för att förhindra att röta förs över från stubbar från den tidigare skogsgenerationen till det nya beståndet. Anledningen är att rottickan kan överleva i stubbar i flera decennier och att dessa stubbar under denna period kan fungera som smittokällor för friska träd⁴⁹.

Plantmaterial

Man har sett att det inte finns någon skillnad mellan olika granprovenienser i hur resistent de är mot angrepp av rotticka även om man kan skönja en svag variation mellan familjer. Det är dock på individnivå den stora potentialen för förädlingsarbetet finns. Granindivider visar en stor variation i motståndskraft mot rotticka och det finns individer som är i det närmaste resistent⁵⁰.

Markberedning

Forskning om hur olika markbehandlingar påverkar rottickans spridning är begränsad. Den information som finns är heller inte entydig. Vid markberedning av ett hygge med rötade slutavverkningsstubbar kan det finnas en risk att man kör sönder stubbarna och sprider ut rötat vedmaterial över en

⁴⁷ Vollbrecht, G., Johansson, U., Eriksson, H. & Stenlid, J. (1995). Butt rot incidence, yield and growth pattern in a tree species experiment in southwestern Sweden. *For. Ecol. Man.* 76: 87–93.

⁴⁸ Johansson, K. & Pettersson, N. (1997). Effect of initial spacing on biomass production, butt rot frequency and graded yield of *Picea abies* (L.) Karst. I: Johansson, K. Effect of early competition on wood properties of Norway spruce. Doktorsavhandling. Acta Universitatis Agriculturae Suecia - *Silvestria* 19.

⁴⁹ Piri, T. (2003). *Silvicultural control of Heterobasidion root rot in Norway spruce forests in southern Finland*. PhD thesis, Helsinki Univ., Finland.

⁵⁰ Swedjemark, G. & Karlsson, B. (2004). Genotypic variation in susceptibility following artificial *Heterobasidion annosum* inoculation of *Picea abies* clones in a 17-year-old field test. *Scand. J. For. Res.* 19: 103–111.

större yta än om stubbarna är intakta. Detta skulle kunna leda till en större risk för att planter i det nya beståndet blir infekterade ⁵¹.

Föryngringsmetod

Generellt anses att planterade planter är känsligare för angrepp än naturligt föryngrade på grund av bättre rotsystem hos naturligt föryngrade planter. Resultat från studier på hur naturlig föryngring kontra plantering påverkar utvecklingen av rottröta går isär. Beståndsföryngrade granplanter har visat sig kunna bli kraftigt infekterade när de kommer upp under en skog som är infekterad av rotticka ⁵².

Planteringsförband

Glesa planteringsförband ger mindre röta. I ett svenskt förbandsförsök i gran såg man en klar koppling mellan ursprungsförbandet och rötffrekvensen i sista gallringen ⁵³. Rötffrekvensen var ungefär hälften så hög i granar med ett ursprungsförband på 2,5 m (1 600 planter per ha) jämfört med ett förband på 1,0 m (10 000 planter per ha). Liknande resultat för gran finns presenterade från Norge ⁵⁴.

Färre rotkontakter och längre väg för rottickan mellan smittade stubbar eller träd och friska träd är en del av förklaringen till resultaten. En annan viktig förklaring är att bestånd med glesa utgångsförband sköts på ett annat sätt än tätare bestånd. Gallringarna blir färre eller svagare och omloppstiden blir kortare för bestånd med glesa förband jämfört med täta bestånd.

Röjning

Vid röjning skapas stubbar som är potentiella inkörsportar för rottickan. Röjning är också en åtgärd som inte sällan utförs under den varma delen av året, då rottickans sporspridning sker. Forskningsresultat tyder dock på att röjningsingreppet inte är så allvarligt för rottickans spridning i det kvarstående beståndet eftersom stubbarna är för små för att effektivt sprida rottickan. Det är dock viktigt att notera att detta gäller röjning när träden är ca 2,5–3,5 m höga och har en diameter på ca 3–4 cm i brösthöjd ⁵⁵. I eftersatta röjningar och i sk förröjningar eller underröjningar är stubbarna ofta betydligt

⁵¹ Rönnerberg, J. & Vollbrecht, G. (1999). Early infection by *Heterobasidion annosum* in *Larix × eurolepis* seedlings planted on infested sites. *Eur. J. For. Path.* 29: 81–86.

⁵² Piri, T. (2003). *Silvicultural control of Heterobasidion root rot in Norway spruce forests in southern Finland*. PhD thesis, Helsinki Univ., Finland.

⁵³ Johansson, K. & Pettersson, N. (1997). Effect of initial spacing on biomass production, butt rot frequency and graded yield of *Picea abies* (L.) Karst. I: Johansson, K. Effect of early competition on wood properties of Norway spruce. *Acta Universitatis Agriculturae Suecia - Silvestria* 19.

⁵⁴ Venn, K. & Solheim, H. (1994). Root and butt rot in first generation of Norway spruce affected by spacing and thinning. I: Johansson, M.; Stenlid, J. *Proceedings of the 8th International Conference on Root and Butt Rots*. Wik, Sweden and Haikko, Finland, August 9–16, 1993. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, pp. 642–645.

⁵⁵ Vollbrecht, G., Gemmel, P. & Pettersson, N. (1995). The effect of precommercial thinning on the incidence of *Heterobasidion annosum* in planted *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 10: 37–41.

större och vid dessa ingrepp finns en uppenbar risk för spridning av rotticka⁵⁶.

Gallring

Ett skogsbestånd befinner sig i gallringsfasen under en lång period. Här sker också ofta relativt många ingrepp. Vid gallringar skapas många stubbar som kan bli infekterade och fungera som smittokällor för det kvarstående beståndet. Skador på stammar och rötter kan också bli infekterade och bör undvikas i största möjliga mån⁵⁷.

Kraftiga gallringar ger mer röta än svaga. Detta beror på det större antalet stubbar som kan bli infekterade av sporer. Ju fler gallringar man gör desto högre är risken för att få in röta i beståndet. Tidiga gallringar kan potentiellt ge mycket röta jämfört med sena. Ju tidigare svampen introduceras i beståndet via stubbinfektioner desto längre tid har den på sig att breda ut sig och sprida sig till friska träd.

Vinteravverkning och stubbehandling

Den viktigaste åtgärden i gallring är att förhindra nya sporinfektioner på färsk stubbar. Ett effektivt sätt är att gallra under den tid på året då inga sporer sprids, alltså på vintern. En tumregel i praktiskt skogsbruk är att risken för sporinfektioner är låg när dygnsmedeltemperaturen ligger under 5 °C⁵⁸.

Om gallring sker under den varma perioden på året kan stubbytorna behandlas för att förhindra sporinfektioner. Flera försök från södra och mellersta Sverige visar att det inte är ovanligt att mellan 70 och 100 % av stubbarna blir infekterade av rotticka om ingen behandling görs under sommartid; siffror som kraftigt kan reduceras med stubbehandling. Det finns både kemiska och biologiska stubbehandlingspreparat⁵⁹. Idag används i Sverige nästan uteslutande ett biologiskt preparat som i handeln går under namnet Rotstop[®]. Preparatet består av sporer av pergamentsvampen (*Phlebiopsis gigantea*), en naturlig konkurrent till rottickan på färsk blottad ved. Pergamentsvampen är mycket snabbväxande och konkurrerar ut rottickan på behandlade stubbar.

Några kemiska preparat som med fördel har använts tidigare är urea och borbaserade preparat. Preparaten blandas med vatten och sprayas, manuellt eller maskinellt (figur SPS11), på stubbytorna i samband med gallring⁶⁰.

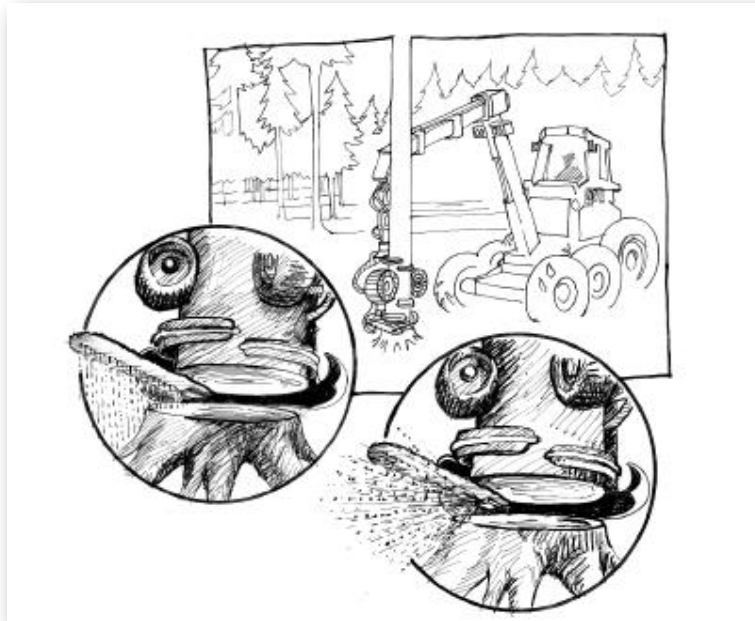
⁵⁶ Berglund, M., Carlsson, T. & Rönnerberg, J. (2008). Infection of *Heterobasidion* spp. in late pre-commercial thinnings of *Picea abies* in southern Sweden. I: M. Garbelotto och P. Gonthier (red.). *Proceedings of the 12th international conference on Root and Butt Rots of Forest Trees*. Berkeley, California – Medford, Oregon, 12th–19th August 2007. The University of California, Berkeley, USA. 269 s.

⁵⁷ Vasiliauskas, R. (2001). Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. *Forestry* 74: 319–332.

⁵⁸ Brandtberg, P.O., Johansson, M. & Seeger, P. (1996). Effects of season and urea treatment on infection of stumps of *Picea abies* by *Heterobasidion annosum* in stands on former arable land. *Scand. J. For. Res.* 11: 261–268.

⁵⁹ Berglund, M., Rönnerberg, J., Holmer, L. & Stenlid, J. (2005). Comparison of five strains of *Phlebiopsis gigantea* and two *Trichoderma* formulations for treatment against natural *Heterobasidion* spore infections on Norway spruce stumps. *Scand. J. For. Res.* 20: 12–17.

⁶⁰ Pratt, J.E. & Thor, M. (2001). Improving mechanised stump protection against *Fomes* root rot in Europe. *Quart. J. For.* 95: 119–127.



Figur SPS11 Preparaten kan appliceras på stubben på olika sätt. Till vänster den idag vanligaste metoden med hålsvärd och till höger den med dysa vid svärdsfästet. Illustration Tove Vollbrecht.

Idag är stubbehandling i princip standard vid gallring sommartid, åtminstone i södra och mellersta Sverige. Det blir också vanligare och vanligare i norra delen av landet. Stubbytorna bör behandlas direkt eller högst inom ett par timmar efter det att trädet fällt. Försök med pergamentsvamp har visat att det är mycket viktigt att täcka hela stubbytan med preparatet för att nå önskad effekt ⁶¹.

Gallring i rötinfekterade bestånd

I många bestånd som ska gallras är redan en del av träden infekterade av röta. När ett rötat träd fälls så ökar spridningshastigheten av svampen i rötterna av den stubben med ungefär tre gånger jämfört med spridningshastigheten i det levande trädets rötter ⁶². När trädet lever har det ett aktivt försvarssystem som helt sätts ur spel när trädet fälls. Gallringen i sig kan alltså innebära att spridningen av rottickan i det kvarvarande beståndet efter gallring katalyseras. I praktiken betyder detta att man ska vara försiktig med sena gallringar i kraftigt rötade bestånd. Det kan vara en god tanke att avstå från en planerad sista gallring och istället tidigarelägga slutavverkningen, för att rädda så mycket av virkesvärdet som möjligt.

⁶¹ Berglund, M. & Rönnberg, J. (2004). Effectiveness of treatment of Norway spruce stumps with *Phlebiopsis gigantea* at different rates of coverage for the control of *Heterobasidion*. *For. Pathol.* 34: 233–243.

⁶² Pettersson, M., Rönnberg, J., Vollbrecht, G. & Gemmel, P. (2003). Effect of thinning and *Phlebiopsis gigantea* stump treatment on the growth of *Heterobasidion parviporum* inoculated in *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 18: 362–367.

Gallringsskador

Gallringsskador på rötter och stammar är allvarliga och bör i möjligaste mån undvikas. Många av skadorna infekteras av rötsvampar. Rötan kan sedan sprida sig långt både uppåt och nedåt från skadan. Forskning visar att ungefär 60–100 % av skadorna resulterar i missfärgning av veden⁶³. Även om rottickan kan vara inblandad så är det på gran framför allt blödskein som infekterar stam och rotskador.

Slutavverkning

Vid slutavverkningen är det i regel för sent för att göra något åt rottrötan. Åtgärder vid slutavverkningen syftar istället till att försöka påverka rötans spridning till nästa skogsgeneration^{64 65}. Man kan tidigarelägga slutavverkningen i kraftigt rötade bestånd för att rädda en del av virkesvärdet. Precis som röjningsstubbar och gallringsstubbar kan slutavverkningsstubbar bli infekterade av luftburna sporer om avverkningen sker under sporspridningssäsongen. Även om betydelsen för sporinfektioner på slutavverkningsstubbar inte är helt utredd är rekommendationen att vinteravverka eller behandla stubbar, speciellt i friska bestånd.

En drastisk åtgärd vid slutavverkning är att bryta upp stubbarna i syfte att sanera marken från röta. Det finns flera studier som visar att stubbrytning har en tydlig effekt på rötfrekvensen i nästa skogsgeneration. För att sanera marken är det dock viktigt att få upp allt rötat material från marken^{66 67}.

Beståndsförbättrande åtgärder – gödsling och kalkning

Det finns många gödslings- och kalkningsförsök på skogsmark i Sverige och grannländer. Tyvärr har inga försök utformats för att undersöka gödslingens och kalkningens påverkan på rötutvecklingen och mer forskning inom detta område behövs.

Kalkning av skogsmark innebär ett förhöjt pH-värde. Ett högt naturligt pH-värde är också en av de viktigaste ståndortsfaktorer som påverkar rötutvecklingen. En svensk studie tyder på att man ser effekten först efter relativt lång tid efter kalkning: det fanns en tendens till ökad rötfrekvens, jämfört med kontrollerna, i områden där kalk spridits för mer än 20 år sedan, medan i de yngre försöken fanns ingen tydlig skillnad mellan behandlingarna⁶⁸.

Då det gäller gödsling och rottröta verkar resultaten gå isär. Det tycks dock vara så att balanserad gödsling som leder till att träden bibehåller sin

⁶³ Vasiliauskas, R. (2001). Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. *Forestry* 74: 319–332.

⁶⁴ Rönnerberg, J. (1999). Incidence of root and butt rot in consecutive rotations, with emphasis on *Heterobasidion annosum* in Norway spruce. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae – Silvestria* 96.

⁶⁵ Rönnerberg, J., Berglund, M. & Johansson, U. (2007). Incidence of butt rot at final felling and at first thinning of the subsequent rotation of Norway spruce stands in South-Western Sweden. *Silva Fenn.* 41: 639–648.

⁶⁶ Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I. M., Barklund, P. & Dahlberg, A. (2008). Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fenn.* 42: 457–483.

⁶⁷ Stenlid, J. (1987). Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 2: 187–198.

⁶⁸ Stenlid, J., & Bendz-Hellgren, M. (1996). Påverkar kalkning granens känslighet för rottröta? I: Staaf, H., Persson, T., Bertils, U. (Red.): Skogsmarkskalkning. Resultat och slutsatser från Naturvårdsverkets försöksverksamhet. Naturvårdsverket, *Rapport* 4559: 183–188.

vitalitet inte nämnvärt ökar risken för rötangrepp. Gödsling av rötad skog kan dock leda till en ökad tillväxt av svampen och ökad risk för stormfällning⁶⁹.

Trädslagsval

Att välja trädslag är ett av de viktigaste besluten som skogsskötaren fattar under en omloppstid. Det är känt att rottickan kan angripa ett stort antal olika trädslag men det finns även trädslag som är näst intill resistenta mot angrepp av rotticka. Generellt är lövträd mindre känsliga än barrträd. Att ha en generation med björk mellan två grangenerationer har förts fram som ett sätt att sanera marken från rotröta⁷⁰.

Tall (*Pinus sylvestris*)

Rotröta på tall är inte uppmärksammat som ett stort problem i vårt land. Tallen är dock inte på något vis förskonad mot angrepp, snarare tvärtom. En mycket stor del av den grundläggande forskningen på rottickans biologi har gjorts på tall. John Rishbeth, som visade att stubbytor var de stora inkörsportarna för rottickans infektioner, gjorde den mesta av sin forskning på tall. Stubbehandling med pergamentsvamp var i första hand utvecklad för tall. I Polen stubbehandling ca 70 000 ha varje år och det är uteslutande tall som behandlas med pergamentsvamp.

Sjukdomsförloppet för rottickan på tall är annorlunda än det man ser på gran. Hos gran orsakar rottickan oftast en röta i kärnveden. Tallens *kärnved* däremot innehåller så höga halter av extraktivämnena att rottickans mycel inte kan växa där. Istället angrips *splintveden och innerbarken* (floemet) i rötterna och stambasen på träden. Detta hämmar kraftigt trädets vatten- och näringstransport och angreppen leder ofta till att träden dör. I kraftigt infekterade bestånd kan man se sk rötbrunnar som är luckor som uppstår till följd av att träden dör. Ofta blir rötbrunnarna cirkelformade och växer för varje år när några nya träd i luckans periferi har smittats via rotkontakter och dött.

Tallen infekteras framför allt av rottickans *P-form*. Man har också sett att *S-formen* kan angripa och döda unga tallplantor när de har planterats på marker där den tidigare generationen bestod av infekterad granskog. Kraftiga angrepp av rotticka på tall är i Sverige framför allt kopplade till sandiga marker med högt pH-värde⁷¹. Exempel på sådana marker är de kustnära skyddsplanteringar av tall som är vanliga i östra Skåne. De kalkrika markerna på Gotland är ett annat exempel där man har problem med rotticka på tall.

Vid fällning av döda tallar kan det vid första anblicken vara ganska svårt att avgöra om trädet har dött av rottickans angrepp eftersom den, som nämnts ovan, oftast inte orsakar någon röta som är synlig i stubbskäret. Däremot brukar det vara relativt lätt att hitta fruktkroppar av rottickan på

⁶⁹ Piri, T. (1998). Effects of vitality fertilization on the growth of *Heterobasidion annosum* in Norway spruce roots. *Eur. J. For. Path.* 28: 391–397.

⁷⁰ Rönneberg, J., Vollbrecht G., & Thomsen I.M. (1999). Incidence of butt rot in a tree species experiment in Northern Denmark. *Scand. J. For. Res.* 14: 234–239.

⁷¹ Rönneberg, J., Petrylaitė, E., Nilsson, G. & Pratt, J. (2006). Two studies to assess the risk to *Pinus sylvestris* from *Heterobasidion* spp. in southern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 21: 405–413.

tallen. Eftersom svampen angriper de yttre delarna av stambasen är det vanligt att fruktkroppar bildas just där och man brukar hitta dem om man gräver lite i humuslagret runt stambasen på döda träd. Ibland växer de till och med ovan mark, något som är ganska ovanligt för till exempel gran.

En stor skillnad mellan tall och till exempel gran är att tallen dör till följd av angrepp av rotticka medan någon röta vanligtvis inte bildas. Detta innebär att man som skogsägare har möjlighet att ta till vara på virkesvärdet även om trädet smittats. Det är dock viktigt att man avverkar träden snabbt efter det att de dött innan sekundära skadegörare gör sitt intåg och angriper virket.

Lärk (*Larix spp.*)

Som sågad vara har lärken rötbeständiga egenskaper. Som stående träd däremot har olika arter av lärk visat sig synnerligen känsliga för angrepp av rotticka. Hos lärk orsakar rottickan, i likhet med gran, röta i framför allt *kärnveden* och rötan kan sprida sig högt upp i stammen. På grund av att lärk har en relativt mörk kärnved kan det ibland vara svårt att se begynnande rötangrepp i till exempel ett stubbskär. Dessutom uppträder rötan ofta fläckvis i kärnveden.

I södra Sverige är det rottickans *P-form* som angriper lärk. Det finns en rad försök där det har visat sig att lärk blir kraftigt smittad av rottickan då den har planterats på mark där det tidigare beståndet bestod av infekterad gran. Lärken verkar också kunna bli smittad väldigt tidigt. I ett försök där hybridlärk planterats på hyggen med gamla rötade granstubbar var 70 % av plantorna smittade redan vid fem års ålder.

Det finns även en studie⁷² som tyder på att lärkstubbar fungerar som en inkörsport för rotticka. Mer forskning behövs dock för att utvärdera effekten av stubbehandling på lärk.

Sitkagran (*Picea sitchensis*)

Sitkagranen är mottaglig både för *S- och P-formerna* av rottickan. Även för denna art orsakar rottickan röta snarare än mortalitet hos träden. I svenska och danska försök där sitkagranen har planterats på tidigare rötinfekterad mark har den visat sig mycket känslig för infektion från de gamla stubbarna. Sitkagranens stubbar blir också infekterade av rottickans sporer och i Storbritannien stubbehandlas den frekvent⁷³.

Douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*)

Speciellt unga Douglasbestånd som planterats på tidigare rötinfekterad mark verkar känsliga för rotticka och plantor kan dö till följd av angrepp. Det verkar dock som att angreppen till viss del klingar av med en ökad beståndsålder. Det är framför allt *P-formen* av rottickan som angriper Douglasgranen.

⁷² Mårtensson, S. (2007). Förekomst av rotticka i första generationens lärk på tidigare betes- och åkermark. *Examensarbete*. Institutionen för Sydsvensk Skogsvetenskap, SLU, Alnarp. 20 s.

⁷³ Swedjemark, G. & Stenlid, J. (1995). Susceptibility of conifer and broadleaf seedlings to Swedish S and P strains of *Heterobasidion annosum*. *Plant Pathol.* 44: 73–79.

Silvergran (*Abies alba*)

I Sverige är silvergran i princip resistent mot rotticka. Detta beror på att den inte är känslig för angrepp från de arter av rotticka vi har här. Där silvergranen har sin naturliga utbredning, längre söderut i Europa, finns dock en art av rotticka, *F-formen* som specialiserat sig på just silvergranen.

Kustgran (*Abies grandis*)

Kustgranen, som har sitt ursprung på den nordamerikanska västkusten, har visat sig vara relativt motståndskraftig mot rotticka. Därmed inte sagt att den inte blir angripen. Men i flera försök från Storbritannien, Sverige och Danmark har den klarat sig relativt bra jämfört med många andra trädslag. Skadan av rottickan består i likhet med granen av röta snarare än dödlighet.

Contortatall (*Pinus contorta*)

I Sverige har stora arealer planterats med contortatall. Det är dock i norra Sverige där endast rottickans S-form har påträffats. Sjukdomsbilden för contortatallen liknar den man ser på vår vanliga tall (se ovan). Contortan är framför allt känslig för angrepp av *P-formen*. Man har i försök dock noterat att en del planter kan dö av angrepp av S-form som spridits från gamla stubbar där contortan har planterats på mark med tidigare rötad gran. Information om sporinfektioner på stubbar av contortatall är begränsad i Europa.

Jämförande försök

Det finns ett antal försök från Danmark och Sverige där man jämfört känsligheten hos olika trädslag när de planterats på tidigare rötinfekterad mark⁷⁴. Figur SPS12 visar resultat från ett danskt trädslagsförsök i Jenle, norra Jylland, där den tidigare generationen bestod av kraftigt rötinfekterad bergtall (*Pinus mugo*). Liknande försök har genomförts även i Susegården i Halland, där den tidigare generationen bestod av kraftigt rötinfekterad gran⁷⁵.

Blandskog

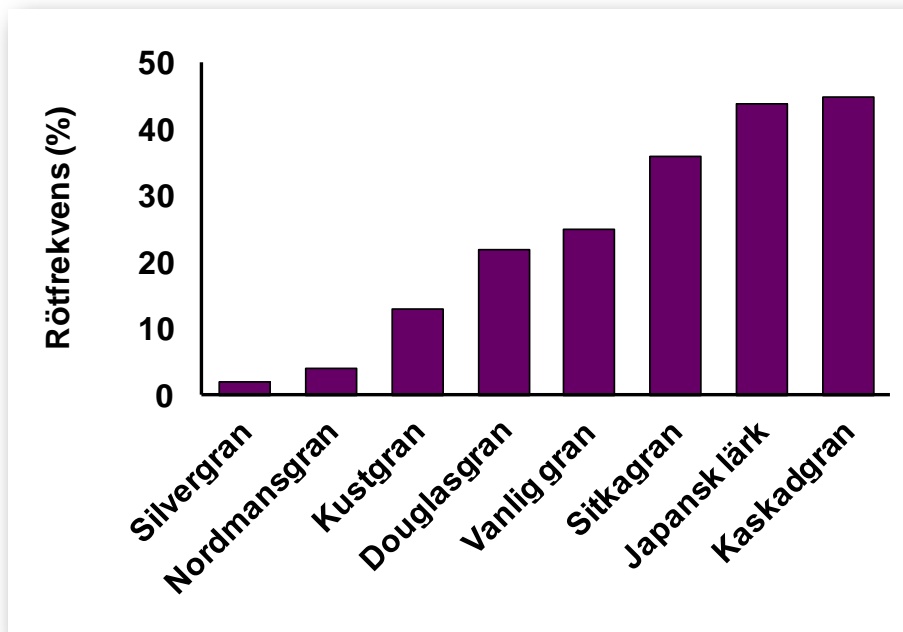
Undersökningarna av effekten av blandskog på utvecklingen av rotröta är många. Genom att blanda ett känsligt trädslag med ett mindre känsligt trädslag, kan man teoretiskt sett få en lägre rötfrekvens bland de känsliga träden. De flesta studier visar också att så är fallet även om det finns de som inte visar på några samband. En finsk studie visade att rötfrekvensen i granar minskade proportionellt mot andelen inblandning av björk och tall. Effekten var relativt svag för björkblandbestånden jämfört med tallblandbestånden⁷⁶. En svensk studie stödjer resultaten för tall. När gran blandades

⁷⁴ Rönneberg, J., Vollbrecht G., Thomsen I.M. (1999). Incidence of butt rot in a tree species experiment in Northern Denmark. *Scand. J. For. Res.* 14: 234–239.

⁷⁵ Vollbrecht, G., Gemmel, P. & Pettersson, N. (1995). The effect of precommercial thinning on the incidence of *Heterobasidion annosum* in planted *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 10: 37–41.

⁷⁶ Piri, T., Korhonen, K. & Sairanen, A. (1990). Occurrence of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed spruce stands in southern Finland. *Scand. J. For. Res.* 5: 113–125.

med tall såg man att en 50-procentig inblandning av tall gav den största effekten på rötfrekvensen i granarna ⁷⁷.



Figur SPS12 Andel träd med röta i stubbhöjd för olika trädslag vid första gallring i ett danskt trädslagsförsök på tidigare rötinfererad mark. Reproducerat från Rönneberg m fl (1999) ⁷⁸.

En förklaring till blandskogseffekten är att antalet rotkontakter mellan granarna är färre och svampen måste också växa en längre väg för att nå nästa, friska gran. En ytterligare förklaring som förts fram är att man genom att skapa blandbestånd, då framför allt med lövträd, förändrar markens mikroflora till att innehålla ett större antal antagonister till rottickan ⁷⁹.

Planering

En skogsbruksplan innehåller en mängd information om de olika bestånden på en fastighet: trädslagsblandning, stamantal, grundyta, höjd mm. Kunskap om rötförekomsten kan och bör vara en av de faktorer som ligger till grund för kommande skötselåtgärder. Att kontinuerligt inventera rötförekomsten på beståndsnivå kan vara av stor betydelse för ekonomin i de enskilda bestånden. Denna information kan lämpligen inhämtas i samband med gallring, till exempel genom att man gör en stubbinventering efter gallring.

⁷⁷ Lindén, M. & Vollbrecht, G. (2002). Sensitivity of *Picea abies* to butt rot in pure stands and in mixed stands with *Pinus sylvestris* in southern Sweden. *Silva Fenn.* 36: 767–778.

⁷⁸ Rönneberg, J., Vollbrecht G., Thomsen I.M. (1999). Incidence of butt rot in a tree species experiment in Northern Denmark. *Scand. J. For. Res.* 14: 234–239.

⁷⁹ Piri, T. (2003). *Silvicultural control of Heterobasidion root rot in Norway spruce forests in southern Finland.* PhD thesis, Helsinki Univ., Finland.

Enklast är att göra en provyteinventering där man räknar det totala antalet stubbar och antalet stubbar efter rötade träd. Sedan för man in rötprocenten för de olika bestånden i skogsbruksplanen. Denna information bör sedan vägas in vid beslut om framtida åtgärder. Exempelvis bör kanske omloppstiden kortas för kraftigt rötade bestånd, speciellt i vindutsatta lägen. Har man bestånd som är friska bör man vid nästa gallring vara extra försiktig så att nya sporinfektioner på stubbar kan undvikas. En planerad sista gallring ska kanske undvikas om beståndet har mycket röta, osv.

Snöskytte

Snöskyttesvampen (*Phacidium infestans*) kan orsaka svåra skador i norra Sveriges tallför-yngringar (figur SPS13). Svampen kan växa direkt i snön och skadorna står i direkt proportion till snötäckets tjocklek och varaktighet.

Förekomst

Snöskyttesvampens ungefärliga sydgräns går genom Värmland–Dalarna–Gästrikland och svampens skogliga betydelse ökar med stigande höjd över havet samt ökande breddgrad. Såväl *tall* som *contortatall* angrips men contortatallen klarar sig generellt bättre tack vare en snabbare ungdomstillväxt. Allvarliga snöskytteskador uppträder främst efter en varm sommar (juni–september), en snörik vinter (särskilt viktigt i januari–februari) och en kall maj-månad året därpå⁸⁰. Snöskyttesvampen trivs bäst i områden med kontinentalt klimat, dvs varma somrar och kalla vintrar med stora mängder pundersnö och långa snösmältningsperioder. Risken för avgång är störst bland plantor av storleken 0,3–1,5 m. Små, senvuxna plantor med korta barr klarar sig dock ofta undan snöskytteskador.



Figur SPS13 Färska snöskytteskador på tall (bruna barr). Snötäckets gräns framträder tydligt. I nedre vänstra hörnet syns snöskyttedödade tallplantor från tidigare vintrar (vita barr). Foto Per Hansson.

⁸⁰ Mattson-Mårn L & Nenzell G. (1941). Studier över snöskytteangrepp inom tallföryngringar. *Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr.*, s. 160–191.

Biologi

Denna primära skadesvamp infekterar framför allt frodvuxna friska tallar men kan endast döda de barr som är täckta av snö. Efter snösmältningen framträder det grå spindelvävslika mycelet på de infekterade grenarna. Vid denna tidpunkt syns bara små gulaktiga fläckar på de i övrigt gröna barren. Dessa barr är i själva verket döda och övergår successivt mot allt brunare färg framåt sommaren för att slutligen bli gråa till hösten. Barren sitter ofta kvar två år och blir då nästan helt vita och mycket spröda. Hos contortatall förblir dock barren rödbruna till sent på hösten vilket försvårar diagnostiseringen av skadan.

Den tydliga gränsen mellan de friska och infekterade grenarna på plantan visar hur högt upp i snötäcket som temperatur och fuktighet varit gynnsamma för svampens mycel. Den översta decimetern av snötäcket blir ofta otjänlig för svampen såvida inte ett tjockt skartäcke skyddar mot kylan (figur SPS13). I mitten av sommaren framträder fruktkropparna som mörka prickar under det yttersta cellagret på barren. Under hösten spricker fruktkropparna upp i oregelbundna flikar. Den silvergrå färgen på barren och de öppna ”kraterlika” fruktkropparna är karakteristiskt för snöskytte på tall (figur SPS14).



Figur SPS14 Typiska höst-symptom av snöskytte med silvergrå barr och ”kraterlika” svarta fruktkroppar. Foto Per Hansson.

Sporerna sprids till friska barr under september–oktober och angriper sedan barr på lågt sittande grenar när de täckts av snö. Mycelet tränger in i barrrens klyvöppningar och kan även sprida sig i snön från barr till barr.

I täta föryngringar eller i plantskolor växer snöskyttesvampen ofta ut i runda fläckar från en infektionspunkt. Den radiella spridningen i snön under en vinter är normalt 2–3 dm men kan i extremfall uppgå till 5–7 dm. Mycelet växer snabbare i lucker isolerande snö än i hårt packad snö som leder kylan bättre.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Skötselåtgärder för bekämpning av snöskytte måste i första hand bygga på kunskapen om svampens livsbetingelser. Då man inte kan styra över den för svampen så viktiga *luftfuktigheten* under höstens sporspridning får man istället fokusera på *plantmaterialets hårdighet, förbandet samt svampmycelens tillväxtförhållanden i snön* under vintern.

Hyggesstorlek

Hyggesstorleken påverkar *snötäcket djup och konsistens*. Snötäcket är generellt tunnare och mer kompakt på stora öppna hyggen än på små hyggen och allra djupast och luckrast snö återfinns i mindre luckor⁸¹. Detta faktum var en kraftigt bidragande orsak till de stora kalhyggena som togs upp i Norrlands inland på 1960–80-talen. Hyggesstorleken behöver dock inte ha någon större betydelse för angreppsfrekvensen av snöskytte om inte alltför små hyggen nyttjas (Per Hansson, personlig observation). Hyggen ner mot 1 ha i storlek bör undvikas då de kan medföra drivbildning och långsammare snösmältning och därmed öka risken för svåra snöskytteskador.

Hyggesbehandling

Färskt hyggesavfall är en närings- och spridningskälla för snöskytte. Gröna barr från senhöstens hyggesavfall blir ofta infekterat med snöskytte till skillnad från torkat hyggesavfall från avverkningar under vår och sommar.

Röjning eller fällning av fröträd bör således inte utföras på hösten i snörika områden och bortförande av färskt hyggesavfall är att rekommendera för att minska infektionsrisken av snöskytte⁸². Röjning av snöskytteangripna plantor kan vara ett alternativ om angreppen uppmärksammas vid ett tidigt stadium. En sådan röjning bör ske på våren eller försommaren då skadan kan upptäckas och innan sporspridningen påbörjats.

Vidare rekommenderas att senarelägga fällningen av fröträd tills föryngringen nått snösäker höjd. Endast om man har täta självföryngringar eller sådder i områden med regelbundet stora snömängder (inre Lappland) bör man röja bort kvarstående ungsogsrester (skrufs) för att minska svampens tillväxtmöjlighet⁸³. Detta är dock ingen garanti mot angrepp.

Trädslagsval

Ett sätt att minska skadorna av snöskytte är att ståndortsanpassa sitt trädslagsval genom att undvika att plantera tall på nordsluttningar och i svackor i terrängen där snön ligger kvar längre. Här är gran ofta ett bättre alternativ. På tallmarker i områden med kontinentalt klimat (mycket pudersnö) kan även den i ungdomsfasen snabbväxande contortatallen vara ett alternativ. Contortatall bör dock undvikas på granmarker med rikligt med tung snö då

⁸¹ Björkman, E. (1948). Studier över snöskyttesvampens (*Phacidium infestans* Karst.) Biologi samt metoder för snöskyttets bekämpande. *Medd. fr. Statens Skogsförsöksanstalt*, s. 1–129.

⁸² Hansson, P. (2006). Effects of small tree retention and logging slash on snow blight growth on Scots pine regeneration *For. Ecol. Man.* 236: 368–374.

⁸³ Hansson, P. (2006). Effects of small tree retention and logging slash on snow blight growth on Scots pine regeneration. *For. Ecol. Man.* 236: 368–374.

den har en större tendens att få stabilitetsproblem och sedan bli angripen av *Gremmeniella*-svampen av Small Tree Type⁸⁴.

Val av tallproveniens

Det finns ett tydligt samband mellan proveniens och mottaglighet för snöskytteangrepp. Inget plantmaterial är helt resistent mot snöskytte men nordliga provenienser skadas i klart mindre omfattning än lokala och sydliga provenienser. Vidare är inlandsprovenienser mer resistent än kustprovenienser och tallplantor bör inte förflyttas till högre altitudlägen⁸⁵.

Val av skogsodlingsmetod

Plantering är ur snöskyttesynpunkt mindre riskabelt än metoder som skapar tät gruppställd föryngring, t ex sådd och naturlig föryngring av tall under fröträd. I regel är förbandet i en plantering tillräckligt för att undvika mycelspridning mellan plantor under vintern och vitala plantor växer också snabbare till snöskyttesäker höjd. Vitala plantor och träd är emellertid generellt mer mottagliga för infektion än små undertryckta plantor eftersom risken är större att sporer fastnar på vitala plantor och träd.

⁸⁴ Karlman, M., Hansson, P. & Witzell, J. (1994). Scleroderris canker on Lodgepole pine introduced in Northern Sweden. *Can. J. For. Res.* 24: 1948–1959.

⁸⁵ Björkman, E. (1963). Resistance to snow blight (*Phacidium infestans* Karst.) in different provenances of *Pinus sylvestris* L. *Stud. For. Suec.* 5: 1–16.

Snytbaggen

Snytbaggens skadegörelse har varit känd sedan länge men i och med övergången till trakthyggesbruk förvärrades problemet. Vårt sätt att bruka skogen med nyupptagna hyggen relativt jämn fördelade i landskapet ger förutsättningar för en stabilt hög populationsnivå hos snytbaggen. Skadorna som snytbaggen orsakar har beräknats kosta det svenska skogsbruket hundratals miljoner kronor årligen.

Förekomst

Snytbaggen (*Hylobius abietis*) är vanlig överallt i Sverige där det finns barrskog. Mest talrik är den i Götaland och östra Svealand. Där är också risken som störst för dödliga gnagskador på planterade barrträdsplantor. Även längs Norrlandskusten är skaderisken ganska hög men den minskar i allmänhet ju längre norrut och ju längre in i landet man kommer i norra Svealand och Norrland. Variationen mellan hyggen är emellertid stor och mycket hög dödlighet på grund av snytbagge förekommer ibland även långt upp i Västerbotten. Nya studier tyder på att problemets omfattning i norra Sverige är underskattad men kunskapen om den geografiska variationen är fortfarande ofullständig.

Snytbaggar kan flyga åtskilliga mil under flygperioden i maj – juni, när de söker sig till färska hyggen. Praktiskt taget alla hyggen är därför åtkomliga för inflygande snytbaggar. Men det bör i allmänhet finnas färre flygande snytbaggar i jordbruksdominerade landskap och där sjöar upptar en stor del av landskapet.

I kuperad terräng anses sydsluttningar och höjddpartier få mer skador av snytbagge än nordsluttningar och sänkor. Det är emellertid ett komplicerat samspel mellan landskapets topografi, lokalklimat, markförhållanden och vegetation som avgör skadornas lokala utbredning. Någon metod att förutsäga förekomsten av snytbaggar och risken för skador på enskilda hyggen finns ännu inte.

Biologi

Snytbaggen är en ca 8–14 mm lång brunsvart skalbagge med band av gula hårfläckar på ovensidan (figur SPS15). Som hos alla skalbaggar tillhörande familjen vivlar är huvudet framtill utdraget till ett långt snyte. I spetsen på snytet sitter ett par yttre käkar med vilka snytbaggen gnager i sig sin föda, framför allt tunnare bark från barrträd.

I Sverige finns ytterligare tre arter av släktet *Hylobius*, dit snytbaggen hör. En av dessa, den mindre snytbaggen (*H. pinastri*), är snarlik snytbaggen men skiljer sig bl a genom sina rödaktiga ben. Denna art skadar plantor på liknande sätt som snytbaggen men är betydligt mer ovanlig. Mest finner man den på lite fuktigare, grandominerad mark. Även tallvivlar av släktet *Pissodes* är utseendemässigt ganska lika snytbaggen men skiljer sig bl a genom att antennerna är fästade ungefär mitt på snytet i stället för nära spetsen.

Snytbaggens larv gnager slingrande gångar under barken i rötter av barrträd som nyligen fällts eller dött på annat sätt. Den krumböjda larven saknar ben och är gulvit med brun huvudkapsel.

Den fullbildade snytbaggen kan bli flera år gammal. Den kan äta av olika växter men tunn barrträdsbark utgör den huvudsakliga födan. Barken gnags

i stor utsträckning från trädrötter under mark men tidvis också högt upp i trädkronor. Det skadliga gnaget på plantor utgör bara en mindre del av snytbaggarnas hela födointag.



Figur SPS15 Snytbagge. Foto Claes Hellqvist.

Snytbaggar som kommit fram under våren på äldre hyggen ger sig oftast iväg på långflygning under varma dagar med svag vind under maj – juni. Lockade av dofter från färsk barrträdsstubbar söker de sig i stort antal till färsk hyggen. Där stannar de kvar, äter, parar sig och lägger ägg. Äggen läggs i marken kring färsk stubbrötter eller i hål som honan gnager i rötternas bark. Larven gör en lång gång i rötternas innerbark och på hösten gnager den en puppkammare i veden där den övervintrar. Först följande sommar förpuppar den sig och puppstadiet varar i några veckor. På eftersommaren kommer en stor del av de nykläckta snytbaggarna fram och näringsgnager före övervintringen, medan andra individer stannar kvar i puppkammaren och övervintrar där. I båda fallen blir generationstiden två år, vilket gäller för södra och mellersta Sverige. Längre norrut kan generationstiden vara tre eller ända upp till fyra år.

Ifall det finns skogsplantor på det färsk hygget så kan de koloniserande snytbaggarna orsaka svåra skador redan den första sommaren. Följande vår kryper dessa föräldradjur upp från sin övervintring i förnan och kan då skada plantor under våren och sommaren. Den nya generationen skalbaggar som börjar kläckas på eftersommaren äter på plantor långt in på hösten och orsakar då ofta stora skador. På våren den tredje säsongen kommer nästan alla snytbaggar av den nya generationen fram på hygget. De måste då äta mycket för att utveckla flygmuskulaturen innan de kan flyga iväg till ett färskt hygge. Antalet snytbaggar på ett hygge minskar sedan ytterligare under fjärde och femte säsongen. Att det fortfarande finns snytbaggar kvar då beror bl a på att en del ägg läggs även den andra säsongen efter avverkning.

Skador

Det är den fullbildade snytbaggen som genom sitt gnag på nyplanterade barrträdsplantor utgör problemet vid skogsföryngring. Genom att snytbaggarna helst vill sitta i skydd när de äter så koncentreras gnaget vanligen till stammens nedersta del, som snabbt blir ringbarkad varpå plantan dör (figur SPS16). De nyplanterade plantorna har liten förmåga att försvara sig mot gnagskador men hos en väletablerad planta gör kådflödet att gnagfläckarna blir små (figur SPS17). En vital planta har då möjlighet att övervalla såren och överleva. Skadorna kan ändå leda till allvarliga missbildningar och tillväxtförluster.



Figur SPS16 Gnag på planta. Foto Claes Hellqvist.



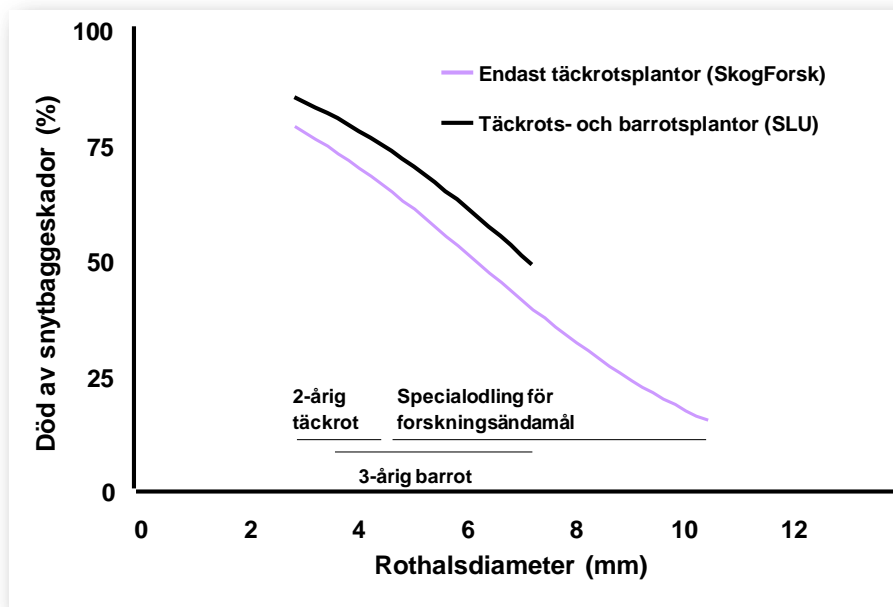
Figur SPS17 Planta med kåda. Foto Kristina Wallertz.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Det finns en rad åtgärder man kan använda för att minska risken för skador på nysatta plantor. I några andra länder fokuserar man på olika åtgärder som kan reducera populationen av snytbaggar, för att på så vis minska skaderisken. I Sverige är uppfattningen att om inte hela skogsskötselsystemet radikalt förändras, så är det i realiteten svårt att påverka mängden snytbaggar. Följande avsnitt tar upp metoder och förutsättningar som ofta utnyttjas i Sverige för att minska skadorna av snytbagge.

Utnyttjande av plantegenskaper

Plantans *rothalsdiameter* har stor betydelse för dess chans att överleva angrepp av snytbaggen (figur SPS18). Detta är väl undersökt och en rad studier visar på samma sak, dvs stora plantor klarar snytbaggeskadorna bättre än små. *Barrotsplantor* är oftast tre och ibland fyra år medan *täckrotsplantors* ålder varierar mellan 1–2 år. Detta medför att barrotsplantan oftast är grövre och därför klarar snytbaggeangreppen bättre. På äldre hyggen kan barrotsplantor ibland drabbas av vattenstress, vilket gör att de i sådana fall drabbas hårdare än täckrotsplantor vid snytbaggeangrepp. Extremt små plantor, så kallade *miniplantor*, kan delvis undgå att bli angripna av snytbaggar och faller därför utanför det nämnda sambandet att stora plantor klarar sig bäst från snytbaggeskador.



Figur SPS18 Sambandet mellan rothalsdiameteren på obehandlade plantorna vid utplantering och andelen planter som dog på grund av snytbaggskador. Efter Örlander & Nilsson (1999)⁸⁶ och Thorsén m fl (2001)⁸⁷.

Plantans vitalitet är viktig för hur den ska kunna klara gñag av snytbagg. En studie som jämförde naturligt förnygrade planter med nysatta planter i ungefär samma storlek från plantskolan visar att de naturligt förnygrade plantorna klarade sig betydligt bättre under första året, men när de planterade plantorna väl etablerat sig under de två följande åren minskade skillnaderna.

En vital planta kan etablera ett rotsystem med en god förmåga att transportera vatten och näring. Detta gör också att plantan blir bättre rustad att producera kåda, som är en av de viktigaste försvarsmekanismerna. Hos väl-etablerade planter och naturligt förnygrade planter som stått länge på hygget ser man ofta spridda sår som läkts (figur SPS19). Snytbaggar har då gñagt på plantorna men tvingats flytta sig när kådan flödat ut från såret. Efter läkningen av dessa skador blir koncentrationen av hartssyror extra hög i den nybildade barken, vilket kan minska risken för nya skador. Däremot löper nyligen skadade planter betydligt högre risk än oskadade att åter bli angripna, eftersom de skadade plantorna avger större mängder av attraherande monoterpener.

⁸⁶ Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hyllobius abietis*) damage and seedling survival. *Scand. J. For. Res.* 14: 341–354.

⁸⁷ Thorsén, Å., Mattsson, S. & Weslien, J. (2001). Influence of stem diameter on the survival and growth of containerized Norway spruce seedlings attacked by pine weevils (*Hyllobius abietis*). *Scand. J. For. Res.* 16: 54–66.

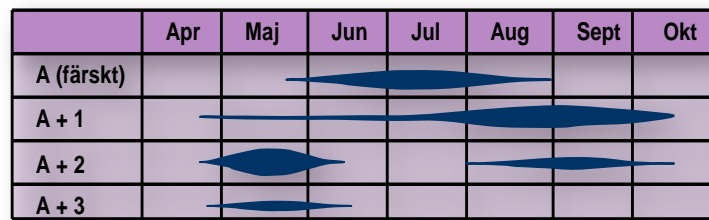


Figur SPS19 Naturligt förnygrad planta med övervallande gnag från snytbagge. Foto Kristina Wallertz.

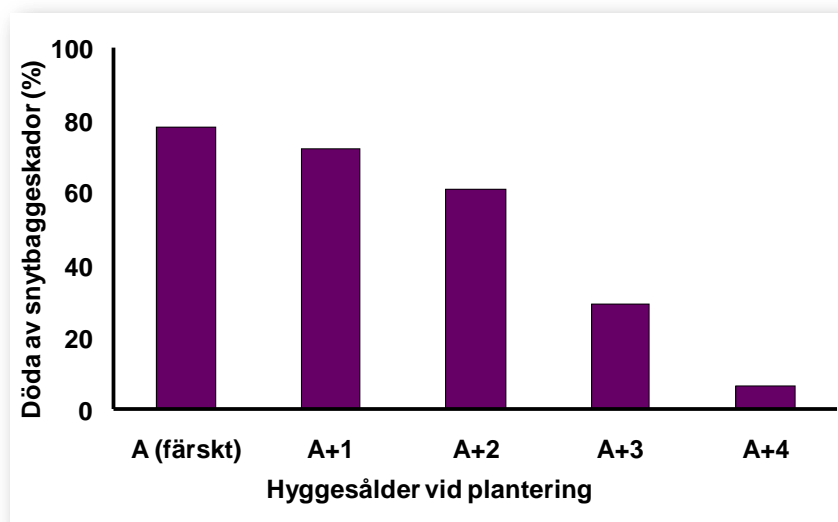
Hyggesvila

Hyggesvila innebär att man väntar ett antal år efter slutavverkning innan man planterar. Snytbaggar kommer inflygande till färska hyggen för att lägga ägg och föröka sig i de färska avverkningstubbarnas rötter. Efter ca 4–5 år har nästan alla snytbaggar lämnat hygget eftersom stubbrötterna inte längre duger som föda åt nya larver (figur SPS20, figur SPS21).

Ett problem med hyggesvila är att den vegetation som kommer upp på hygget konkurrerar med nysatta plantor, vilket kan leda till nedsatt tillväxt och sämre överlevnad. Torka är ett annat problem som kan uppstå på äldre hyggen. Dessutom får man ett produktionsbortfall som är speciellt märkbart på mark med hög bonitet och kort omloppstid. Hyggesvilans längd är i praktiken reglerad i skogsvårdslagen, som säger att förnygringsåtgärder ska ha utförts senast under det 3:e året räknat från det år då skyldigheten uppkom. Dispens kan i vissa fall ges.



Figur SPS20 Riskperioder för snytbaggeskador. Tjockare streck anger större skaderisk. Efter Nordlander (1987)⁸⁸.



Figur SPS21 Andelen döda plantor beroende på hyggets ålder vid plantering. Plantor och mark var obehandlade. Ackumulerade värden tre år efter plantering. Efter Örlander & Nilsson (1999)⁸⁹.

Insekticider

Insekticider, insektsgifter, har använts sedan 1950-talet för att minska risken för skador på skogsplantor. Den från 1980-talet och fram till 2003 allmänt använda aktiva kemiska substansen i olika preparat var *permetrin*. Efter att tillståndet att använda permetrin upphört har nya preparat med annan aktiv substans godkänts.

För närvarande (2009) är följande preparat tillåtna:

- *Handelsnamn:* Hylobi Forest
Aktiv substans: Lambda-cyhalotrin
Godkänt t o m: 31 december 2011
Företag: InterAgro Skog

⁸⁸ Nordlander, G. (1987). Doftfällor för snytbaggar – en möjlighet att förutsäga skaderisker? *Skogsfakta*, serien Biologi Skogsskötsel 39: 1–6.

⁸⁹ Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scand. J. For. Res.* 14: 341–354.

- *Handelsnamn:* Forester
Aktiv substans: Cypermetrin
Godkänt t o m: 31 december 2011
Företag: InterAgro Skog
- *Handelsnamn:* Merit Forest WG
Aktiv substans: Imidaklopid
Godkänt t o m: 31 januari 2014
Företag: Bayer AB

Vanligast är att plantorna behandlas i plantskolan men det kan även behövas en manuell ombehandling i fält. Denna görs då vanligen på våren året efter plantering.

Plantskydd

Andra sätt att skydda plantorna har länge efterfrågats på grund av de risker som användningen av insekticider eventuellt medför med avseende på arbetsmiljö och skador på naturmiljön. Flera aktörer har sedan 1970-talet utvecklat olika mekaniska skydd som appliceras på plantan för hindra snytbaggen att äta på den attraktiva plantbarken.

De första skydden på 1970-talet var utvecklade för barrrotsplantor och under 1980-talet följde även skydd som kunde appliceras på täckrotsplantor.

Gemensamt var att de alla var tänkta att hindra snytbaggen från att komma fram till plantan genom att bilda en barriär i form av en hylsa eller liknande runt plantan (figur SPS22). Vissa skydd är försedda med en krage längst upp för att försvåra snytbaggen från att klättra över barriärskyddet, till exempel *Snäppskyddet* och *TENO-kragen*. En annan metod att försvåra klättring är att förse hylsskydd med halkbeläggning på utsidan, till exempel *Hylostop* och *Helast*.

En tredje kategori barriärskydd innesluter en stor del av plantan och avslutas med att ansluta tätt intill stammen för att hindra snytbaggar från att komma åt den skyddade delen av plantan. Exempel på sådana skydd är *Toppen* och *MultiPro*, den senare tillverkad av vaxat papper.



Figur SPS22 Plantor med barriärskydd. Snäppskyddet (till vänster) och Toppen (till höger). Foto Magnus Petersson.

Under 1990-talet utvecklades en ny typ av skydd som innebär att en flytande beredning appliceras på barken där den stelnar och bildar ett skyddande lager (figur SPS23). Appliceringen görs oftast genom sprutning i en anläggning i plantskolan men kan även utföras i fält.

Exempel på intressanta beläggningsskydd är:

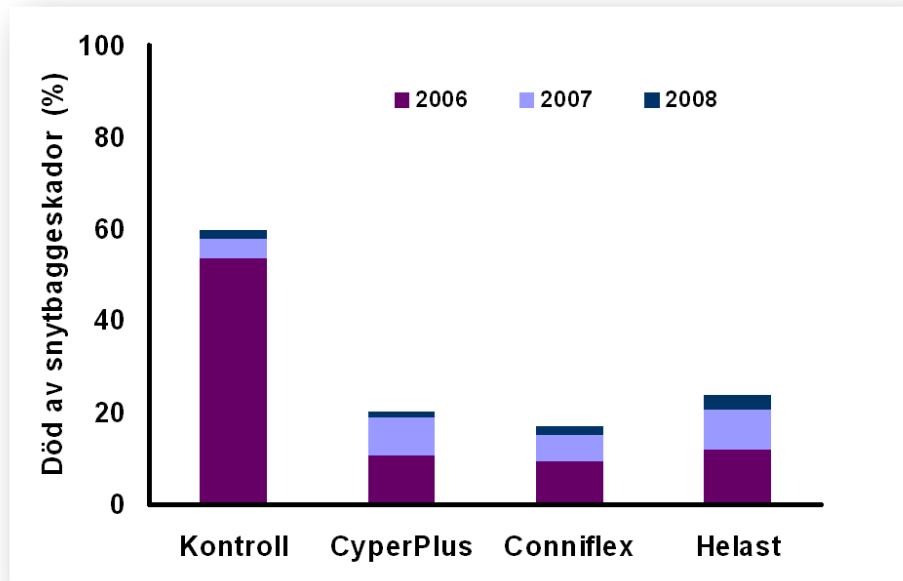
- *Bugstop* som består av uppvärmt vax som sprutas på plantorna för att sedan stelna när det svalnar.
- *Conniflex* som bildar en elastisk hinna på barken och denna hinna beläggs sedan med sand innan den stelnar.
- *BetaQ* som bildar en elastisk hinna på barken men utan någon sand.



Figur SPS23 Planta med beläggningsskyddet Conniflex. Foto Claes Hellqvist.

Sedan 1994 har SLU genomfört standardiserade tester av i stort sett alla skydd som utvecklats. Jämförelser har gjorts med obehandlade och insekticidbehandlade plantor och på hyggen med högt snytbaggetryck. Resultaten visar att de mest effektiva mekaniska skydden ger en skyddseffekt likvärdig med insekticidbehandling (figur SPS24).

Det finns ibland icke önskade sidoeffekter med de mekaniska plantskydden som behöver utredas ytterligare. I vissa fall har beläggningsskydden troligen orsakat nedsatt vitalitet hos plantorna, vilket i kombination med andra stressfaktorer kan orsaka avgångar. Barriärskydden innesluter plantorna och därför är det viktigt att skydden bryts ned när de inte längre behöver skydda plantorna mot snytbaggescador, annars riskerar de att strangulera plantan. Denna risk måste noga beaktas innan barriärskydd börjar användas. Ibland kan det omvända problemet inträffa, dvs att skydden bryts ner för snabbt, vilket kan gälla både barriär- och beläggningsskydd. Då kan svåra snytbaggescador inträffa året efter plantering, även om skyddet fungerade under första säsongen.



Figur SPS24 Andel plantor dödade av snytbagge efter ett, två och tre år. Resultat från ett storskaligt försök med mekaniska plantskydd. Efter Petersson (2009)⁹⁰.

För att använda mekaniska plantskydd i stor skala behöver massapplicering utvecklas, och det måste ske på ett sätt som gör att funktionen bibehålls. Dessutom måste totalkostnaden för skydd och applicering hamna på en för skogsbruket acceptabel nivå. Två exempel på storskalig applicering är behandling med *Bugstop* och *Conniflex*.

Barriärskydd:

- De bästa barriärskydden har i tester givit en skyddseffekt som är likvärdig med insekticidbehandling.
- Skydden bör hålla två år men därefter måste de brytas ner för att undvika strangulering av plantan.
- Teknik för massapplicering saknas.

Beläggningsskydd:

- De bästa beläggningsskydden har i tester givit en skyddseffekt som är likvärdig med insekticidbehandling.
- Teknik för massapplicering finns eller är på väg att utvecklas för täckrotsplantor.

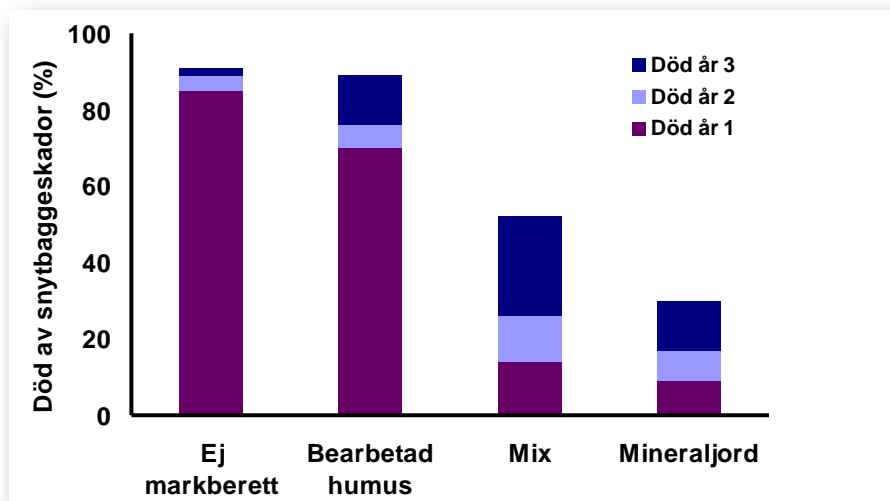
⁹⁰ Petersson, M. (2009). Storskaligt försök med mekaniska plantskydd mot snytbagge –slutrapport. SLU, Asa försökspark, Rapport nr 1-2009, 23 s.

Markberedning

Vid studier av markberedning som gjordes på 1970-talet upptäcktes att planter som planterades på markberedd skogsmark fick mindre snytbaggeskador jämfört med planter planterade i humus. Markberedningens reducerande förmåga visade sig i senare studier variera mycket mellan olika hyggen och metoder. Därför har utformning av markberedning och snytbaggens beteende undersökts noggrant för att få kunskap om hur den optimala planteringspunkten ska se ut för att reducera skadorna på plantorna.

Studier som undersökt beteendet visar att när snytbaggen kommer fram till en öppen mineraljordsyta så fortsätter den ut på mineraljorden men hastigheten ökar, den går rakare och är mindre benägenheten att stanna för att äta. Däremot stannar snytbaggen betydligt hellre för att äta på planter planterade i humus.

Kunskapen om hur marken närmast plantan påverkar snytbaggeskadorna är idag god och den viktiga faktorn har visat sig vara *mineraljord*. Planter omgivna av ren mineraljord utan någon inblandning av humus får minst skador av snytbagge. När humus blandas med mineraljord ökar skadorna. Bearbetad humus utan inblandning av mineraljord minskar inte skadorna nämnvärt jämfört med plantering i ostört humusskikt, vilket ger mest skador (figur SPS25).



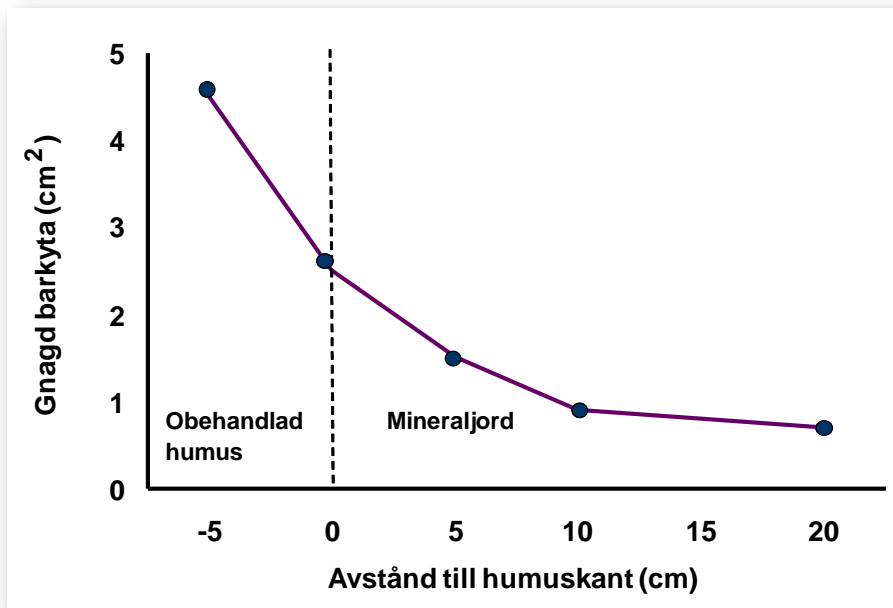
Figur SPS25 Andelen döda planter beroende på substrat och bearbetning (obehandlade planter). Efter Peterson m fl (2004)⁹¹.

Markberedningens effekter kan upphöra nästan helt redan andra säsongen efter markberedning. Att skadorna ökar så snabbt beror till stor del på att vegetation växer in i den markberedda ytan. Redan en gles inväxning av gräs gör att effekten upphör nästan helt. Även hög och tät vegetation som lutar in över den markberedda fläcken eller harvspåret ökar skadorna.

Storleken på den markberedda ytan har betydelse för skadenivån. När markberedningen är färsk ger även små fläckar av mineraljord minskade

⁹¹ Petersson, M., Örländer, G. & Nordlander, G. (2004). Soil features affecting damage to conifer seedlings by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forestry* 78: 83–92

skador. En yta på 40 cm med plantan i centrum är dock att rekommendera för att reducera skadorna effektivt under en längre tid. Däremot lönar det sig inte att skapa ännu större ytor med mineraljord (figur SPS26).



Figur SPS26 Genomsnittlig gnagd barkyta beroende på plantans avstånd till humuskant (obehandlade plantor). Plantering i mineraljordsfläck respektive obehandlad mark. Efter Örlander & Nordlander (1998)⁹².

Praktiska rekommendationer är att använda en metod som ger ren mineraljord, gärna en upphöjd planteringspunkt och ett avstånd mellan plantan och humuskanten på 20 cm. Metoder som motverkar inväxning av vegetation (t ex högläggning) är att föredra vilket ger en längre varaktighet av markberedningseffekten. Kort hyggesvila minskar risken för snabb igenväxning och förlänger därmed markberedningseffekten.

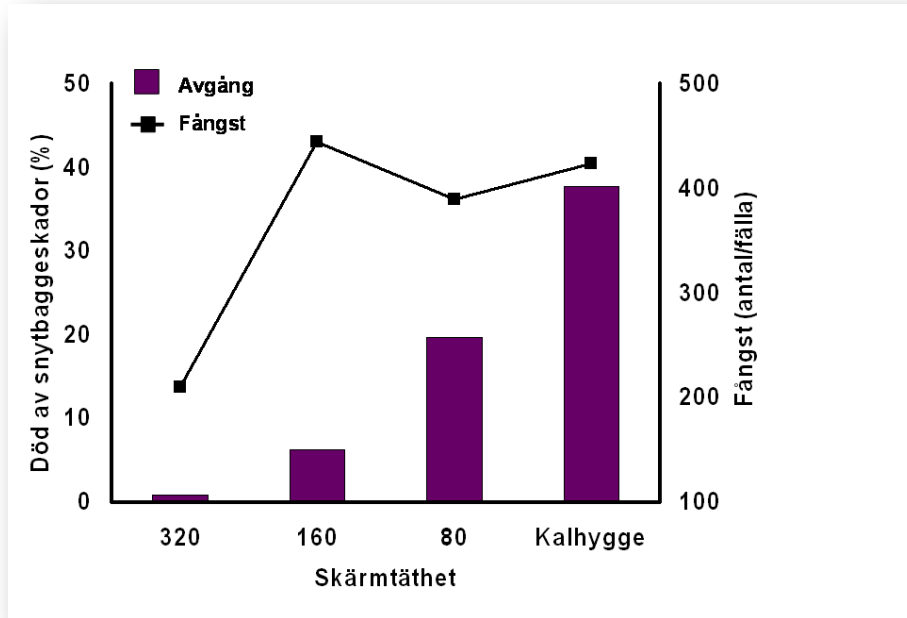
Sammanfattning – markberedning:

- Mineraljord är den avgörande faktorn för att minska skadorna.
- Inblandning av humus ökar skadorna.
- Markberedningen förlorar redan andra säsongen effekt när den åldras och växer igen.
- Storleken på markberedning bör vara ca 40 cm x 40 cm.

⁹² Örlander, G. & Nordlander, G. 1998. Skärmar, markberedning och andra skogsskötselåtgärder - kan de minska snytbaggesskadorna? *Kungl. Skogs- och Lantbr.akad. Tidskr.* 137: 57–67.

Skärmställning

Flera studier visar att skärmar ger plantor ett visst skydd mot snytbaggens gnag (figur SPS27). För att uppnå en god effekt krävs att skärmtätheten är minst 100–150 stammar per hektar eller en grundyta på minst 10 m². Både tall- och granskärmar reducerar snytbaggskadorna men av praktiska skäl är tallskärmar att föredra, då risken för stormskador är större för gran.

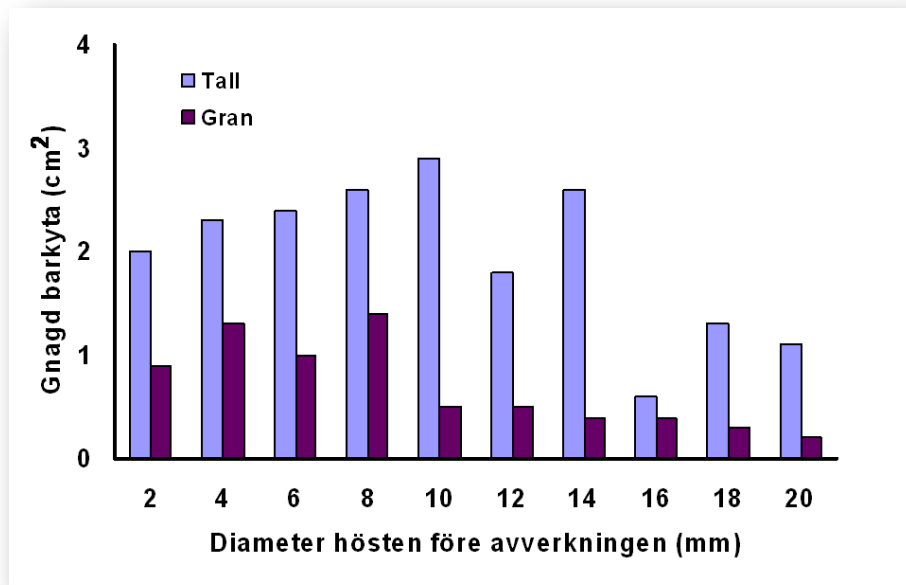


Figur SPS27 Snytbaggesskador på obehandlade granplantor planterade under skärmar av tall med olika täthet samt fällfångster av snytbaggar i de olika skärmtätheterna. Efter von Sydow & Örlander (1994)⁹³.

Det är inte helt klarlagt varför plantorna skadas i mindre utsträckning under en skärm och många hypoteser har testats i olika experiment. Huvudorsaken till skärmeffekten är sannolikt att skärmen tillhandahåller rikligare med annan föda för snytbaggen i form av rötter och olika växter jämfört med situationen på hygget. Under försommaren äter snytbaggen också på grenar i skärmträdens kronor, vilket också skulle kunna minska gnaget på plantorna men i så fall bara för en kort period. Däremot verkar inte antalet snytbaggar generellt vara lägre i skärmar än på hyggen.

Skärmen måste vid någon tidpunkt avvecklas för att gynna tillväxten i det kommande beståndet. Efter avveckling kan de färska stubbarna locka till sig en ny population snytbaggar. Storleken på plantorna vid avvecklingen har stor betydelse för hur plantorna klarar ett angrepp. Försök med skärmavveckling visar att plantorna bör ha nått en rothalsdiameter på minst 10 mm, helst mer om huvudträdslaget är tall (figur SPS28).

⁹³ von Sydow, F. & Örlander, G. (1994). The influence of shelterwood density on *Hylobius abietis* (L.) occurrence and feeding on planted conifers. *Scand. J. For. Res.* 9: 367–375.



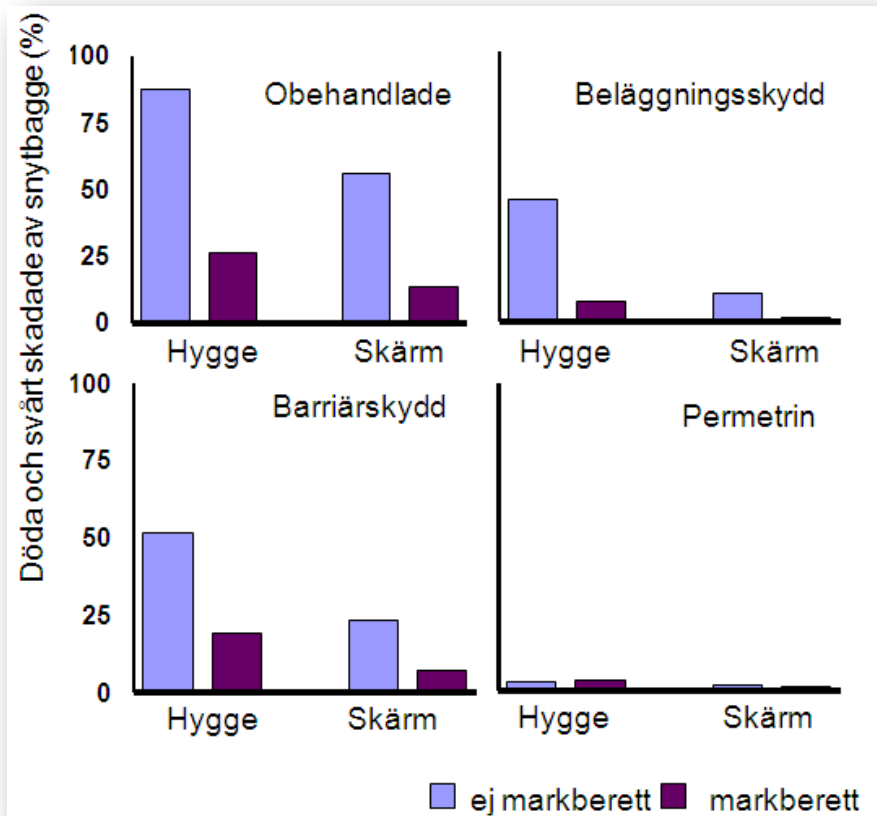
Figur SPS28 Genomsnittlig gnagd barkyta för obehandlade plantor med olika rothalsdiameter första året efter avveckling av skärmträd, jämförelse mellan gran och tall. Efter Wallertz m fl (2005)⁹⁴.

Kombinerade åtgärder

Det finns flera åtgärder som minskar skadorna av snytbagge på ett väsentligt sätt, framför allt markberedning, kvarlämnande av skärmträd, val av stora plantor, behandling med insekticider eller användning av mekaniska plantskydd. I områden med högt skadetryck är dock åtgärderna var för sig ofta inte tillräckliga för att reducera skadorna till en acceptabel nivå.

Studier och beprövad erfarenhet har visat att effekterna av olika åtgärder går att addera till varandra. Det betyder att om markberedning reducerar skadorna med t ex 20 % och insekticidbehandling med 20 % så kan en kombination av åtgärderna minska skadorna med uppåt 40 %. I praktiken används till exempel både markberedning och plantskydd och genom att välja stora plantor kan skadorna minska ytterligare (figur SPS29).

⁹⁴ Wallertz, K., Örlander, G. & Luoranen, J. (2005). Damage by pine weevil *Hylobius abietis* to conifer seedlings after shelterwood removal. *Scand. J. For. Res.* 20: 412–420.



Figur SPS29 Avgångar på grund av snytbaggeskador. Effekt av olika kombinationer av skogliga motåtgärder. Efter Petersson & Örlander (2003)⁹⁵.

Ju fler åtgärder som används desto lägre blir alltså skadorna men oftast betyder detta också en högre föryngringskostnad. Vilka åtgärder som väljs avgörs i praktiken av de restriktioner som ståndorten sätter, vilka metoder som finns tillgängliga och vad de olika åtgärderna kostar. Som exempel kan nämnas att ett bestånd med tallskog på lättbearbetad mark ger goda förutsättningar för skärmställning och markberedning som kan skapa planteringspunkter med mineraljord. Därför kan det vara ett bra val att satsa på dessa två metoder just här.

För att lättare kunna jämföra olika metoder har en datamodell utvecklats som från och med 2010 kommer att finnas tillgänglig på nätet⁹⁶. Med hjälp av modellen kan olika kombinationer jämföras med avseende på plantöverlevnad och kostnad.

⁹⁵ Petersson, M. & Örlander, G. (2003). Effectiveness of combinations of shelterwood, scarification, and feeding barriers to reduce pine weevil damage. *Can. J. For. Res.* 33: 64–73.

⁹⁶ <http://www2.ekol.slu.se/snytbagge/>

Läs mer om snytbagge på nätet:

Snytbaggen – biologi och aktuell forskning. ("Snytbaggehemsidan" – här finns bl.a. många aktuella forskningsrapporter och sammanställningar att ladda ner som pdf.): <http://www2.ekol.slu.se/snytbagge/>

Skogsskötselåtgärder mot snytbagge. Webbhandbok, 43 sidor:
http://www2.ekol.slu.se/snytbagge/attachment/snytbaggehandbok_v1_3.pdf

Läs mer om snytbagge i vetenskapliga artiklar:

En sammanställning finns på: <http://www2.ekol.slu.se/snytbagge/publ.php>

Nordlander, G., Bylund, H., Örlander, G. & Wallertz, K. (2003). Pine weevil population density and damage to coniferous seedlings in a regeneration area with and without shelterwood. *Scand. J. For. Res.* 18: 438–448.

Nordlander, G., Nordenhem, H. & Hellqvist, C. (2009). A flexible sand coating (Conniflex) for the protection of conifer seedlings against damage by the pine weevil, *Hylobius abietis*. *Agr. For. Entomol.* 11: 91–100.

Petersson, M., Örlander, G. & Nilsson, U. (2004). Feeding barriers to reduce damage by pine weevil (*Hylobius abietis*). *Scand. J. For. Res.* 19: 48–59.

Petersson, M., Örlander, G. & Nordlander, G. (2005). Soil features affecting damage to conifer seedlings by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forestry* 78: 83–92.

Örlander, G., Nilsson, U. & Nordlander, G. (1997). Pine weevil abundance on clearcuts of different ages: a 6-year study using pitfall traps. *Scand. J. For. Res.* 12: 225–240.

Större mägborren

Märgborrarna (*Tomicus* sp.) har fått sitt svenska namn på grund av sina näringsgnag i tallkronorna där de borrar sig in i och urholkar tallskott, som sedan ofta bryts och ramlar ner. I Sverige har vi två arter: större och mindre mägborren. Vid omfattande näringsgnag kan tallen förlora hundratals skott och då minskar barmmassan så mycket att tillväxten påverkas negativt. Genom att även knoppar förstörs påverkas tillväxten mer än vid motsvarande barrförlust vid t ex ett tallstekelan grepp. Kortvariga kraftiga angrepp (500–1000 skott per träd) kan ge en halvering av tillväxten under 3–5 år.

Förekomst

Märgborrarna är viktiga skadegörare på tallvirke och växande tallskog. Under 1970-talet drabbades tallskogen i stora delar av Mellansverige av omfattande tillväxtförluster, som utlöstes av stormskador hösten 1969 men som i grunden berodde på dålig skogshygien med omfattande sommarlagring av obarkat tallvirke under hela 1960-talet. Tack vare ökat skogsskyddsmedvetande under 1980-talet ser man numera de karaktäristiskt utglesade tallkronorna nästan enbart runt industrivedgårdar och virkesterminaler (figur SPS30).



Figur SPS30 Utglesade kronor i mägborreskadad tallskog i anslutning till virkesterminal. Foto Bo Långström.

Ofta avtar skadorna snabbt med avståndet och upphör inom 100 m från mägborrekällan men vid mångårig lagring har skadeeffekter uppmäts upp till 2 km från en industrivedgård.

Alla åldersklasser utom ungskog kan drabbas och skadorna blir värre på svagare marker, där återhämtningen sker långsammare. Under vissa förhållanden kan större mägborren även angripa och döda *försvagade tallar*. För detta krävs höga populationsnivåer och att trädens försvar är kraftigt reducerat genom barrförluster eller annan stress. Nyare forskning har visat att tallarna blir mottagliga för stamangrepp av större mägborren om de förlorat mer än 80 % av barmmassan. Det har också visat sig att större mägborren

har aggressiva *blånadssvampar* som bidrar till att bryta igenom tallens försvar så att angreppet lyckas och trädet dör. Även *rotskadade träd* kan angripas och dödas och efter stormen Gudrun år 2005 kunde man se mörkborredödade tallar lite här och där inom stormområdet. Omfattningen dödade träd var dock blygsam jämfört med granbarkborrens härjningar i granskogen i stormområdet.

Mörkborredödade träd får alltid en kraftig blånad i splintveden medan angripet virke bara får en ljus och ytlig blånad. Större mörkborren har därför ingen stor betydelse som virkesskadegörare.

Biologi

Större mörkborren (*Tomicus piniperda*) är mycket vanlig i hela landet och finns överallt där det finns tallskog. Globalt finns den från Nordnorge i norr till norra Spanien i söder och från Frankrike i väster till Japan i öster. Runt Medelhavet ersätts den av en snarlik art, medelhavsmörkborren (*T. destruens*). Sedan 1990-talet finns större mörkborren även östra USA och Kanada.

Större mörkborren är en ca 4–4,5 mm lång barkborre (figur SPS31). Färgen är mörkbrun men den kan också ha rödbruna täckvingar och är då väldigt lik mindre mörkborren. Mörkborrarna skiljs lätt från flertalet andra liknande bastborrar genom att de är glänsande och glest behårade (syns i lupp) medan t ex svarta bastborrarna är matta. Större mörkborren flyger tidigt om våren och svärmningen börjar när lufttemperaturen når upp till 12 °C i skuggan. Under de senaste åren har detta skett redan i månadskiftet mars – april i södra Sverige medan svärmningen i Norrland vanligen börjar ca en månad senare. Beroende på vädret kan svärmningen vara över på några veckor eller pågå under hela våren.

Under svärmningen lockas mörkborrarna av doften från färsk tall till yngelmaterialen. Honan av större mörkborren borrar in sig under tallens grova bark och anlägger sin modergång i vedens längsriktning. Äggen läggs i äggfickor längs modergångens kanter. Hanen finns också i gångsystemet och transporterar ut bormjölet som bildas så att karaktäristiska högar med blandat brunt bark- och vitt vedmjöl bildas på stammen och avslöjar var mörkborregången börjar. Äggen kläcks efter ca en vecka och larverna börjar gnaga sig fram i innerbarken så att det typiska gångsystemet med modergång och larvgångar växer fram (figur SPS31).



Figur SPS31 Vänster: Större mörkborre på tallskott. Foto Åke Lindelöw.
 Höger: Modergångar av större mörkborre. Foto Rune Axelsson.

Äggläggningen kan pågå under drygt en månad och efter avslutad äggläggning lämnar föräldradjuren yngelmaterialet. De flyger då upp i närståendes tallkronor för att näringsgnaga i tallskotten under resten av sommaren.

Under barken gnager larverna vidare i sina larvgångar och i mitten av juni kan de vara klara att förpupa sig i en puppkammare. Beroende på svärmningstid och väderlek kan de unga märgborrarna börja kläckas kring midsommar och kläckningen kan pågå långt in i juli. De unga skalbaggar är halmgula och flyger också upp i tallkronorna för att näringsgnaga och bli könsmogna.

Under näringsgnaget borrar märgborrarna in sig i unga tallskott i tallkronans övre del. Föräldradjuren borrar in sig i fjolårskotten redan i juni och då drabbas flera utväxande årsskott av varje angrepp medan ungskalbaggar i regel borrar in sig i årsskotten. Ibland ser man flera märgborrar i samma skott men i genomsnitt äter varje märgborre ur ett skott. Näringsgnaget pågår långt in på hösten och i oktober – november går märgborrarna ner längs stammen och borrar in sig vid stambasen för övervintring.

I hela Europa har större märgborren bara en generation per år och hos oss är det relativt ovanligt med syskonkullar, dvs att samma föräldrar lägger en andra omgång ägg samma sommar. Däremot kan en del av föräldradjuren (kanske en tredjedel) överleva till nästa år och svärma om då.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Märgborreskadorna kan förebyggas eller minskas genom *god skogshygien*, dvs genom att minimera tillgången på yngelmateriale för större märgborren under svärmningstiden på våren. Detta innebär att *stormfällda träd bör upparbetas i tid*, helst innan svärmningen men i vart fall före kläckningen. Eftersom större märgborren också angriper virke som lagts upp i vältor bör dessa också tas om hand före kläckningen.

Efter de omfattande märgborreskadorna på 1970-talet har man skogsskyddsbestämmelser baserade på skogsvårdslagens 29 § om insektshärjning, som reglerar hur obarkat tallvirke bör hanteras. I korthet säger reglerna att obarkat tallvirke bör tas om hand före 1 juli men att man får lämna upp till 5 m³sk per hektar utan åtgärd. Vidare rekommenderar man att röjningar utförs under ”märgborresäker” tid, dvs efter årets svärmning och före oktober så att röjningsavfallet hinner torka till nästa vår. Om man flisar avfallet kan man förstås röja året om. Lagring av angripet virke får ske utan åtgärd på stora terminaler (> 5 000 m³) men virkets ägare är ansvarig för eventuella skador på omgivande skog. Barkning, bevattning eller vattenlagring dödar larver och puppor. Besprutning av virke vid skogsbilväg med insecticid är tillåten i undantagsfall men rekommenderas inte och måste ske före svärmningen.

Mindre mörghorren

Mindre mörghorren är främst en virkesskadegörare. Dess blånadssvamp har låg aggressivitet och därför är mindre mörghorren en sekundär följeslagare till större mörghorren vid den senares angrepp på stående försvagade tallar. Bägge arterna gör ett likadant näringsnag i tallkronorna som kan ge betydande tillväxtförluster.

Förekomst

Jämfört med större mörghorren är mindre mörghorren (*Tomicus minor*) mer lokal i sitt uppträdande och i Sverige är den vanligast i Svealand. Den finns även i Europa och Asien där den förekommer mest i bergstrakter. Som skadegörare har den mindre betydelse än större mörghorren eftersom den är mer kräsen vid valet av yngelmaterial. Man hittar den främst under den tunna barken på vindfällda tallar och den förekommer också i grövre grenar (över 5 cm diameter). Däremot angriper den sällan röjningsvirke och den förekommer inte heller i massaved som lagts i välta före svärmningen. Därför är det främst vid stormfällningar och slutavverkningar som mindre mörghorren kan uppträda som skadegörare.

Biologi

Mindre mörghorren liknar större mörghorren men den har alltid rödbruna täckvingar och är i genomsnitt något mindre (3–4 mm lång). De tvärställda gångsystemen under den tunna barken är omisskännliga (figur SPS32).



Figur SPS32 Mindre mörghorre (till vänster) och dess modergångar (till höger). Foto Rune Axelsson.

Mindre mörghorrens biologi liknar i många avseenden större mörghorrens. Nedan betonas några av de viktigare skillnaderna. Svärmningen börjar ofta 1–2 veckor senare än större mörghorrens. Detta beror på att mindre mörghorren övervintrar i förnan under trädkronorna och särskilt efter snörika vintrar dröjer det innan marken blir bar och mindre mörghorren kan krypa fram. Efter snöfattiga vintrar flyger bägge arterna samtidigt. Den tvåarmade modergången görs av en och samma hona och mindre mörghorren är alltså också monogam.

Mindre mörghorren är associerad med en blånadssvamp (*Ophiostoma caninum*) och dess larver är beroende av denna svamp för sin utveckling. Svampen ympas i gångsystemet av föräldrarna och medan den växer till åter larverna innerbark men övergår helt till svampdiet efter första larvstadiet. Utvecklingstiden är längre än hos större mörghorren och mindre mörghorren

kläcks vanligen från mitten av juli till slutet av augusti beroende på hur sommaren varit. I hela Europa utvecklas bara en generation per år. Blånadssvampen *O. canum* ger en intensiv blånad i hela splintveden (figur SPS33) som inte accepteras i prima talltimmer men betydelsen är ändå begränsad, eftersom rotstocken med grov bark sällan angrips.



Figur SPS33 Märgborreblånat tallvirke. Foto Bo Långström.

Näringsgnaget är likadant som hos större märgborren, dvs både föräldradjur och ungskalbaggar flyger upp i tallkronor och holkar ur unga skott. Näringsgnaget pågår till senhösten. Övervintringen sker som ovan nämnts i förnan.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Den viktigaste åtgärden för att förebygga och minska skador av mindre märgborren är att *hålla nere mängden yngelmaterial*. Det handlar främst om att *inte lämna grova toppar* vid slutavverkning av tall samt om att *upparbeta vindfällna tallar i tid*, helst före svärmningen men i varje fall innan den nya generationen kläcks. Å andra sidan får man inte städa för mycket i skogen med tanke på den *biologiska mångfaldens* behov av ökande mängd död ved.

Det finns skogsskyddsbestämmelser baserade på skogsvårdslagens 29 § om insektshärjning som reglerar hur obarkat tallvirke bör hanteras.

Läs mer om mörghorrorar:

Annala, E., Långström, B., Varama, M., Hiukka, R. & Niemelä, P. (1999). Susceptibility of defoliated Scots pine to spontaneous and induced attack by *Tomicus piniperda* and *Tomicus minor*. *Silva Fenn.* 33: 93–106.

Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1990). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag. Stockholm. 355 s.

Långström, B. (1981). Mörghorreskadorna – ett skogsskyddsproblem. *Skogsfakta* 2/1981.

Långström, B. (1991). Mörghorreskadornas inverkan på tallens tillväxt och fysiologi. *Skogsfakta* 19/1991.

Långström, B. (1992). Mörghorreskadorna och tillväxtförluster efter tre års lagring av obarkat barrvirke. *Skogsfakta* 15/1992.

Långström, B. (2006). Insektsskador, svampsjukdomar och brand, s. 79–84 i: Stormen 2005 – en skoglig analys. *Meddelande* 1–2006. Skogsstyrelsen.

Långström, B. (2006). Insekts- och svampskador efter stormen, s. 43–60 i: Agestam, E., Bergquist, J., Bergqvist, G., Johansson, K., Langvall, O., Långström, B. & Petersson, M. Stormskadad skog – förnygring, skador och skötsel. *Meddelande* 9–2006. Skogsstyrelsen.

Långström, B. & Solheim, H. (2001). Vem dödar trädet – mörghorren eller dess blånadssvamp? *Fakta Skog* nr 11/2001.

<http://www-skogsskada.slu.se>

<http://skogskada.skogoglandskap.no>

Röd tallstekel

Den röda tallstekelns larver angriper tallar från röjningsålder och uppåt. Betning orsakar tillväxtförluster och fleråriga angrepp kan stressa träden. Åtgärder är dock aktuella endast vid kraftiga angrepp.

Förekomst

Den röda tallstekeln (*Neodiprion sertifer*) finns i hela Götaland, Svealand samt i Norrlands kusttrakter. Kraftiga skador uppträder mer eller mindre regelbundet i Östergötland, Värmland, Dalarna, Uppland och i Hälsingland. Vissa år angrips 1000-tals ha tallskogar från röjningsålder och äldre. Larverna kan utvecklas på olika tallarter. Både *vanlig tall* och *contortatall* är lämpliga värdträd för larverna. Contortatall tycks vara mycket attraktiv och lämplig som föda och utbrott är inte ovanliga i contortaskog. Det är inte ovanligt att finna enstaka kolonier på berg- eller svarttall i trädgårdar.

Larverna äter till dominerande del på *fjolårsbarren*. Vid starka och fleråriga angrepp glesas tallkronorna ut kraftigt (figur SPS34). Angripna grenavschnitt mister ofta samtliga barr. De vissna fjolårsbarren sitter dock kvar några veckor och ger träden en mycket karakteristisk orange-brun färg på håll (figur SPS35). Skotttillväxten stannar upp.



Figur SPS34 Angrepp av röd tallstekel kan leda till tallkronornas kraftiga utglesning. Foto Åke Lindelöw.



Figur SPS35 Efter ett angrepp sitter de vissna fjolårsbarren kvar några veckor och ger träden en mycket karakteristisk orange-brun färg. Foto Åke Lindelöw.

De grågröna larverna sitter tillsammans i kolonier om 20–40 individer på grenarna under maj–juni. En härjning pågår ofta 2–4 år och därefter kraschar populationen eftersom naturliga fiender, sjukdomar (virus) eller födo-
 brist gör att flertalet larver inte når full utveckling. Parasitering och predation på äggen är också vanligt.

Biologi

Hanarna är svarta med utpräglad kammade antenner medan honan är röd-brun med enkelt byggda antenner. Honans röd-bruna färg har gett arten dess svenska namn. De ljusgula äggen är svåra att se då de ligger helt dolda i separata fickor i barren. Fickorna som sitter i regelbundna rader är lätta att se som ljusa fläckar i kanten på barren. Larverna lever i kolonier om 20–40 individer (figur SPS36). De är ljust grågröna med litet mörkare längsband samt har ett svart huvud. Som försvar kan alla larver i en koloni exakt samtidigt hastigt böja upp främre delen av kroppen och ut genom munnen utsondra en kådblandad illasmakande salivdroppe. Detta beteende hos flera tallstekelarter har gett dem det gemensamma namnet ”spritmaskar” och uttrycket ”alla grabbar på en gång” finns också i många äldre läroböcker i skogsentomologi. Den fullväxta, ca 2,5 cm långa larven spinner en seg ljus-brun kokong nere i förnan eller nedtill på stammen. I kokongen förpuppar sig larven. Puppen är en så kallad fri puppa på vilken man kan se anlag till de ben och antenner som den färdiga insekten har.

Röda tallstekeln har en helt avvikande utvecklingscykel jämfört med andra tallsteklar som flyger på försommaren och övervintrar som larv i kokong. Svärmning och äggläggning sker under varma dagar i september – oktober. Honan sitter i en tall och avger ett sexualferomon vilket lockar hanarna som flyger runt träden och söker efter honor. Efter parningen lägger honan äggen i särskilda fickor som ”sågas” upp i kanterna på årsbarren.

I slutet av maj till början av juni påföljande år kläcks larverna. De äter under juni och början av juli. De unga larverna börjar äta de barr i vilka äggen lades och dessa delvis uppätta barr brukar sitta kvar och vissna. Senare äts alla äldre barr och skotten blir helt kala. I samband med födobrist äter larverna också av årsbarrren. Under sensommaren lämnar larverna träden och spinner en kokong i marken. Huvuddelen av larverna förpuppas efter några veckor och den nya generationen kläcks samma höst. En del av larverna kan ligga kvar i *diapaus* (vila) ett eller flera år för att sedan kläckas.



Figur SPS36 ”Sprittmaskar” – som försvar kan alla larver i en tallstekelkoloni böja upp främre delen av kroppen. Foto Åke Lindelöw.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Olika studier antyder att tre års tillväxt förloras om larverna ätit upp alla äldre barr under ett par års tid och det tar 5–10 år innan trädet återfått sin normala tillväxt. Upprepade kraftiga angrepp kan medföra att träd kan dö eller dödas av sekundära insektsarter såsom mörghärlor och tallvivlar. Träden överlever oftast även svåra angrepp. Detta gäller särskilt om beståndet är tätt och träden konkurrerar om ljus och näring. Om andra kalamiteter inträffar samtidigt kan träden stressas i än högre grad. Gremmeniella, näringsgnag av tallblomvivlar och angrepp av tallbarrgallmyggor som drabbar årsbarrren kan innebära att merparten av barrskruden dör eller äts upp.

Ståndorten tycks ha betydelse för arten. Främst angrips bestånd på sedimentmarker och myrmarker, men angrepp förekommer också på morän- och före detta åkermark. En viktig faktor som reglerar antalet tallsteklar är förekomst av smågnagare som äter kokonger i förnan.

Utbrott av röd tallstekel kan inte förebyggas. Direkt bekämpning för att stoppa upp en pågående härjning fordrar dispens från Kemikalieinspektio-

nen. Idag finns inga preparat registrerade att använda för bekämpning av röd tallstekel. I Sverige har ingen bekämpning av röd tallstekel ägt rum de senaste 25 åren. Röda tallstekelns virus är artspecifikt och har använts för biologisk bekämpning. I Norge och Finland har dock så sent som 2007 respektive 2008 mindre arealer behandlats med virus.

Ett sätt att minska skador är att vänta med röjning och gallring tills att ägglägningsperioden avslutats. Då kommer äggen att spridas på fler träd-individer, varav en del tas ut i röjningen eller gallringen och antalet ägg lagda på de kvarstående träden blir lägre. Sekundära skadegörare såsom mörghjortar och tallvivlar kan, om de finns i mängd angripa och lägga ägg i försvagade träd som då kan dö. Röjda och gallrade bestånd med hög vitalitet står normalt emot dessa angrepp.

Användning av fångstvirke syftar till att erbjuda skadeinsekter ett alternativ och på så sätt locka dem från de stående försvagade träden. Fångstvirket transporteras ut ur skogen innan en ny generation insekter hinner kläckas och lämna veden.

Läs mer om den röda tallstekeln:

Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1990). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag. Stockholm. 355 s.

Olofsson, E. (1985). Tallsteklarna – våra vanligaste barrätande insekter. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 2-1985.

Olofsson, E. (1988). Virusbekämpning av röda tallstekeln – förutsättningar och möjligheter. *Skogsfakta* 54/1988. SLU.

Olofsson, E. (1989). Röda tallstekeln – biologi, skoglig betydelse, åtgärder. *Skogsfakta* 58/1989. SLU.

<http://www-skogsskada.slu.se>

<http://skogskada.skogoglandskap.no>

Liten tallstekel

Den lilla tallstekeln finns på tallarter i hela landet. Vid kraftiga angrepp kan merparten av barren vissna och dö, vilket medför tillväxtförluster eller att träden dör. Omfattande plantdöd innebär nya kostnader för beståndets etablering om det ska planteras på nytt. Utebliven produktion under flera år innebär ytterligare förluster. Angreppen kan omfatta 100- eller 1000-tals ha.

Förekomst

Lilla tallstekeln (*Microdiprion pallipes*) lever på vanlig tall men också andra tallarter, inklusive contortatall. Kalätning drabbar enbart bestånd som är under 2 meter och särskilt plantskog under meters höjd (figur SPS37). Kraftiga skador uppträder mer eller mindre regelbundet i Dalarna och norra Norrland. Lokalt kan smärre skador inträffa i södra Sverige.

Utbrott av lilla tallstekeln uppträder enbart på flacka marker på magra ståndorter. I Dalarna och Lappland på kärva tallhedar, främst i höjdlägen, kan skadorna bli stora. Vad som orsakar utbrotten i bestämda områden är oklart.



Figur SPS37 Blandning av barr som pekar "fel" och delvis vissnar ger en karaktäristisk skadebild för angrepp av den lilla tallstekeln. Foto Åke Lindelöv.

Biologi

Hanan är svart med kammade antenner och honan något ljusare. Den färdiga insekten är 4–7 mm lång. Honan lockar till sig hanar med hjälp av feromon. Den kan inte lägga obefruktade ägg såsom till exempel röda tallste-

keln. Vanligtvis lägger honan ett ägg per barr, men både två eller tre förekommer ibland. De ljusgula äggen är svåra att se då de ligger helt dolda i separata fickor i barren.

Lilla tallstekelns larver kläcks mitt i sommaren när årets barr börjat utvecklas. Larverna lever enskilt och är svåra att se eftersom de har samma gröna färg som barren och dessutom har gul-gröna ränder längs kroppen. I pannan på det svarta huvudet finns en ljus månfläck (figur SPS38). De nykläckta larverna äter först vid basen på årsbarren. Detta får barren att böja sig utåt och ganska snart vissna. Larven fortsätter att röra sig från barr till barr och ta en liten munsbit här och där. Senare äter larven barren från spetsen och inåt, men lämnar ofta den innersta delen orörd. Blandningen av barr som pekar fel och delvis vissnar ger en mycket karakteristisk skadebild (figur SPS37). Efter några veckor äter larverna av de äldre barrårgångarna. Om barren tar slut kan larverna vandra över till andra träd. Under sensommaren lämnar de fullväxta larverna trädet. Den fullväxta 1,5 cm långa larven spinner en seg ljusbrun 5–7 mm lång kokong nere i förnan.



Figur SPS38 Larver av den lilla tallstekeln är svåra att se eftersom de har samma gröna färg som barren och gul-gröna ränder längs kroppen. Foto Erik Nyberg.

Larven övervintrar i kokongen. Larver kan stanna i kokongen under flera år, så kallad överliggning (diapaus). De flesta larver kläcks dock redan efter en övervintring. På våren förpuppar sig larven inne i kokongen för att kläckas under maj–juni. Efter en kort pupptid gnager de fullbildade steklar- na inifrån av ett pryddligt ”lock” i en ändan av kokongen och kryper ut i det fria.

Till skillnad från andra tallsteklar är den lilla tallstekeln en god flygare som snabbt tar till vingarna om den oroas. Om vädret är svalt släpper den sig ned på marken.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Utbrott av lilla tallstekeln kan inte förebyggas. Idag finns inga preparat registrerade att använda för bekämpning av lilla tallstekeln. Eftersom den lilla tallstekeln är en god flygare och effektivt kan sprida sig ut i unga planteringar på stora hyggen kan man hävda att omfattande skador i särskilt utsatta områden förebyggs genom att inte ta upp stora hyggen: Med andra ord skulle skador kunna undvikas genom att tillämpa ett kalhyggesfritt skogsbruk. Möjligheter att prognostisera risk för utbrott är dock begränsade.

Läs mer om den lilla tallstekeln:

Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1990). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag. Stockholm. 355 s.

Olofsson, E. (1985). Tallsteklarna – våra vanligaste barrätande insekter. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 2/1985.

Forsslund, K.H. (1960). Studier över lilla tallstekeln, *Diprion pallipes* (Fall.). *Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut* 49:8.

<http://www-skogsskada.slu.se>

<http://skogskade.skogoglandskap.no>

Svart granbastborre

Svart granbastborre har en liknande biologi som snytbaggen och de finns ofta tillsammans. Till skillnad från skador förorsakade av snytbagge som sker under de närmaste åren efter avverkning inträffar skador av granbastborre i huvudsak något eller några år senare. Märkligt nog har i Sverige inga nämnvärda plantskador förorsakade av den lika allmänna svarta tallbastborren noterats i tallplanteringar.

Förekomst

Den svarta granbastborren (*Hylastes cunicularius*) är en av de allmännaste insektsarterna i granskog och finns i hela landet. Skador på plantor finns också på många ställen men, avgångar i granplanteringar av betydelse förekommer i Hälsingland, Medelpad, Jämtland, Ångermanland samt Västerbotten.

Ofta medför gnaget ringbarkning av plantorna som vissnar efter hand. Färgen övergår från friskt grön till gul-grön och därefter blir barren rödbruna under en kort tid innan de faller av. Kvar blir en gråaktig och barrlös död planta, som ganska snabbt bryts ned och försvinner. Om döda plantor påträffas och dras upp sitter de påtagligt löst i jorden eftersom bastborrarna ätit av all bark (figur SPS39).



Figur SPS39 Gnagskador av den svarta granbastborren börjar ofta vid markytan och fortsätter ner efter rötterna. Foto Rune Axelsson.

Plantgnag kan påträffas upp till 7–8 år efter avverkning i norra Sverige. Orsakerna till denna fördröjning i skadornas uppträdande är oklar. Bastborrarna koloniserar de nydöda rötterna efter avverkning och har en utvecklings- och generationstid som snytbagge, men finns uppenbarligen kvar på hygget under många år. Föräldrabaggarna kan leva två år och reproducera

sig och troligen kan flera generationer utvecklas i stubbar vars rötter hållit sig färska under flera år. Mängden lämpliga rötter är stor efter en avverkning och i dessa sker en kraftig ökning av populationen.

Biologi

Svart granbastborre är en cylindrisk, ca. 4–5 mm lång, svart, något glänsande skalbagge med korta ben och antenner (figur SPS40). De vit-gula, drygt mm-stora äggen läggs i separata fickor inne i barken på granrötter. Larverna blir ca 7–8 mm innan de förpuppas. Färgen är vit-gul med ett ljusbrunt huvud. Puppen är vit och är en så kallad fri puppa på vilken man kan se anlag till de ben och antenner som den färdiga insekten har. Den nykläckta skalbaggen är brun men blir efter hand svart då den uppnår könsmognad.



Figur SPS40 Svarta granbastborrar. Foto Rune Axelsson.

Bastborrarna flyger under försommaren och söker nydöda granar. De kryper på marken och lokaliserar rötter nere i jorden med ledning av dofter som dessa avger. De kan gräva ned sig till rötter på mer än en halv meters djup. Honan gnager sig in genom barken åtföljd av en hane. Honan gnager en längsgående modergång som är ca 5 cm lång. I kanten på denna lägger hon sedan äggen ett och ett i separata fickor.

Larverna äter av det näringsrika döende kambiet under sommaren och övervintrar som larv. Föräldraskalbaggarna lämnar efter avslutad äggläggning och övervintrar och kan fortsätta att yngla året därpå. Larverna förpuppas under högsommaren och ungskalbaggar gör sitt mognadsgnag (näringsgnag) på rötterna eller söker andra rötter som kan vara levande. Ibland finner de plantor och kan äta på rothalsen och rötterna. Larvutveckling och näringsgnag kan också ske i bark på ved som ligger an mot markytan med bibehållen fukt.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Angrepp under flera år kan leda till en sammanlagd stor plantförlust. På enskilda hyggen kan mer än hälften av plantorna angripas och dö. De plan-

tor som överlever gnagen behöver en återhämtningsperiod vilket minskar produktionen. Vid kraftiga angrepp behövs hjälp- eller omplantering, vilket innebär extra kostnader för nya plantor och arbete. Angrepp kan leda till förlorad produktion på grund av missad hygges- och markberedningseffekt.

Antalet bastborrar kan förmodligen inte påverkas (om man inte drar upp alla stubbrötter). Hyggesvila kan inte gärna rekommenderas då skadeperioden kan utsträckas under mer än 6–7 år. Markberedning, användning av stora plantor och skyddsbehandling med insecticid kan vara effektivt. En del fysikaliska skydd har begränsad effekt då baggarna kryper nere i jorden och kan ta sig förbi barriärer av olika slag och ändå nå plantan.

Läs mer om den svarta granbastborren:

Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1990). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag. Stockholm. 355 s.

Lindelöw, Å. (1993). Svarat granbastborren – betydelsefull skadegörare i granplanteringar. *Skogsfakta 2/1993*. SLU.

<http://www-skogsskada.slu.se>

Barrätande insekter på tall

Vanlig tallstekel (*Diprion pini*), tallmätare (*Bupalus piniaria*), barrskogsnunna (*Lymantria monacha*) och tallfly (*Panolis flammea*) äter alla barr på tall.

Förekomst

Dessa insekter finns utbredda upp till i södra Norrland, utom barrskogsnunna som inte finns norr om Dalälven. Kraftiga skador har framför allt inträffat i sydöstra delen av landet. Vissa år angrips 1000-tals ha tallskogar. Kolmården, Hökensås och östra Skåne är områden där några arter haft stora utbrott. Både *vanlig tall* och *contortatall* är lämpliga värdträd för larverna. Barrskogsnunna lever dessutom på *flera andra barrträd* såsom gran och lärk.

Larverna äter *alla barrårgångar*. Vid utbrott kan larverna äta upp alla barr med kalätning som följd. Vid starka och fleråriga angrepp glesas tallkronorna ut kraftigt. Årsskottslängden minskar dramatiskt och en del toppar och grenar torkar och dör.

Upprepade kraftiga angrepp kan medföra att träd försvagas och kan dö eller dödas av sekundära insektsarter såsom mörghjortar och tallvivlar. Detta gäller särskilt om beståndet är tätt och träden konkurrerar om ljus och näring. Om andra kalamiteter inträffar samtidigt kan träden stressas i än högre grad, till exempel i samband med angrepp av Gremmeniella, storm-, snöbrotts- och torkskador.

En härjning pågår ofta 1–3 år och därefter kraschar populationen eftersom naturliga fiender, sjukdomar (virus) eller födobrist gör att flertalet larver inte når full utveckling. Ståndorten tycks ha betydelse för arterna. Främst angrips bestånd på magra och torra ståndorter, men angrepp förekommer också på morän- och f d åkermark. Hökensås och östra Skåne är klassiska utbrottsområden för dessa arter.

Biologi

Vanlig tallstekel har en helt avvikande utvecklingscykel jämfört med den röda tallstekeln. Den vanliga tallstekeln kläcks och flyger under försommaren. Svärmning och äggläggning sker under varma dagar i juni-början av juli. Honan sitter i kronan på en tall och avger ett sexualferomon vilket lockar hanarna som flyger runt träden och söker efter honor. Efter parningen lägger honan äggen i särskilda fickor som "sågas" upp i kanterna på barrren.

Larverna utvecklas under sensommaren och de fullbildade larverna söker sig ned i förnan där de spinner en kokong. De unga larverna börjar äta de barr i vilka äggen lades och dessa delvis uppätta barr brukar sitta kvar och vissna. Senare äts alla äldre barr och skotten blir helt kala. Efter övervintring som larv i kokongen förpuppar sig larven i juni och den färdiga insekten visar sig i juni. Larverna kan utvecklas på olika tallarter. Det är inte ovanligt att finna enstaka kolonier på berg- eller svarttall i trädgårdar.

Barrskogsnunna (figur SPS41), *tallmätare* och *tallfly* utvecklas som larver under sommaren. Den förstnämnda övervintrar som ägg och de andra två i puppstadiet. Tallfly flyger tidigt på våren, tallmätaren vid midsommartid och barrskogsnunna först i juli/augusti.



Figur SPS41 Barrskogsnunna, larv. Foto Åke Lindelöw.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Utbrott av dessa insekter kan inte förebyggas. I många länder pågår *fortlö-pande övervakning* av dessa arter i beredskapssyfte. Idag finns inga preparat registrerade att använda för bekämpning. I Sverige har under de senare decennierna tallmätare och barrskogsnunna bekämpats med *Bt* (se faktaruta i avsnittet *Molekyläbiologi och bioteknik*) med dispens från Kemikalieinspektionen.

Väntar man med röjning eller gallring tills att ägglägningsperioden avslutats kommer äggen att spridas på fler trädindivider, varav en del tas ut i röjningen eller gallringen och antalet ägg lagda på de kvarstående träden blir lägre. Sekundära skadegörare såsom märgborrar och tallvivlar kan, om de finns i mängd angripa och lägga ägg i försvagade träd som då kan dö. Röjda och gallrade bestånd med hög vitalitet står normalt emot dessa angrepp. Dock är granen känslig för angrepp av barrskogsnunna. Användning av fångstvirke syftar till att erbjuda dessa insekter ett alternativ och på så sätt locka dem från de stående träden. Fångstvirket transporteras ut ur skogen innan en ny generation insekter kläcks och lämnar veden.

Hjortvilt

Hjortvilt tillhör de mest betydande skadegörarna på skog både i Sverige och övriga Europa, Nordamerika och på många andra håll. I Sverige är det främst älg (*Alces alces*; figur SPS42) och rådjur (*Capreolus capreolus*) som orsakar skador men lokalt kan även kronhjort (*Cervus elaphus*) och dovhjort (*Dama dama*) orsaka skador. Skadeproblematiken beror till övervägande del på förhållandevis täta populationer.

Förekomst

Under 1800-talet och det tidiga 1900-talet var hjortviltpopulationerna betydligt glesare än idag både i Sverige och andra länder och har sedan dess tillväxtit kraftigt under 1900-talets andra halva. Denna tillväxt antas främst bero på ändringar i markanvändning (t ex nedläggning av jordbruk och införande av takhyggen i skogbruket), avskjutningsrestriktioner och brist på rovdjur.

Skadorna av hjortdjuren har successivt ökat med tiden under 1900-talet och skogsbruket har haft betydande problem att hitta effektiva sätt att hantera skadeproblematiken, trots att frågan har diskuterats under åtskilliga decennier⁹⁷. Hjortviltet har, till skillnad från många andra skadegörare, ett betydande egenvärde, främst som jaktbyte⁹⁸, som gör att avskjutning vanligen inte används fullt ut för att minska skadeproblematiken.



Figur SPS42 Älgen orsakar omfattande och ekonomiskt betydande skogs-skador i Sverige. Foto Petri Timonen.

⁹⁷ Kardell, L. (2000). Har vi sett några resultat av ett sekels viltskadedebatt? *Skog & Forskning* 2: 28–34.

⁹⁸ Mattsson, L., Boman, M. & Ericsson, G. (2008). Jakten i Sverige –Ekonomiska värden och attityder jaktåret 2005/06. Adaptiv förvaltning av vilt och fisk: *Rapport* nr 1. ISSN 1654-8310.

Skador

Hjortviltet kan skada en planta eller ett träd på ett flertal olika sätt. Det vanligaste är genom att beta på skotten men skador sker ofta även genom att de äter av barken, fejar hornen på stammen, trampar på plantan, bryter av toppen och på andra sätt. Vid höga tätheter kan hjortviltet omforma skogslandskapet genom att föryngringen av vissa trädslag kraftigt minskar⁹⁹.

Ett högt betestryck kan även leda till att sammansättningen av fältvegetationen förändras i grunden.

På unga hyggen kan detta observeras som att risväxter, örter och föryngring av träd (både självsådda och kulturplantor) minskar medan gräsen ökar i omfattning. Gräsen är relativt lågt rankade som foderväxter för älg och rådjur och vid högt betestryck kan hyggesvegetationen för en tid omformas till grässavanner¹⁰⁰.

Skottbete

Bete på skotten sker främst genom att skottspetsarna äts upp. Detta beteende kan förkomma hela året på både barr- och lövträd, men det är vanligast vintertid. Skott som är för grova undviks då den osmältbara veden i mitten utgör allt för stor del. Rådjur brukar äta skott klenare än ca 2–3 mm¹⁰¹ medan älgen vanligen äter upp till ca 4 mm grova skott¹⁰².

Toppskottet är mest attraktivt och betas först om plantan är i lämplig storlek, vilket för rådjur innebär under ca 1 m höjd och för älg under ca 2 m höjd. Det är framför allt toppskottsbetet som orsakar svåra ekonomiska skador genom tillväxtnedsättningar och kvalitetsdefekter. Under försommaren kan hjortdjuren ibland beta ganska hårt på färska skott av barrträd¹⁰³. Detta beteende är mindre vanligt i Sverige jämfört med Mellaneuropa men lokalt kan försommarbete av älg orsaka svåra skador på unga tallar¹⁰⁴.

Under sommaren kan även lövträd skadas genom lövrepning när en hel kvist dras genom mulen för att komma åt bladen, ofta dödas då hela kvisten genom att barken repas sönder. Skottbete av hjortdjur kan, åtminstone på lite grövre skott, skiljas från bete av harar och andra gnagare genom att bettytan är något ojämn och fransig och ofta, men inte alltid, är den vinkelrät mot skottaxeln medan bettytan från harar och gnagare är mycket jämn och ofta lite sned i förhållande till skottaxeln.

Det finns en tydlig preferens hos hjortdjuren mellan olika trädslag. Denna preferens är aldrig exakt utan varierar över tiden, mellan olika lokaler och mellan olika hjortdjursarter. Utifrån olika studier kan ändå följande ungefär-

⁹⁹ Gill, R. M. A. (1992). A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry* 65: 145–169.

¹⁰⁰ Bergquist, J., Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Deer browsing and slash removal affect field vegetation on south Swedish clearcuts. *For. Ecol. Man.* 115: 171–182.

¹⁰¹ Bergström, R. & Bergqvist, G. (1997). Frequencies and patterns of browsing by large herbivores on conifer seedlings. *Scand. J. For. Res.* 12: 288–294.

¹⁰² Jia, J., Niemelä, P. & Danell, K. (1995). Moose (*Alces alces*) bite diameter selection in relation to twig quality on four phenotypes of Scots pine *Pinus sylvestris*. *Wildlife Biol.* 1: 47–55.

¹⁰³ Gill, R. M. A. (1992). A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry* 65: 145–169.

¹⁰⁴ Bergström, R., Bergqvist, G. & Burström, L. (2008). Försommarbete på tall – ett skogligt problem. Skogforsk, *Resultat* nr 1–2008.

liga preferenslista sätts upp där 1 anger högst prefererad och 5 att trädslaget vanligen undviks:

1. Ek, asp, rönn, sälg
2. Ask, fågelbär, alm, lönn
3. Vårtbjörk, bok, tall, lind, douglasgran, lärk
4. Glasbjörk, klibbal, contorta
5. Gran, gråal, sitkagran

Skottbetet är den skadetyp som vanligen har den största inverkan på trädens utveckling. Visserligen har varje enskilt bett inte så stor inverkan och även efter att ha varit utsatta för ett hårt betetryck kan träden relativt snabbt reparera skadorna om betet upphör. Den stora ekonomiska skadan består istället av att skottbete är så oerhört vanligt och när det riktas mot toppskotten under flera år så reduceras höjdtillväxten och tekniska defekter som sprötkvist, krökar och i värsta fall flerstammighet blir följden. Den buskighet som träden utvecklar efter tidigt toppskottsbete läker vanligen ut sig när plantan har vuxit ur den höjd där risken för skador är som störst¹⁰⁵.

Den avgång som ofta sker vid intensivt skottbete beror vanligen inte på att plantan dör genom förlust av grön biomassa utan på att konkurrensförmågan sätts ned och att annan vegetation växer förbi och kväver plantan eller att andra sekundära skadegörare slår ut den.

Toppbrytning

Toppbrytning utgör egentligen en variant av skottbete där främst älg bryter av toppen på unga träd som annars har vuxit ur lämplig beteshöjd. Träd mellan 2–4 meter tycks vara mest utsatta. Efter nedbrytningen genomför älgen ett skottbete på toppen som då hänger ned.

Effekterna av toppbrott liknar de av toppskottsbete men är mer destruktiv för plantan eller det unga trädet. Vanligen överlever trädet skadan och en sidogren reser sig och bildar en ny topp men resultatet blir då en så kallad bajonettkrök som kraftigt sänker virkeskvaliteten. Effekten av en sådan skada blir större ju längre ned på stammen som brottet sker. Sker det nedanför andra grenvarvet så är sannolikheten liten för att rotstocken skall duga till sågtimmer ens av sämsta kvalitet¹⁰⁶.

Barknag och barkflängning

Barknag och barkflängning, är betydligt mindre vanligt än skottbete. Det är älg och kronhjort som ägnar sig åt denna typ av födosök medan rådjur och dovhjort vanligen inte gör det. Skadan är allvarligare än skottbete eftersom veden blottläggs och ofta blir infekterad av rötsvampar.

Det är huvudsakligen barknag av älg på relativt unga tallar som utgör det stora problemet ur skoglig synpunkt och skadan tycks vara vanligare i södra

¹⁰⁵ Bergquist, J., Bergström, R & Zakharenka, A. (2003). Responses of young Norway spruce (*Picea abies*) to winter browsing by roe deer (*Capreolus capreolus*): Effects on height growth and stem morphology. *Scand. J. For. Res.* 18: 368–376.

¹⁰⁶ Heikkilä, R. & Löyttyniemi, K. (1992). Growth responses of young Scots pines to artificial shoot breaking simulation moose damage. *Silva Fenn.* 26: 19–26.

Sverige än i norr ¹⁰⁷. Kronhjort och i viss mån älg kan lokalt orsaka svåra skador på medelåders granar men denna skadetyper är relativt dåligt studerad i Skandinavien. Flera lövträd som ek och asp kan skadas på unga träd och detta är svårt att skydda sig ifrån.

Fejning

Fejning skadar plantor och unga träd genom att handjuren hos alla hjortdjur på våren gnider sina horn mot stammen för att bli av med basthuden. Barken skadas och kan många gånger slitas loss helt med följd att trädet dör ovanför. Basthudsfejning utgör totalt sett inte något större skogligt problem. Utöver basthudsfejning så utför även råbockar fejning på stammarna på unga träd för att markera revirgränser.

Råbockarna har doftkörtlar i pannan som gnids mot stammen och ger en doftsignal till andra rådjur. Detta beteende kan lokalt orsaka ganska svåra skador och sker huvudsakligen under sommaren fram till och med brunsten. Ofta söker bockarna sig till trädslag med stark egen doft ¹⁰⁸ eller till trädslag i minoritet, troligen för att förstärka signalvärdet ¹⁰⁹. Träd med en stamdiаметer mellan 2–3 cm är mest utsatta och skadan hamnar typiskt på ca 10–80 cm höjd.

Biologi

Föda

Olika stora växtätare, som hjortdjur, skiljer sig lite åt i sitt födoval. Djur som främst lever på gräs och annan vegetation av generellt sett lågt näringsvärde kallas *grazers* medan de som huvudsakligen lever av mer näringsrika växter eller växtdelar som örter, blad, frukt, bark, knoppar m m. kallas för *browsers*. Älg och rådjur klassas som typiska browsers medan kronhjort och dovhjort klassas som mellanformer mellan *grazers* och *browsers* där kronhjorten ligger mer åt browserhållet och dovhjorten mer åt *grazer*hållet ¹¹⁰. Browsers är i allmänhet svårare skadegörare på skog än *grazers* eftersom växtdelar från träd utgör en stor del av deras naturliga foder. Älg och rådjur äter främst av träd på vintern (både barrträd och lövträd) och under sommaren (lövträd) ¹¹¹.

Spridningsstrategi

Älg och rådjur anses vara anpassade till en mer renodlad skogsmiljö där de utnyttjar markvegetation på de platser där skogen har dött eller skadats av

¹⁰⁷ Bergqvist, G., Bergström, R. & Edenius, L. (2001). Patterns of stem damage by moose (*Alces alces*) in young *Pinus sylvestris* stands in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 16: 363–370.

¹⁰⁸ Johansson, A., Liberg, O. Wahlström, L. K. (1995). Temporal and physical characteristics of scraping and rubbing in roe deer (*Capreolus capreolus*). *J. Mammal.* 76: 123–129.

¹⁰⁹ Motta, R. and Nola, P. (1996). Fraying damages in the subalpine forest of Paneveggio (Trento, Italy): a dendroecological approach. *For. Ecol. Manage.* 88: 81–86.

¹¹⁰ Hofmann, R.R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78: 443–457.

¹¹¹ Cederlund, G., Ljungqvist, H., Markgren, G. & Stålfelt, F. (1980). Foods of moose and roe-deer at Grimsö in central Sweden: results of rumen content analyses. *Viltrevy* 11: 169–247.

någon orsak, exempelvis skogsbrand, stormfällning, översvämning etc. Efter en sådan händelse startar en ny vegetationssuccession och djuren livnär sig på de första stadierna med örter, ris, buskar, trädplantor och ungskog.

När skogen sluter sig åter beger sig djuren successivt iväg för att söka efter nya störningar med tidiga succesionsstadier i skogen. Vanligen är det främst unga djur som söker sig iväg. Älg och rådjurspopulationerna är således inte stationära i ett område utan mer ambulerande i landskapet och populationerna inom ett område fluktuerar kraftigt över tiden. Älg och rådjur (och många andra browsers) föder regelmässigt tvillingar (rådjur t o m trilningar).

Forskare har förklarat den höga reproduktionstakten som en effekt av denna ambulerande strategi. När foder väl finns i överflöd gäller det att maximera antalet avkommor innan skogen åter sluter sig och reproduktion blir svårt på grund av foderbrist.

Älg genomför i norra Sverige även vandringar mellan vinter- och sommarbetesplatser. Även rådjur kan röra sig över stora områden i norr. Säsongsvandringar för älg tycks även förekomma i södra Sverige men sker då över betydligt kortare distanser. Direkta säsongsvandringar tycks vara sällsynta hos södra Sveriges rådjur men hemområdesstorleken ökar ofta under vintern ökar varvid nya rådjur kan tillkomma på en mark.

Kron- och dovhjort anses vara anpassade till en mer stabilt öppen eller halvöppen miljö med glesa skogar eller skogar som omväxlar med öppna områden där fältvegetationen huvudsakligen utgörs av gräs. Kron- och dovhjort har en långsam spridningsekologi och låg reproduktionstakt (en kalv per år) och detta brukar tas som intäkt för deras anpassning till en stabil förutsägbar miljö med ett relativt lågt näringsvärde på foderväxterna. Det finns inte så stor anledning att söka sig iväg i en stabil miljö eftersom det är sannolikt att även nästa område är upptaget av andra hjortar. Beteendet att leva i flock indikerar även det en anpassning till öppna områden då det bl a är en strategi att gemensamt hålla utsikt efter rovdjur i en öppen terräng.

Åtgärder för att förebygga och minska skador

Andelen viltskador varierar vanligen mycket kraftigt mellan olika bestånd, även om alla mätbara yttre faktorer tycks vara lika^{112 113}. Skadorna har även en tendens att variera mellan år även vid en konstant viltstam. Även vid förhållandevis glesa viltstammar kan attraktiva trädslag drabbas hårt. Denna oförutsägbarhet innebär svårigheter att på ett ekonomiskt väl avvägt sätt utföra skyddsåtgärder för att minska skadorna. Istället är man i de flesta fall hänvisad till att så långt som möjligt minska den genomsnittliga risken för viltskador väl medveten om att enskilda bestånd kan drabbas hårt ändå.

Förvaltning

Hjorddjuren är relativt enkla att minska i antal genom jakt men på grund av deras egenvärde bemöts ofta krav om kraftigt avskjutning med motstånd eller ovilja att genomföra reduktionerna fullt ut. Diskussionerna landar van-

¹¹² Andrén, H. & Angelstam, P. (1993). Moose browsing in Scots pine in relation to stand size and distance to forest edge. *J. Appl. Ecol.* 30: 133–142.

¹¹³ Bergquist, J. & Örlander, G. (1998). Browsing deterrent and phytotoxic effects of roe deer repellents on *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *For. Ecol. Manage.* 105: 283–293.

ligen i att man bör balansera skogsbrukets behov av små skador mot jaktintressenas behov av täta viltstammar. Svårigheten i en sådan förvaltning ligger i att till ett rimligt pris få fram högkvalitativa data på viltstammarnas storlek och demografi, skadornas omfattning och tillgången på viltofoder. Dessa data bör dessutom vara lokala för att accepteras av enskilda jakträttsinnehavare.

Hittills har inte aktiv vilthövsförvaltning i Sverige lyckats lösa skadeproblematiken mer än på begränsade arealer. För närvarande pågår en hel del utvecklingsarbete för att effektivisera klövviltförvaltningen. Det kommer sannolikt att ta flera år innan effekten av detta arbete kan påverka situationen och det är oklart i vilken grad den framtida förvaltningen kan lösa viltskadeproblematiken.

Skydd

Det finns ett stort antal metoder och åtgärder som man kan ta till för att skydda plantor och träd mot skador. Generellt kan man säga att de flesta skyddsmetoder har så stora nackdelar, som att de är väldigt dyra, ineffektiva eller att de skadar plantan, att användbarheten begränsas.

Hägn

Genom att stänga ute djuren från hela området kan skadorna reduceras till tolerabel nivå. Ofta får man ändå besök genom revor och luckor som uppstår t ex genom vindfällning. Det saknas vetenskapligt grundad kunskap om lämplig design och användning av hägn. I realiteten så är man hänvisad till empiriska erfarenheter och i dagsläget dominerar relativt kraftiga och höga nätstängsel av metallnät.

Det är även vanligt att man försummar underhåll och nedtagning och ofta ser man nät som vuxit in i vegetationen. Hägnen utgör betydande hinder i terrängen för både friluftaktiviteter och det vilda. De höga kostnaderna och övriga negativa effekter gör att metoden endast bör användas när inget annat fungerar. Elstängsel är vanligen billigare än näthägn men kräver mer underhåll. Mindre hjortdjur som rådjur tar sig ofta in emellan eltrådarna.

Skrämselanordningar

På senare år har ett antal artiklar funnits på marknaden som avser att skrämja bort djuren från ett område genom lukt, ljud eller visuella effekter. Tester och praktiska erfarenheter visar vanligen på en mycket svag eller obefintlig effekt.

Repellerter och plantskydd

Det finns många skydd för den enskilda plantan som har visat sig minska skadorna. Dessa har främst använts för att skydda små barrplantor mot bete av rådjur¹¹⁴. Det är okänt om dessa skydd även hindrar älgbete på lite större tallar, även det är sannolikt. Metoderna har dock visat sig otillräckliga för att skydda lövplantor mot rådjur. Många preparat har även visat sig ge plan-

¹¹⁴ Bergquist, J., & Örlander, G. (1996). Browsing deterrent and phytotoxic effects of roe deer repellents on *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings *Scand. J. For. Res.* 11: 145–152.

skador vid olämplig hantering eller dosering¹¹⁵. Under förutsättning att betesskadorna sker under relativt kort period (ett par år) och gäller små barrplantor så är behandling med repellenter och plantskydd en förhållandevis kostnadseffektiv skyddsmetod.

Skogsskötselåtgärder

Valet av skötselmetod kan ha en betydande påverkan på mängden viltskador på flera olika sätt. Genom skötselåtgärder påverkar man miljön på en föryngringsyta vilket kan påverka risken för plantskador. En sådan miljöfaktor gäller vegetationen runt de plantor som skall bygga upp det framtida beståndet. Vid val av två olika skötselmetoder kan man välja den metod som ökar mängden alternativt foder. Vanligen anser man att en ökning av det alternativa fodret leder till minskade skador på plantorna. Detta är dock inte helt säkert i det enskilda beståndet då de ökade fodermängderna kan locka till sig nya djur och skadorna kan därigenom till och med öka.

Skogsskötselåtgärderna påverkar även själva plantans egna fodervärde, vilket påverkar risken för att den betas. Generell tenterar vitala plantor med hög tillväxthastighet att betas mer än stressade och/eller skadade plantor med lägre tillväxthastighet om plantorna för övrigt är ungefär lika. Genom att satsa på långsamväxande plantor kan betetrycket ett enskilt år sannolikt minska men samtidigt är plantan längre i ett storleksintervall där den riskerar skador. Långsamväxande plantor står dessutom i klar kontrast till hög produktion, den mest grundläggande målsättningen med skogsbruk.

Det finns naturligtvis fler åtgärder som kan påverka viltskadorna på olika sätt och dessutom förekommer ofta flera olika faktorer samtidigt som kan samverka. En ökning av vegetationen kan till exempel leda till minskat bete genom att plantorna döljs och genom att mer foder erbjuds men även genom att den ökade konkurrensen leder till lägre plantvitalitet.

Beståndsstorlek

Det är en relativt vanlig uppfattning att små planteringar drabbas av mer skador än stora dito. Förklaringen är vanligen att djuren undviker att exponera sig på stora öppna ytor. Detta är ett mönster som har rapporterats i flera mellaneuropeiska studier för rådjur och hjortar men som inte har bekräftats i svenska studier för vare sig rådjur¹¹⁶ eller älg¹¹⁷. Förklaringen till detta kan vara att de mellaneuropeiska studierna avser ett storleksintervall ned till, ur svensk synvinkel, mycket små hyggen på under 1000 m². Detta är närmast att jämföra med en luckblädning i svensk skoglig terminologi.

Planttyp

De första åren efter planteringen har plantypen stor betydelse för skaderisken där täckrotsplantor betas oftare än barrotsplantor och en större del av plantan konsumeras. Täckrotsplantornas högre begärlighet än barrotsplan-

¹¹⁵ Bergquist, J., & Örlander, G. (1996). Browsing deterrent and phytotoxic effects of roe deer repellents on *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *Scand. J. For. Res.* 11: 145–152.

¹¹⁶ Bergström, R. & Bergqvist, G. (1997). Frequencies and patterns of browsing by large herbivores on conifer seedlings. *Scand. J. For. Res.* 11: 288–294.

¹¹⁷ Andrén, H. & Angelstam, P. (1993). Moose browsing in Scots pine in relation to stand size and distance to forest edge. *J. Appl. Ecol.* 30: 133–142.

torna beror sannolikt på en högre vitalitet och en slankare och mindre förvedad arkitektur¹¹⁸. Skillnaden i betestryck är så pass stor att det många gånger lönar sig att välja barrotsplanter i områden med högt betestryck. Även om det inte är direkt studerat så är det inte sannolikt att denna skillnad i begärlighet finns mer än de första 2–3 åren efter plantering eftersom skillnaderna mellan planttyperna successivt växer bort.

Trädslagsval

Att välja trädslag som viltet undviker är kanske det vanligaste sättet att hantera viltskador. Listningen av preferensen tidigare utgör ett lämpligt underlag för detta. I södra Sverige planteras numera gran allmänt även på ren tallmark. Det råder stor osäkerhet hur dessa planteringar kommer att utvecklas långsiktigt.

Naturlig föryngring

Naturlig föryngrade plantor tenderar att drabbas av mindre betesskador än planterade¹¹⁹. Det finns flera olika möjliga orsaker till detta. Ofta växer de långsammare än kulturplantorna och blir då mindre smakliga. Under förutsättningen att tätheten mellan plantorna är hög kan plantorna skydda varandra rent fysiskt. Tätheten kan även medföra ett överutbud av ett födoslag vilket leder till ett lägre uttag på varje enskild planta¹²⁰. Användning av naturlig föryngring, under förutsättning att plantuppslaget blir tätt, är sannolikt en av de mest effektiva metoderna för minska effekterna av hjortviltbete.

Röjning

Det finns flera uppfattningar om när och hur röjning bör utföras för att minska skaderisken från framför allt älg på tallungskog. Vanligen rekommenderas att röjningen skjuts upp till tallarna är över 5 m höga men vetenskapliga underlag saknas helt för denna rekommendation. Det är inte klart om de negativa effekterna av en uppskjuten röjning (snötrycksskador, svampinfektioner, förlorade möjlighet att gynna lämpliga framtidsstammar etc) är större än de negativa effekterna av ökade betesskador vid en tidigare röjning. Unga tallbestånd som är övertoppade av lövsly tenderar dessutom att bli svårare betade än jämförbara röjda bestånd^{121 122}.

Utöver frågan om uppskjuten röjning finns det även föreställningar om att röjningens utförande kan påverka skaderisken. På senare tid har toppröjning (där röjstammarna kapar på drygt 1 meters höjd) föreslagits som en metod

¹¹⁸ Bergquist, J., Bergström, R & Zakharenka, A. (2003). Responses of young Norway spruce (*Picea abies*) to winter browsing by roe deer (*Capreolus capreolus*): Effects on height growth and stem morphology. *Scand. J. For. Res.* 18: 368–376.

¹¹⁹ Bergström, R. & Bergqvist, G. (1997). Frequencies and patterns of browsing by large herbivores on conifer seedlings. *Scand. J. For. Res.* 11: 288–294.

¹²⁰ Vivås, H. J. & Sæther, B-E. (1987). Interactions between a generalist herbivore, the moose *Alces alces*, and its food resources: an experimental study of winter foraging behaviour in relation to browse availability. *J. Anim. Ecol.* 56: 509–520.

¹²¹ Härkönen, S. (1998). Effects of silvicultural cleaning in mixed pine-deciduous stands on moose damage to Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Scand. J. For. Res.* 13: 429–436.

¹²² Nikula, A., Hallikainen, V., Jalkanen, R., Hyppönen, M & Mäkitalo, K. (2008). Modelling the factors predisposing Scots pine to moose damage in artificially regenerated sapling stands in Finnish Lapland. *Silva Fenn.* 42: 587–603.

att öka mängden lämpligt älgfoder. Man förutsätter då att avkapade tallar och lövträd buskar ut sig och producerar en stor mängd smakliga, dåligt förvedade nya skott. Även här saknas vetenskapliga data som stöd för metoden och beräkningar av övriga kostnader och negativa effekter av metoden (som till exempel försvårad framtida gallring, behov av kompletterande röjningar och hinder för friluftslivet).

Foderstimulerande åtgärder

Ett förslag som genom åren ofta återkommer gäller att man bör lätta på betetrycket mot värdefulla bestånd genom att erbjuda alternativt foder¹²³. Kunskapen är mycket begränsad om hur mycket detta egentligen betyder för att minska betetrycket. Även om foder erbjuds så utnyttjas vanligen endast en bråkdel av det som teoretiskt borde vara lämpligt att äta. Det är även viktigt att jämföra med hyggesupptagning som är den åtgärd som sammantaget har störst betydelse för ett skogsområdes förmåga att hålla hjortvilt. Det krävs ca 20 ha ungskog för att erbjuda foder tillräckligt för en enda älg under ett år.

Användning av foderstimulerande åtgärder måste kombineras med en aktiv förvaltning, i annat fall riskerar foderstimuleringen att få ganska kortvariga effekter på skadorna om viltpopulationerna tillåts öka i takt med foder-tillförseln.

Avverkning

Vid avverkningen kan tillfälligt extra foder skapas genom att man lämnar ris och toppar från tall och vissa lövträd, t ex asp. Detta fodertillskott är extra värdefullt om det sker under vintern då skadorna vanligen inträffar och riset håller sig samtidigt färskt under en längre tid. På samma sätt kan man styra gallringar i tall och avverkning av frötallar till vintern.

Rent praktiskt kan det vara svårt att ta denna typ av hänsyn då marknaden och skogsbrukets transportlogistik sätter begränsningar för hur långt man kan styra avverkningar. Det finns inte heller några säkra uppskattningar för hur mycket detta kan betyda rent praktiskt och för åtgärdens kostnadseffektivitet.

Föryngring

Flera olika åtgärder vid föryngring av skog har stor betydelse för produktionen av viltfoder. Markberedning, hyggesbränning och stubbtäkt gynnar föryngring av vedartade växter och vanligen ökar lövträd, tall och risväxter som utgör viktigt vinterfoder¹²⁴. En skärmställning av tall eller löv kan även ge ökad föryngring av vedartade växter. GROT-uttag ger en viss ökning av självföryngring men minskar även utbredning av örter och hallon som utgör viktigt sommarfoder¹²⁵.

¹²³ Kardell, L. (2000). Har vi sett några resultat av ett sekels viltskadedebatt? *Skog & Forskning* 2: 28–34.

¹²⁴ Cederlund, G., Ljungqvist, H., Markgren, G. & Stålfelt, F. (1980). Foods of moose and roe-deer at Grimsö in central Sweden: results of rumen content analyses. *Viltrevy* 11: 169–247.

¹²⁵ Bergquist, J., Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Slash removal and deer browsing affects field vegetation on south Swedish clearcuts. *For. Ecol. Manage.* 115: 171–182.

Lite förenklat kan man säga att ju aggressivare markbehandling desto högre foderproduktion, men då det samtidigt innebär betydande negativa miljöeffekter är frihetsgraderna att använda fodertillskottet som argument för en aggressiv markbehandling mycket begränsade.

Gödsling och dikning

Många har observerat att hjortvilt föredrar att beta i kvävegödslade skogar och det finns även vetenskapligt stöd för detta ¹²⁶. Även om det inte är direkt studerat så är det även troligt att gödsling med fosfor och kalium på torvmark har samma effekt. En annan vanlig observation som inte är vetenskapligt bekräftad gäller ett ökat betesutnyttjande efter dikning på torvmark.

Övrigt

Det finns ganska stora markarealer i skogslandskapet som inte används för virkesproduktion. Det kan gälla kraftledningsgator, hänsynsytor, kantzoner, gammal jordbruksmark etc. Ett vanligt återkommande förslag är att dessa kan utnyttjas för att öka produktionen av viltfoder och teoretiskt skulle det kunna handla om stora mängder. Potentialen för viltfoderproduktion begränsas ofta av det ändamål som ytorna har, till exempel får inte miljövärdena på en hänsynsyta påverkas. Vidare består en del av dessa ytor av lågproduktiva marker. Utöver detta finns betydande ekonomiska och juridiska begränsningar, vilket ytterligare minskar möjligheterna. En viktig juridisk begränsning är att det vanligen inte är tillåtet eller önskvärt att gödsla dessa marginalmarker. Utöver odling av viltfoder så kan man tillföra foder genom direkt utfodring med hö, ensilage, foderpellets, rotfrukter och annat. Under förutsättning att djuren verkligen utnyttjar det tillförda fodret så tycks det på kort sikt vara en förhållandevis kostnadseffektiv metod.

¹²⁶ Ball, J.P., Danell, K. & Sunesson, P. (2000). Response of a herbivore community to increased food quality and quantity: an experiment with nitrogen fertiliser in a boreal forest. *J. Appl. Ecol.* 37: 247–255.

Skador av hare och kanin

Gnagare av familjen *Leporidae* är kända som skadegörare på vedartad vegetation. I Sverige representeras denna familj av skogshare (*Lepidus timidus*), fälthare (*Lepidus europaeus*) och vildkanin (*Orycolagus cuniculus*). Av dessa arter anses skogsharen vara den största skadegöraren på vedartad vegetation. Skadorna ligger totalt sett på en betydligt lägre nivå än för hjortdjuren men kan lokalt vara mycket besvärande, särskilt på lövträdplantor. Litteraturen och forskningen är ganska begränsad när det gäller skador av dessa djur och den klart mest studerade arten är skogshare.

Förekomst

Skadorna på betade plantor blir ofta betydande eftersom de kapas eller barkas långt ner på stammen och nya skott kan ha problem att växa ur konkurrerande vegetation. Bredvid kapade plantor lämnar ofta haren en stor del av plantan liggande kvar på marken. Detta beteende kan vara förbryllande och se ut som haren endast har kapat plantan i rent nöje eller för att provsmaka.

Förklaring ligger i att haren matsmältningsorgan inte klarar att smälta skottspetsarna på grund av de kemiska försvarsämnen dessa innehåller. Hjortdjuren har fysiologiska anpassningar i matsmältningsorganen som gör att de bättre kan neutralisera dessa giftiga substanser. Hararna konsumerar istället ofta de äldre och grövre plantdelarna nära stambasen och lämnar den svårsmälta övre delen på plantan. På grövre skott och på mindre omtäckta trädslag som gran och al kan dock hela plantan lämnas orörd efter att den ha kapats¹²⁷.

Biologi

Skogsharen finns i nästan hela landet men i södra Sverige kan populationerna bitvis vara ganska glesa och i södra Skåne saknas den helt. Fältharen finns huvudsakligen i öppna miljöer över större delen av Götaland och Svealand, men är mindre vanlig i rena skogsbygder. Fältharen och skogsharen hybridiserar ofta, med steril avkomma som följd. Kaninens utbredning begränsar sig främst till Skåne, Halland och Gotland men finns fläckvis något norr därom. Födan för hararna och vildkaniner domineras av gräs, örter, blad och risväxter. Fältharen och kanin är mer utpräglade gräsätare än skogsharen, som åtminstone vintertid till stor del livnär sig på vedartad vegetation^{128 129}.

Harar och kaniner skadar skogsplantor främst genom att gnaga av barken eller genom att kapa plantan nära marken¹³⁰. Skadorna är vanligast vinter-

¹²⁷ Aarnio, M. (1983). Selection and quality of winter food of the mountain hare in southern Finland. *Finnish Game Res.* 41: 57–65.

¹²⁸ Palo, T., Anderson, S. K. & Iason, G. (1993). Niche separation in two species of hare. Metabolic costs of plant phenolics. *Chemoecology* 4: 153–157.

¹²⁹ Iason, G. & Palo, T. (1991). Effects of birch phenolics on a grazing and a browsing mammal: a comparison of hares. *J. Chem. Ecol.* 17: 1733–1744.

¹³⁰ Gill, R.M.A. (1992). A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry* 65: 145–169.

tid men kan även förekomma på sommaren¹³¹. Förekomst av skador är ofta men inte alltid kopplad till höga populationstäheter¹³².

Det enklaste sättet att separera betesskador av harar och kaniner från de av hjortdjur är att titta på bettytan. Harar och kaniner lämnar en mycket skarp och ofta, men inte alltid, något sned bettyta efter sig medan den yta hjortdjuren lämnar vanligen är tydligt fransig, särskilt på lite grövre skott. Data om vilken grovlek på plantor som föredras är mycket knapphändiga men skogsharen verkar föredra 2–4 mm grova skott men kan öka detta upp till 10 mm^{133 134}. Barkning tycks dock ske på lite grövre stammar, i studien av Aarnio (1983)¹³⁵ barknagades inga skott under 5 mm.

Lövträd föredras men bortsett från detta tycks preferensen för olika trädslag var mer otydlig än för hjortdjuren. Rönn, vide, asp och björk tycks vara populära hos skogsharen där björken verkar var minst smaklig^{136 137 138}. Bok tycks var relativt omtyckt och äts hellre än björk och ek¹³⁹.

Åtgärder för att förebygga och minska skador

Litteraturen är knapphändig med uppgifter om hur man kan minska skador av harar och vildkaniner. Detta gäller särskilt någorlunda testade åtgärder. Bekämpning genom jakt kan var en lösning vid mycket höga populationer men är sannolikt mindre verksamt i glesare populationer.

På marknaden finns ett antal fysiska skydd, t ex plantrör, till salu men dessa är sannolikt inte kostnadseffektiva på grund av högt styckepris och att det är svårt att prognostisera skadorna. De repellenter som de senaste 10–15 åren framgångsrikt använts för att minska rådjursskador på små barrplantor i Sverige tycks vara otillräckliga för att skydda lövplantor mot harbetning på lövträd vare sig det gäller sommar eller vinterbetning¹⁴⁰.

Hägn rekommenderas ofta och då avser man ett finmaskigt nät som är minst 1 meter ovan jord och som går ner minst 20 cm under jord för att förhindra inhop och grävning. Ett allt vanligare problem i sammanhanget gäller att vildsvin ofta lyfter upp viltstängsel för att ta sig in och lämnar en öppning för hare och ofta även för rådjur (figur SPS43).

¹³¹ Bergquist, J. (2001). Fälttest av viltskyddsmedel på lövplantor – slutrapport. SLU, Asa försökspark, *Rapport* nr 4.

¹³² Gill, R.M.A. (1992). A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry* 65: 145–169

¹³³ Aarnio, M. 1983. Selection and quality of winter food of the mountain hare in southern Finland. *Finnish Game Res.* 41: 57–65.

¹³⁴ Lindlöf, B., Lindström, E. & Pehrson, Å. (1974). On activity, habitat selection and diet of the mountain hare (*Lepus timidus* L.) in winter. *Viltrevy* 9: 27–43.

¹³⁵ Aarnio, M. (1983). Selection and quality of winter food of the mountain hare in southern Finland. *Finnish Game Res.* 41: 57–65.

¹³⁶ Lindlöf, B., Lindström, E. & Pehrson, Å. (1974). On activity, habitat selection and diet of the mountain hare (*Lepus timidus* L.) in winter. *Viltrevy* 9: 27–43.

¹³⁷ Hewson, R. (1977). Browsing by mountain hares *Lepus timidus* on trees and shrubs in north-east Scotland. *J. Zool.* 182: 168–171.

¹³⁸ Hjältén, J. & Palo, T. (1992). Selection of deciduous trees by free-ranging voles and hares in relation to plant chemistry. *Oikos* 63: 477–484.

¹³⁹ Bergquist, J. (2001). Fälttest av viltskyddsmedel på lövplantor – slutrapport. SLU, Asa försökspark, *Rapport* nr 4.

¹⁴⁰ Bergquist, J. (2001). Fälttest av viltskyddsmedel på lövplantor – slutrapport. SLU, Asa försökspark, *Rapport* nr 4.



Figur SPS43 Vildsvin har bökat upp en passage i ett viltstängsel där harar och kaniner med lätthet tar sig in och rådjur med någon svårighet. Foto Pär Sundin.

Smågnagarskador

Problem med smågnagare har alltid förekommit inom svenskt skogsbruk men med dess omfattning är starkt varierande i både tid och rum^{141 142 143}. **Sorkarna visar en markant 3–4-årig beståndsrytm med markanta toppbestånd under en viss höst och nedgångar under kommande vår–sommar.**

Förekomst

Skadorna på skogsplantor åstadkommes huvudsakligen under toppvintern (då beståndet är högt), och vanligtvis under ett tjockt snötäcke. Beståndsväxlingarna är mest markerade i norra Sverige och omfattande skador har huvudsakligen noterats från Norrland.

Det förkom enorma toppbestånd under 1960-talet, mindre utbrott under 1970-talet och relativt låga amplituder under 1980-90-talen. På motsvarande sätt utmärktes 60-talet av sorkskador för miljonvärden, kanske speciellt på silurområdet i Jämtland, 70-talet av något mindre mängd skador och då särskilt på contorta-planteringar och fröplantager, och 80-90-talen av mycket begränsade sorkproblem. Det har emellertid lokalt förekommit ganska stora bestånd och skador på nytt under 2000-talet. Spridning av sorkpest till landsortsbefolkningen genom skogssorken har också varit begränsad till starkt fluktuerande bestånd i Norrland och till toppår men synes nu öka i omfattning.

Biologi

Följande smågnagararter är de mest betydelsefulla för svenskt skogsbruk:

Åkersork (*Microtus agrestis*)

Vanlig i hela landet. Konsumerar bark på stambasen på nyplanterade till ca tioåriga plantor på gräsrika hyggen och åkermarker. I vissa fall angrips även äldre stammar eller träd, t ex i fröplantager. Detta är den i särklass mest skadebringande arten som ofta uppträder i stort antal på hyggen eftersom den inte behöver gräva i marken utan kan leva under en filt av förna eller visset gräs. Tall (inklusive contortatall) - och lövträdsplantor är mest utsatta.

Vattensork (*Arvicola terrestris*)

Konsumerar rötter och basal bark på plantor på lucker åkermark. Lever underjordiskt, åtminstone under vintern, och kan inte gräva i morän- eller sedimentmark. Relativt sett mest skadegörande i södra och mellersta Sverige och åstadkommer mer problem i trädgårdar än på skogsplanteringar.

¹⁴¹ Hansson, L. (2002a). Consumption of bark and seeds by voles in relation to habitat and landscape structure *Scand. J. For. Res.* 17: 28–34.

¹⁴² Hansson, L. (2002b). Dynamics and trophic interactions of small rodents: landscape or regional effects on spatial variation. *Oecologia* 130: 259–266.

¹⁴³ Baxter, R. & Hansson, L. (2001). Bark consumption by small rodents in the northern and southern hemispheres. *Mammal Rev.* 31: 47–59.

Skogssork (*Clethrionomys glareolus*)

Vanlig i hela landet. Konsumerar skogsfrön, inklusive barrträdsfrön, i stor omfattning men bark endast i ringa utsträckning. Klättrar väl i träd och avbarkar främst grenklykor, en skada utan större betydelse. Överför en allvarlig sjukdom, sorkpest (en njursjukdom med i enstaka fall dödlig utgång), var till skogsarbetare och andra som tillbringar tid i skogen kan bli exponerade.

Skogsmöss (*Apodemus sp.*)

Både den större och mindre skogsmusen äter skogsfrön men skogsmössen är bara vanliga i södra Sverige.

Åtgärder för att förebygga och minska skador

Kemisk bekämpning

Gifter

Inga gifter är nu (2009) tillåtna för användning utomhus (bortsett från speciell licens att lägga gift i vattensorkgångar).

Herbicer

Man besprutar ibland åkrar med herbicider före plantering med skogsplanter. Den exponerade marken kan ge ett temporärt skydd men gräsväxten är normalt tillbaka efter 2–3 år. Plantorna är sedan tyvärr åter tillgängliga för sorkarna under 2–3 utbrottsvintrar.

Repeller

Varierande effektivitet har rapporterats för avskräckande substanser som säljs kommersiellt. Om de appliceras på värdefulla plantor eller ympar måste behandlingen upprepas årligen eftersom de löses ut av väta och regn. Behandling av hela planteringar är ekonomiskt oréalistisk.

Mekaniska hinder

Nät och plastrullar har använts kring fröträd i fröplantager och vid klonförsök. De har visat viss effektivitet men man har också misslyckats med dessa skydds försök. Det senare har sannolikt berott på att de varit för låga så att sorkar kunnat ta sig in uppifrån vid vandring på snöytan. Även om speciellt skogssorken vandrar och klättrar mycket i exponerade lägen så kan också åkersorken röra sig långa distanser vintertid och klättra på finmaskigt nät. Försök med inhägnad av hela fröplantager med finmaskigt nät har misslyckats, dock troligen på grund av att plantagen inte varit sorkfri då hägnet uppfördes.

Biotoppåverkan

Åkersorken är starkt beroende av skydd i form av en tät gräsfilt och om denna tas bort, t ex genom slåtter eller betning så bör skaderisken minska betydligt. Man måste emellertid behandla mycket stora områden kring det möjliga skadeobjektet eftersom åkersorkar vandrar mycket och långt (hundratals meter) uppe på snön under en vinter med toppbestånd.

Alternativa metoder

Det har förekommit en mångfald förslag hur man skall lösa sorkproblemet, bland annat feromoner (artegna doftämnen), biologisk (bakteriell) bekämpning, utplacering av holkar och sittpinnar för rovfåglar, utsläpp av vesslor och ultraljud. De har visat sig verkningslösa eller är förbjudna (t ex *Salmonella*-bakterier som också skulle kunna infektera människor).

Skogsskötselåtgärder

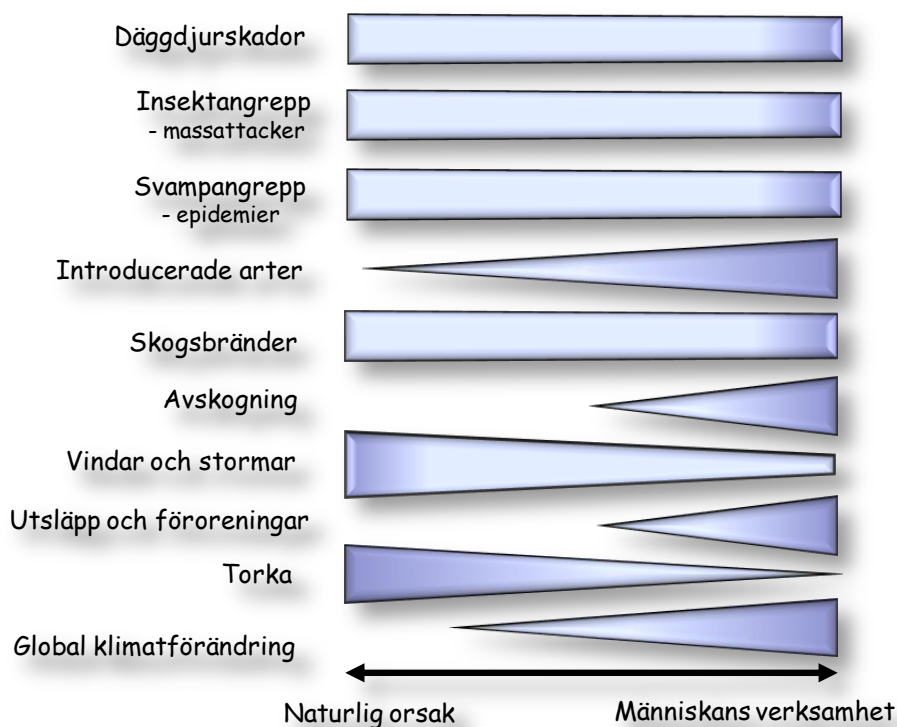
Ett möjligt alternativ är blädning eller (helst) plockhuggning i områden som utvecklar gräsrika hyggen, t ex gräsrika skogar och skogar i sänkor eller med genomsipprande vatten men detta är antagligen ekonomiskt inte särskilt realistiskt. I praktiken har inte någon praktiskt eller ekonomiskt användbar skogsskötselmetod framkommit i vare sig Sverige eller andra (nordliga) länder med sorkskador på plant- och ungskog.

En möjlig framkomlig väg kan vara att inte plantera provenienser som är särskilt smakliga för sorkarna¹⁴⁴. Sålunda utmönstrades vissa starkt sorkskadade contorta-provenienser efter särskilt svåra sorkangrepp under 1970-talet. Björkplantor har också visat sig olika starkt angripna beroende på proveniens. Även detta angreppssätt kan visa sig sakna betydelse eftersom många växtliga provenienser visat sig angripas särskilt starkt av sorkarna.

¹⁴⁴ Hansson, L. (1994). Bark consumption by voles in relation to geographical origin of tree species. *Scand. J. For. Res.* 9: 288–296.

TEMA II: GAMLA OCH NYA EPIDEMIER OCH UTBROTT – VAD HAR VI LÄRT?

Trädens död är en naturlig del av det fungerande skogsekosystemet och skadegörare som ofta angriper försvagade träd har sin roll i denna process¹⁴⁵. Om skogens ekologiska balans förändras till exempel på grund av klimatvariationer eller människans verksamhet (figur SPS44), kan skadegörarepopulationer dock föröka sig ovanligt snabbt och kraftigt, samt spridas över stora arealer. Skadornas omfattning på enskilda träd och i bestånd ökar då till en nivå som medför stora och oväntade ekonomiska förluster för skogsägaren.



Figur SPS44 Olika typer av skador förekommer i skogar även utan människans medverkan men förekomsten av massutbrott och epidemier hänger ofta ihop med människans verksamhet (efter Lowett m fl 2006¹⁴⁶). Bild Johanna Witzell.

¹⁴⁵ Karlsson, P. S., Bylund, H. & Tenow, O. (2004). Fjällbjörkskogen – ett helt ekosystem som styrs av en liten fjärl. *Svensk Bot. Tidskr.* 98: 162–172.

¹⁴⁶ Lovett, G. M., Canham, C. D., Arthur, M. A., Weathers, K. C. & Fitzhugh, R. D. (2006). Forest ecosystem responses to exotic pests and pathogens in Eastern North America. *Bioscience* 56: 395–405.

Epidemier och utbrott kan långvarigt skada skogsbrukets förutsättningar

Medan småskaliga skador generellt gynnar skogens biologiska mångfald kan storskaliga utbrott och epidemier minska mångfalden. Detta kan bero på störningar i näringskedjor¹⁴⁷ och förändringar i skogens struktur som habitat¹⁴⁸ för andra organismer (på grund av förlust och fragmentering¹⁴⁹ av habitat). Epidemiska svampsjukdomar kan t ex leda till massdöd av mogna träd och därmed kraftigt minska fröproduktionen, vilket i sin tur leder till brist på föda för frätande insekter och djur. Storskaliga skogsskador kan även påverka stora delar av samhället eftersom skogens ekologiska tjänster, som kretsloppen för kol, kväve, fosfor, och vatten kan förändras^{150 151}.

Till skillnad från skador som sker på en kronisk nivå, är epidemier och massutbrott ibland svåra att förutse, och oftast är det svårt att tillräckligt snabbt motverka dem med hjälp av skötselinsatser (Tabell SPS2). Skador som förekommer vid periodiska toppar i insekt- och däggdjurpopulationer (till exempel fjällbjörkmätarens populationstoppar förekommer med ungefär tio års mellanrum¹⁵²) är något lättare att förutse och ta hänsyn till i skoglig planering.

¹⁴⁷ Näringsämnen spridning och omvandling igenom en kedja av organismer (djur, växter och liknande) som äter och/eller äts av varandra i ett ekosystem.

¹⁴⁸ En miljö där en viss växt- eller djurart lever.

¹⁴⁹ Uppdelning av en tidigare sammanhängande habitatarea i flera mindre ytor som är mer eller mindre isolerade från varandra.

¹⁵⁰ Magnusson, T. (2008). Skogsbruk – mark och vatten. *Skogsskötselserien* nr 13. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

¹⁵¹ Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson, P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J., Simberloff, D., Swanson, F.J., Stocks, B.J. & Wotton, B.M. (2001). Climate change and forest disturbances. *Bioscience* 51: 723–734.

¹⁵² Karlsson, P. S., Bylund, H. & Tenow, O. (2004). Fjällbjörkskogen – ett helt ekosystem som styrs av en liten fjäril. *Svensk Bot. Tidskr.* 98: 162–172.

Tabell SPS2 Exempel på epidemier och massutbrott. Observera att med ”geografiskt område” hänvisas här till områden där epidemier eller utbrott på nämnda träd har varit särskilt omfattande. Samma skadegörare kan dock återfinnas frekvent även i andra geografiska områden.

EPIDEMI/MASS-UTBROTT OCH DESS GEOGRAFISKA OMRÅDE	TRÄD	SKADEGÖRARE	BEKÄMPNINGSÅTGÄRDER
White Pine Blister Rust (WPBR) Nordamerika	Fem-barriga tallar, t ex Weymouthtall (<i>Pinus strobus</i>) och västlig vittall (<i>Pinus monticola</i>)	<i>Cronartium ribicola</i>	Utrotning av alternativa värdväxtarter (<i>Ribes sp.</i>), stamkvistning, resistensförädling
Kastanjesjuka Nordamerika	Äkta kastanj (<i>Chastanea dentata</i> , <i>C. sativa</i>)	<i>Cryphonectria parasitica</i>	Resistensförädling
Almsjuka Hela almens distributionsområde	Almar (<i>Ulmus sp.</i>)	<i>Ophiostoma ulmi</i> , <i>O. novo-ulmi</i>	Sanerande beskärningar och fällningar, Preventiva injektioner (Dutch Trig®), brytning av rotkontakter (genom att ringskära stubbar och gräva), resistensförädling
SOD (“Sudden Oak Death”) Nordamerika	Ekar (<i>Quercus sp.</i> , ffa rödek, <i>Q. rubra</i>), barkek (<i>Lithocarpus densiflorus</i>)	<i>Phytophthora ramorum</i>	Byte av trädslag, hyggesbränning, utrotning av andra värdväxter, preventiv behandling med Agri-fos® för att öka trädens resistens, sanitet och inspektioner vid plantskolor, karantäner
Tallens knopp- och grentorka Sverige, Nordamerika	Tall (<i>Pinus sylvestris</i>)	<i>Gremmeniella abietina</i>	Trädslagsval, ståndortsval, gallring, hyggesvila och hyggesrensning, sanerande röjning/gallring/stamkvistning
Lövskogsnunna Nordamerika	Lövträd	<i>Lymantria dispar</i> (engl. Gypsy moth)	Feromonfällor, gallring och andra åtgärder som främjar trädens vitalitet, Bt-toxin (organisk insekticid), (kemisk bekämpning), ståndortsval, sanerande gallringar
Barkborrar Södra Sverige, Nordamerika	Gran (<i>Picea abies</i>), tallar (<i>Pinus sp.</i>)	<i>Ips spp.</i> (åttatandad barkborre), <i>Dendroctonus ponderosae</i> (engl. Mountain Pine Beetle, MBP)	Utläggning av fångstvirkes- och aggregations-feromonfällor, upparbetning av stormfälld skog, korrekt virkeslagring, skördarbarkning, ”sök och plock”, inventeringar
Fjällbjörkmätare Norra Skandinavien	Fjällbjörk (<i>Betula pubescens ssp. czerepanovii</i>)	<i>Epirrita autumnata</i>	Bekämpas i regel inte

Epidemier och utbrott - vad har vi lärt?

Generellt minskar skogens strukturella, åldersmässiga och genetiska likformighet urvalet av mekanismer och processer som kan hindra skadegörare att föröka sig över en acceptabel nivå. Från skogsskyddssynpunkt ter sig alltså skogsskötsel som på olika nivåer försäkrar mångfald i skogens art- och klonkomposition och i åldersstruktur som ett hållbart alternativ.

Främmande trädslag

Att öka mångfalden genom att odla främmande trädslag (exoter) kan dock vara riskabelt. Erfarenheter i Sverige¹⁵³ och andra länder^{154 155 156} visar en tydlig risk för epidemier och utbrott vid användning av introducerade trädarter¹⁵⁷.

Inom sitt naturliga utbredningsområde har exoter kanske inte blivit exponerade för våra inhemska patogener och har därmed inte utvecklat någon aktiv resistens mot dessa patogener. Trots detta kan exoter under en tid efter de introducerats i sin nya miljö visa god motståndskraft mot lokala skadegörare¹⁵⁸. Många skadegörare, t ex svampar, utvecklas dock snabbt på grund av sin korta generationstid¹⁵⁹ och balansen kan snabbt ändras. Det är högst sannolikt att svampraser som bryter det främmande trädslagets resistens förr eller senare uppkommer.

Detta är väl exemplifierat av den amerikanska Weymouthtallens (*Pinus strobus*) öde i Europa. I slutet av 1800-talet och under 1900-talet planterades Weymouthtall i omfattande skala i hela Europa, framförallt i Tyskland, på grund av dess överlägsna tillväxtresultat. Man tvingades dock ge upp plantering av Weymouthtall pga artens stora mottaglighet för white pine blister rust (*Cronartium ribicola*) och idag är arten inte ett alternativ för europeiskt skogsbruk^{160 161}.

Motståndskraftiga värdväxtpopulationer kan även främja utvecklingen av nya, *virulenta* svampraser (dvs raser som har förmåga att infektera värdväx-

¹⁵³ Witzell, J. (1999). Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with special attention to *Gremmeniella abietina* and North American rusts. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. *Silvestria* 89.

¹⁵⁴ Wingfield, M. (2003) Increasing threat of disease to exotic plantation forests in the Southern hemisphere. Lessons from *Cryphonectria* canker. *Austral. Plant. Pathol.* 32: 133–139.

¹⁵⁵ Boyce, J. S. (1951). Introduction of exotic trees. *Unasilva* 8.

¹⁵⁶ Boyce, J. S. (1941). Exotic trees and diseases. *J. For.* 39: 907–913.

¹⁵⁷ Lovett, G. M., Canham, C. D., Arthur, M. A., Weathers, K. C. & Fitzhugh, R. D. (2006). Forest ecosystem responses to exotic pests and pathogens in Eastern North America. *Bioscience* 56: 395–405.

¹⁵⁸ Colautti, R.I., Ricciardi, A., Grigorovich, I.A. & MacIsaac, H.J. (2004). Is invasion success explained by the enemy release hypothesis? *Ecology Lett.* 7: 721–733.

¹⁵⁹ McDonald, B.A. & Linde, C. (2002). Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40: 349–379.

¹⁶⁰ Bingham, R.T. & Gremmen, J. (1971). A proposed international program for testing white pine blister rust resistance. *Eur. J. For. Path.* 1: 93–100.

¹⁶¹ Blada, I. & Popescu, F. (2004). *Genetic Research and Development of Five-Needle Pines (Pinus subgenus Strobus) in Europe: An Overview*. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-32, s. 51–60.

tens olika genotyper)¹⁶². Det är också möjligt att exoter bär med sig skadegörare som inte ger allvarliga symptom på exoterna men som kan visa aggressivitet på våra inhemska träd.

I Sverige påbörjades storskaliga försök med plantering av främmande trädslag på 1950-talet och till exempel contortatall introducerades i större skala i de svenska skogarna under 1970-talet¹⁶³. Det uppges ofta att contortatall har bättre motståndskraft än svenska tall¹⁶⁴. Tiden från 1950-talet till idag är dock mycket kort jämfört med den tidsrymd som träden utvecklat motståndskraft mot skadegörare. Som till exempel erfarenheterna med Weymouthtall visar är en pålitlig bedömning av hur hållbar den ”nya” trädgenotypens (t ex en klon eller ett främmande art) motståndskraft är möjligt först efter rigorös vetenskaplig och praktisk testning under flera trädgenerationer och i varierande miljö¹⁶⁵.

Ståndortsanpassning

Med inhemska trädarter bör stor hänsyn visas till *ståndortsanpassning* för att undvika att träden blir kroniskt stressade och därför mer mottagliga för skadegörare. Trädens generella *livskraft* anses viktig för god motståndskraft mot skadedjur och skadevampar och till exempel gödsling används ofta för att öka trädens livskraft.

Det är dock viktigt att komma ihåg att även skadegörare kan gynnas av den kvalitetsökningen (höga halter av fotosyntesprodukter och näringsämnen) som värdväxtens höga livskraft kan innebära¹⁶⁶. Framförallt *biotrofer*¹⁶⁷ som rotsvampar gynnas av livskraftiga värdväxter, även många insekter och däggdjur visar preferens för vitala födoväxter.

Övervakning av skadegörare

För att effektivt kunna motverka epidemier och utbrott behövs solida kunskaper i de enskilda skadegörarnas biologi och ekologi. Till exempel har kunskaper om värdväxling varit avgörande för utformningen av kontrollstrategier mot rotsvampar^{168 169}. Betydelsen av grundläggande kunskaper kring skadegörarens biologi blir ofta särskilt uppmärksammade när det gäller ”nya” epidemier och utbrott (t ex askskottsvampen *Chalara fraxinea*).

Viktigt verktyg i förebyggande skogsskötsel för minskade epidemier och utbrott är även att noggrant övervaka populationsdynamiken hos inhemska skadegörare. Aktuell information om förväntade utbrott ger bättre underlag

¹⁶² Thrall, P.H. & Burdon, J.J. (2003). Evolution of virulence in a plant host-pathogen metapopulation. *Science* 299: 1735–1737.

¹⁶³ Anon. (2006). *Främmande trädslag – en naturlig del av svenskt skogsbruk*. PM Skogsindustrierna, 12 s.

¹⁶⁴ Anon. (2006). *Främmande trädslag – en naturlig del av svenskt skogsbruk*. PM Skogsindustrierna, 12 s.

¹⁶⁵ Boyce, J. S. (1951). Introduction of exotic trees. *Unasilva* 8.

¹⁶⁶ Piri, T. (1998). Effects of vitality fertilization on the growth of *Heterobasidion annosum* in Norway spruce roots. *Eur. J. For. Path.* 28: 391–397.

¹⁶⁷ Parasiter som är beroende av levande celler.

¹⁶⁸ Käitera, J. & Nuorteva, H. (2003). *Cronartium flaccidum* produces uredinia and telia on *Melampyrum nemorosum* and on Finnish *Vincetoxicum hircundinaria*. *For. Pathol.* 33: 205–213.

¹⁶⁹ Toome, M., Heinsoo, K. & Luik, A. (2006). Abundance of willow rust (*Melampsora* sp.) on different willow clones in Estonian energy forest plantations. *Proc. Est Acad. Sci. Biol. Ecol.* 55: 308–317.

för den kortsiktiga skogliga planeringen (t ex val av tidpunkt för avverkningar). Vidare behövs övervakning och kartläggning av nya och potentiella skadegörare vars skogliga betydelse kan växa i framtiden¹⁷⁰. Exempel på dessa skadegörare är svampar av släktet *Nectria* som infekterar bokens stam via sår som orsakas av boksköldlus (*Cryptococcus fagisuga*) och som har dödat bokar såväl i Nordamerika som i Europa¹⁷¹, samt *Phytophthora ramorum* som har orsakat omfattande dödlighet bland amerikanska ekar och som i Europa återfinns på prydnadsväxter som alprosor och camellia¹⁷².

Transporter

Många av de värsta skadorna på skogsträd har orsakats av invasiva arter som har spridit sig till nya områden och på nya värdväxter, oftast till följd av människans verksamhet. Exempelvis introducerades lövträdsnunna (*Lymantria dispar*) med eurasiatisk ursprung till Nordamerika under andra halvan av 1800-talet och kastanjesjukasvamp (*Chryptonectria parasitica*) i början av 1900-talet.

En viktig förebyggande åtgärd såväl på lokal som på global nivå vore därför att hindra okontrollerade transporter av skogsprodukter som bär skadesvampar eller insekter¹⁷³. Svårigheten är att skadegörare i regel redan har transporterats och i värsta fall hunnit sprida sig i den nya omgivningen innan kontrollåtgärder blir verksamma. Dessutom kräver effektiva åtgärder oftast internationell koordinering av regelverket och verksamhet. Avstämning av transportkontroller med samhällets ökade vilja för marknadernas globalisering är inte helt enkel.

Problematik kring skador och transporter har nyligen fått uppmärksamhet när det framkom att obehandlat träemballage från Portugal visat sig innehålla tallvedsnematoder (*Bursaphelenchus xylophilus*), en allvarlig skadegörare på barrträd¹⁷⁴.

Exempel på epidemier och utbrott

Nedan beskrivs några epidemier och massutbrott som har varit särskilt storskaliga och ekonomiskt betydelsefulla under senaste åren i Sverige och andra länder, och som aktivt bekämpas med skötselåtgärder baserade på forskningsresultat.

Det är dock viktigt att komma ihåg att många av dessa skador även återfinns som kroniska i våra skogar. Å andra sidan bör man notera att många av de skadegörarna som redan beskrivits (i föregående tematiska avsnitt) har visat en epidemisk karaktär i vissa områden och under gynnsamma förhållanden (t ex snöskytte och många insekter).

¹⁷⁰ Europeiska växtskyddsorganisationen EPPO:s (www.eppo.org) databas.

¹⁷¹ Houston, D.R. (1994). Major new tree disease epidemics: Beech bark disease. *Annu. Rev. Phytopath.* 32: 75–87.

¹⁷² Rizzo, D.M., Garbelotto, M. & Hansen, E. M. (2005). *Phytophthora ramorum*: integrative research and management of an emerging pathogen in California and Oregon forests. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43: 309–35.

¹⁷³ Skarpaas, O. & Økland, B. (2009). Timber import and the risk of forest pest introductions. *J. Appl. Ecol.* 46(1): 55–63.

¹⁷⁴ Växtskyddsinspektionen informerar 2008-00-24. Pinjebark kan sprida tallvedsnematoder. Tillgänglig på: <http://www.sjv.se/>, åtkomstdatum 2009-03-03.

Tallens knopp- och grentorka (*Gremmeniella*)

Gremmeniella är en av de ekonomiskt mest betydelsefulla skadegörarna på tall och contortatall. Svampen orsakade under 1950-talet så omfattande skador att den fick namnet ”den röde djävulen”.

Förekomst

Gremmeniella-svampar förekommer över hela det norra halvklotet. Ett stort antal barrträdsarter – tallar, granar, ädelgranar, lärkar och enar^{175 176} – är mottagliga.

Den i Sverige första betydelsefulla epidemin förekom i plantskolor under 1950-talet och första delen av 1960-talet. Under senare delen av 1950-talet rapporterades också svåra skador i unga naturliga tallföryngringar i norra Sverige. Vid samma tidpunkt angreps 30- till 50-åriga tallföryngringar med tyska provenienser i södra Sverige¹⁷⁷. I de nordliga föryngringarna uppträdde en typ av strangulerings-skador i såväl plantor som 15–20-åriga träd. De flesta skadorna var belägna i markhöjd men uppträdde även något högre upp på stammarna, 40–60 cm över marken. Inledningsvis syntes träden utan yttre skador, men snart kunde man observera ett kådflöde från skadade partier. Kådfyllda håligheter bildades under barken och xylemet mörknade. Skadan orsakade en karaktäristisk ansvällning av stammen ovan angreppspunkten och stamformen förändrades i såväl horisontell som vertikal led.

I slutet av 1980-talet, efter en period med kalla och nederbördsrika somrar följda av en mild vinter med ovanligt djupt snötäcke, orsakade en omfattande Gremmeniella-epidemi svåra skador i unga föryngringar av contortatall i norra Sverige¹⁷⁸. Skadorna försvårades ofta av stabilitetsproblem i föryngringarna. Contortatallens stora krona med långa barr gör trädet känsligt för upplega – is och snö som ansamlas i kronan – som böjer ned eller välter trädet. Dessutom tillkom problem med rotsnurr, orsakat av 1970-talets Paperpot-plantor och andra plantsystem som ledde till inoptimal rotutveckling.

Den mest omfattande Gremmeniella-epidemin i Sverige hittills förekom under 2001–2003 i 30–60-åriga tallbestånd inom främst tre områden – Småländska höglandet, Bergslagen och mellersta Norrland. Enligt 2003 års Riksskogstaxering omfattade angreppen 484 000 ha varav 70 000 ha skadades svårt (figur SPS45). Angreppen tvingade skogsbruket att gallra och sneringsavverka mer än 50 000 ha under epidemins två första år¹⁷⁹. Skadorna uppskattas kosta det svenska skogsbruket mer än en miljard kronor med

¹⁷⁵ Donaubauer, E. (1972). Distribution and hosts of *Scleroderris lagerbergii* in Europe and North America. *Eur. J. For. Path.* 2: 6–11.

¹⁷⁶ Skilling D.D. & Riemenschneider, D.E. (1984). Screening conifers for resistance to *Gremmeniella abietina*. - I: Manion, P. D. (red.) *Scleroderris Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983*. - Martinus Nijhoff - Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 189–196.

¹⁷⁷ Kohh, E. (1964). Om tallens knopp- och grentorka och dess bekämpning. *Skogen*. 51: 200–203.

¹⁷⁸ Karlman, M., Hansson, P. & Witzell, J. (1994). *Scleroderris* canker on lodgepole pine introduced in northern Sweden. *Can. J. For. Res.* 24: 1948–1959.

¹⁷⁹ Wulff, S., Hansson, P. & Witzell, J. (2006). The applicability of national forest inventories for estimating forest damage outbreaks – Experiences from a *Gremmeniella* outbreak in Sweden. *Can. J. For. Res.* 36: 2605–2613.

avseende på ökade skötselkostnader och reducerade intäkter efter sanerande gallringar och avverkningar ¹⁸⁰.



Figur SPS45 Gremmeniella-skador i ett tallbestånd. Foto Jesper Witzell.

Också Finland ¹⁸¹ ¹⁸² och Norge ¹⁸³ har drabbats av svåra Gremmeniella-epidemier. I Nordamerika har Gremmeniella främst angripit inhemsk red pine (*Pinus resinosa*) och den introducerade *P. sylvestris*-tallen ¹⁸⁴.

Väderlek påverkar epidemiernas förekomst

Väderförhållandena innan en epidemi bryter ut har ansetts vara av stor betydelse för epidemins omfattning ¹⁸⁵. En analys av de gemensamma väderleksförhållandena för de mest omfattande nordiska Gremmeniella-epidemierna visade följande: Hög nederbörd under sommaren året innan epidemins utbrott och få soltimmar under utbrottsäsongen. Riklig nederbörd anses gynna såväl sporproduktion, sporspridning och sporgroning. Också sena sommarfroster ökar tallens mottaglighet för Gremmeniella.

¹⁸⁰ Hansson, P., Persson, M. & Ekvall, H. (2005). An estimation of economical loss due to the *Gremmeniella abietina* outbreak in Sweden 2001–2003. I: Stanosz, G. R. & Stanosz, J. C. (red.), *Foliage, Shoot and Stem Diseases*. Proceedings of a IUFRO Working Party, June 13–19. 2004, Corvallis, Oregon, USA, s. 67–69.

¹⁸¹ Uotila, A. (1988). The effect of climatic factors on the occurrence of *Scleroderris* canker. *Folia Forestalia* 721: 1–23.

¹⁸² Kaitera, J. & Jalkanen, R. (1992). Disease history of *Gremmeniella abietina* in a *Pinus sylvestris* stand. *Eur. J. For. Path.* 22: 371–378.

¹⁸³ Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. (1973). *Scleroderris lagerbergii* in Norway. Hosts, distribution, perfect and imperfect state, and mode of attack. *Medd. Norske Skogsforsöksvesen* 30, 442–459.

¹⁸⁴ Dorworth, C. (1972). Epidemiology of *Scleroderris lagerbergii* in central Ontario. *Can. J. Bot.* 50: 751–765

¹⁸⁵ Uotila, A. & Petäistö, R-L. (2007). How do the epidemics of *Gremmeniella abietina* start? *Acta Silv. Hung.*, Spec. Ed., s. 147–151.

Vinterförhållandena har troligen inte lika stor betydelse eftersom sporena sprids under sommaren och hösten då också den strukturella resistensen hos tall utvecklas. Det är dock något annorlunda för den nordliga typen (STT) av *Gremmeniella* då denna ofta växer i perenna, basala sårskador under snön. Innan mycelet börjar växa och invadera skottet krävs en period av sammanlagt 43 dagar med en temperatur över $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. I Sverige och Finland förekommer sådana perioder i stort sett varje år. Därför kan inte enbart väderförhållandena under vintervilan förklara mellanårsvariationen i *Gremmeniella*-förekomsten.

Biologi

Gremmeniella abietina orsakar skada genom att döda unga skott och knoppar (figur SPS46), samt genom att orsaka sårskador eller kräftskador på stammar (figur SPS47) och grenar. I Sverige förekommer arten *G. abietina* var. *abietina* i två biotyper^{186 187}. Den nordliga typen (STT) angriper tall och contortatall. Den europeiska typen (LTT) angriper tall och gran.



Figur SPS46 *Gremmeniella*-skador på tallskott. Foto Jesper Witzell.

¹⁸⁶ Hellgren, M. & Högberg, N. (1995). Ecotypic variation of *Gremmeniella abietina* in northern Europe – disease patterns reflected by DNA variation. *Can. J. Bot.* 73: 1531–1539.

¹⁸⁷ Hamelin, R. C., Lecours, N., Hansson, P., Hellgren, M. & Laflamme, G. (1996). Genetic differentiation within the European race of *Gremmeniella abietina*. *Mycol. Res.* 100: 49–56.



Figur SPS47 Gremmeniella orsakar stamsår. Foto Jesper Witzell.

Gremmeniella sprids med sporer, dels med vinden, dels med vattendroppar som träffar fruktkropparna vid regn och stänker till närliggande träd. Svampen har en tvåårig livscykel och bildar två typer av fruktkroppar och sporer.

Ett år efter infektion bildas *pyknider* som producerar *konidiesporer* och efter två år bildas *apothecier* som producerar *ascosporer*^{188 189}. Mycel från de groende sporererna infekterar värdväxtens skott under sommaren och hösten, men först sedan värdträdet vintervila inträtt koloniserar svampen, som kan växa i temperaturer ner till -6°C , djupare in i skottets ledningsbanor. Svampmycelet blockerar transporten i ledningsbanorna och under den följande vegetationsperioden framträder symptomen i de koloniserade skotten som torkar och dör (knopp- och grentorka). Om svampen når stammen bildas sårskador¹⁹⁰.

Trädets försvarsrespons är att bilda *kallus* (samling av odifferentierade parenkymceller) runt den svampdödade vävnaden. Ofta kan svampen växa genom kallusvävnaden under den påföljande vinterperioden och trädet formar ytterligare ny kallus under den kommande växtsäsongen. Om detta upprepas under flera år kan sårskadorna bli både stora och djupa. Om svampen inte lyckas bryta igenom kallusen kan trädet valla över sårskadan.

¹⁸⁸ Hellgren, M. & Barklund, P. (1992). Studies of the life-cycle of *Gremmeniella abietina* on Scots pine in southern Sweden. *Eur. J. For. Path.* 22: 300–311.

¹⁸⁹ Uotila, A. (1992). Mating system and apothecia production in *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Path.* 22: 410–417.

¹⁹⁰ Patton R.F., Spear, R.N. & Blenis, P.V. (1984). The mode of infection and early stages of colonization of pines by *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Path.* 14: 193–202.

Swampen kan leva och producera fruktkroppar upp till två år i de döda skotten¹⁹¹ och ännu längre i sårskador på stammen, också i sådana som blivit övervallade¹⁹².

I samband med Gremmeniella-epidemier förekommer ofta sekundära angrepp av större mörghorste (*Tomicus piniperda*)¹⁹³. Insekten angriper såväl nyligen döda träd som träd med stora (>90 %) barrförluster^{194 195}.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Förebyggande skogsskötsel

Det effektivaste sättet att förhindra och kontrollera utbrott av Gremmeniella är genom *förebyggande skogsskötsel*.

Trädslagsval, proveniens och ståndort

Vid förnygring av områden där Gremmeniella redan förekommer i närliggande bestånd kan skadorna begränsas genom val av gran (eller tall) om den närvarande Gremmeniella-typen är STT, eller val av contortatall eller gran om typen är LTT. Aktuella studier antyder att contortatallen är resistent mot LTT¹⁹⁶. Det finns även andra alternativ till tall, till exempel sibirisk lärk i norra Sverige och sitkagran i södra Sverige. Trots att dessa arter har konstaterats mottagliga i infektionsförsök¹⁹⁷ har ännu inga skador rapporterats från kommersiella förnygringar¹⁹⁸.

Också *proveniensen* har visat sig ha stor betydelse för mottagligheten. Tall av lokal proveniens eller sydförflyttade provenienser har betydligt större motståndskraft mot Gremmeniella-angrepp än nordförflyttade provenienser. För contortatall är de nordligaste provenienserna, med ursprung i centrala Yukon (lat 62° – 63°30' N), mer motståndskraftiga än sydligare pro-

¹⁹¹ Kaitera, J., Hantula, J. & Jalkanen, R. (1997). Development of fruiting bodies of large tree type of *Gremmeniella abietina* var. *abietina* and timing of infection on Scots pine in northern Finland. *Eur. J. For. Path.* 27: 115–124.

¹⁹² Witzell, J. (2001). Formation and growth of stem cankers caused by *Gremmeniella abietina* on young *Pinus contorta*. *For. Path.* 31: 115–127.

¹⁹³ Kaitera, J. & Jalkanen, R. (1994). The history of shoot damage by *Tomicus* spp. (Col., Scolytidae) in a *Pinus sylvestris* L. stand damaged by the shoot-disease fungus *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet. *J. Appl. Entom.* 117: 307–313.

¹⁹⁴ Annala, E., Långström, B., Varama, M., Hiukka, R. & Niemelä, P. (1999). Susceptibility of defoliated Scots pine to spontaneous and induced attack by *Tomicus piniperda* and *Tomicus minor*. *Silva Fenn.* 33: 93–106.

¹⁹⁵ Bernhold, A. (2008). Management of *Pinus sylvestris* stands infected by *Gremmeniella abietina* – Aspects of tree survival, growth and regeneration after the severe outbreak in 2001. SLU. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 27.

¹⁹⁶ Laflamme, G., Rioux, D., Simard, M., Bussières, G. & Mallett, K. (2006). Resistance of *Pinus contorta* to the European race of *Gremmeniella abietina*. *For. Path.* 36: 83–96.

¹⁹⁷ Skilling D.D. & Riemenschneider, D.E. (1984). Screening conifers for resistance to *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P. D. (red.) *Scleroderris Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21-24, 1983*. - Martinus Nijhoff - Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 189–196.

¹⁹⁸ Bernhold, A. (2008). Management of *Pinus sylvestris* stands infected by *Gremmeniella abietina* – Aspects of tree survival, growth and regeneration after the severe outbreak in 2001. SLU. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 27.

venienser. I områden med kärvt klimat och på hög höjd över havet angrips dock även de härdigaste provenienserna svårt av *Gremmeniella*¹⁹⁹.

Många studier visar på *ståndortsvalet* som en av de viktigaste faktorerna för att minska risken för *Gremmeniella*-skador. En stor andel av de föryngringar som drabbades svårt av *Gremmeniella* under slutet av 1980-talet i norra Sverige, var belägna i områden som ursprungligen var bevuxna med gran. Till och med år 1986 växte contortatallen väl i dessa områden men därefter har en studie visat att *Gremmeniella*-skador oftare förekommer på tall och contortatall planterade på marker som ursprungligen höll gran jämfört med på marker som ursprungligen höll tall. Också frekvensen *Gremmeniella*-dödade träd var högre på gamla granmarker än på gamla tallmarker²⁰⁰.

De svåraste *Gremmeniella*-skadorna uppträder ofta i svackor i terrängen. Svampen gynnas av det fuktiga mikroklimatet och, i boreala områden, av att snön ligger längre och i ett djupare täcke. Från svackorna sprids svampsjukdomen ut i den omkringliggande föryngringen. Även föryngringar i nord- och nordväst-sluttningar drabbas i allmänhet svårare än föryngringar i sydsluttningar²⁰¹.

En studie av skador i contortaföryngringar i norra Sverige²⁰² visade på ett starkt negativt samband mellan *Gremmeniella*-skador och områdets kärvhet. Temperatursumman var den enskilt viktigaste förklaringen till hur svårt ett område drabbades av *Gremmeniella*. Ökande höjd över havet gav mer omfattande *Gremmeniella*-skador.

Markberedning, planttyp och plantering

Ett visst samband har observerats mellan typ av markberedning och *Gremmeniella*-förekomst. Högläggning tycks vara att föredra medan plöjning och fläckmarkberedning ger sämre resultat²⁰³. En god rotutveckling är nödvändig för friska plantor. 1970-talets Paperpot-plantor medförde stabilitetsproblem med påföljande kvalitetsnedsättningar och *Gremmeniella*-angrepp.

Röjning

Lövröjning i unga contortabestånd har troligen ingen effekt vad gäller *Gremmeniella*-förekomsten²⁰⁴. Det finns dock studier som antyder att kvarlämnande av lövsly förhindrar svampens spridning.

¹⁹⁹ Karlman, M., Hansson, P. & Witzell, J. (1994). Scleroderris canker on lodgepole pine introduced in northern Sweden. *Can. J. For. Res.* 24: 1948–1959.

²⁰⁰ Witzell, J., Karlman, M. (2000). Importance of site type and tree species on disease incidence of *Gremmeniella abietina* in areas with harsh climate in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 15: 202–209.

²⁰¹ Uotila, A. (1988). The effect of climatic factors on the occurrence of Scleroderris canker. *Folia For.* 721: 1–23.

²⁰² Karlman, M., Hansson, P. & Witzell, J. 1994. Scleroderris canker on lodgepole pine introduced in northern Sweden. *Can. J. For. Res.* 24: 1948–1959.

²⁰³ Hansson, P. (1996). *Gremmeniella abietina* in northern Sweden : silvicultural aspects of disease development in the introduced *Pinus contorta* and in *Pinus sylvestris*. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 10. Umeå.

²⁰⁴ Hansson, P. (1996). *Gremmeniella abietina* in northern Sweden : silvicultural aspects of disease development in the introduced *Pinus contorta* and in *Pinus sylvestris*. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 10. Umeå.

Gallring

Täta bestånd anses mer mottagliga för Gremmeniella-angrepp än glesa. Detta kan bero på såväl effekten av beskuggning²⁰⁵, förändrat beståndsklimat som på konkurrens²⁰⁶. Studier har visat att gallring av såväl contortatall²⁰⁷ som tall²⁰⁸ minskar förekomsten av Gremmeniella.

Skötsel av infekterade bestånd

Hyggesrensning

Gremmeniella-svampen kan överleva i åtminstone 18 månader i infekterat ris efter avverkning av tall²⁰⁹. Plantering efter avverkning av ett Gremmeniella-skadat bestånd, bör därför ske först efter minst två års hyggesvila. I annat fall bör infekterat ris bortföras. En hyggesrensning kan då reducera antalet skadade plantor med upp till 50 %²¹⁰.

Nordamerikanska studier visar dock att efter stamkvistning av Gremmeniella-infekterade träd kan ris och grenar lämnas på marken^{211 212}. I en studie där man använde planterade plantor som bioindikatorer fann man ingen skillnad i infektionsstyrka mellan provytor där grenar kvarlämnats och ytor där de avlägsnats²¹³. En annan studie observerade däremot återinfektion med Gremmeniella efter stamkvistning utan att riset avlägsnats²¹⁴.

Sanerande röjning, gallring och stamkvistning

Om man tidigt observerar begynnande Gremmeniella-angrepp finns möjligheten till *sanerande åtgärder – avverkning, gallring eller stamkvistning*²¹⁵.

²⁰⁵ Read, D. J. (1968). Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenicity in an epidemic disease of pines. *New Phytol.* 67: 39–48.

²⁰⁶ Niemelä, P., Lindgren, M. & Uotila, A. (1992). The effect of stand density on the susceptibility of *Pinus sylvestris* to *Gremmeniella abietina*. *Scand. J. For. Res.* 7: 12–133.

²⁰⁷ Kujala, V. (1950). Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. *Comm. Inst. For. Fenn.* 38 : 1–121.

²⁰⁸ Read, D. J. (1968). Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenicity in an epidemic disease of pines. *New Phytol.* 67: 39–48.

²⁰⁹ Witzell, J., Bernhold, A. & Hansson, P. (2006). Survival and vitality of *Gremmeniella abietina* on *Pinus sylvestris* slash in northern Sweden. *For. Path.* 36: 406–412.

²¹⁰ Bernhold, A., Witzell, J. & Hansson, P. (2006). Effect of slash removal on *Gremmeniella abietina* incidence on *Pinus sylvestris* after clear-cutting in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 21: 489–495.

²¹¹ Bergdahl, D. R. & Ward, T. M. (1984). Pruning as a silvicultural tool in the management of *Pinus resinosa* infected with *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P. D. (red.) *Scleroderma Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983*. Martinus Nijhoff - Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 166–176.

²¹² Laflamme, G. (1991). Scleroderma canker on pine. *Information Leaflet LFC 3*. Forestry Canada, Quebec, Canada. 12 s.

²¹³ Bergdahl, D. R. & Ward, T. M. (1984). Pruning as a silvicultural tool in the management of *Pinus resinosa* infected with *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P. D. (red.) *Scleroderma Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983*. Martinus Nijhoff - Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 166–176.

²¹⁴ French, W.J. & Silverborg, S-B. (1967). *Scleroderma* canker of red pine in New York state plantations. *Plant Dis. Rep.* 51: 108–109.

²¹⁵ Bergdahl, D. R. & Ward, T. M. (1984). Pruning as a silvicultural tool in the management of *Pinus resinosa* infected with *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P. D. (red.)

Det är dock troligt att den europeiska biotypen (LTT) är svårare att kontrollera än den nordliga (STT) eftersom den förra angriper träd i alla åldrar och storlekar. I svårt angripna områden kan avlägsnandet av hela bestånd vara den enda möjligheten att sanera och begränsa svampens spridning.

I ett tidigt stadium av angrepp kan stamkvistning av infekterade grenar vara tillräckligt som sanerande åtgärd och därigenom möjliggöra för beståndet att nå normal avverkningsålder²¹⁶. Däremot bör samtliga träd med mer än 75 % av kronan angripen och samtliga döda och döende träd avlägsnas ur beståndet²¹⁷. Små och undertryckta träd angrips svårare av *Gremmeniella* än beståndets större träd och bör därför avverkas i första hand vid sanerande åtgärder.

Scleroderris Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983. Martinus Nijhoff - Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 166–176.

²¹⁶ Bergdahl, D. R. & Ward, T. M. (1984). Pruning as a silvicultural tool in the management of *Pinus resinosa* infected with *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P. D. (red.) *Scleroderris Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983.* Martinus Nijhoff - Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 166–176.

²¹⁷ Bernhold, A. (2008). Management of *Pinus sylvestris* stands infected by *Gremmeniella abietina* – Aspects of tree survival, growth and regeneration after the severe outbreak in 2001. Doctoral diss. Dept. of Forest Ecology and Management, SLU. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvustria* 27.

Knäckesjuka

Rostsvampen *Melampsora pinitorqua* orsakar knäckesjuka hos tall. Svampen värdväxlar mellan tallar och asp, vilket har varit en anledning till en hård bekämpning av asp i tallföryngringar.

Förekomst

Knäckesjuka är en allvarlig sjukdom hos tall och orsakas av rostsvampen *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. Angrepp har rapporterats sedan 1870-talet då skador i en 2–3-årig tallplantering i Västergötland beskrevs²¹⁸. Knäckesjuka förekommer i hela Sverige på 1–2-åriga plantor i plantskolor likväl som i planteringar upp till 15 års ålder. Allvarliga angrepp orsakar svåra kvalitetsnedsättande skador på grund av deformation av toppskottet och de övre grenvarven. Mycket unga plantor kan dö efter angrepp. Svampen värdväxlar mellan tvåbarriga tallarter och asp (figur SPS48). I unga föryngringar har de svåraste skadorna observerats i anslutning till aspskott.



Figur SPS48 Knäckesjuka värdväxlar mellan tall och asp. Vänster bild: deformerade toppskott hos tall. Höger bild: orangea uredosporer på aspblad. Foto Jesper Witzell.

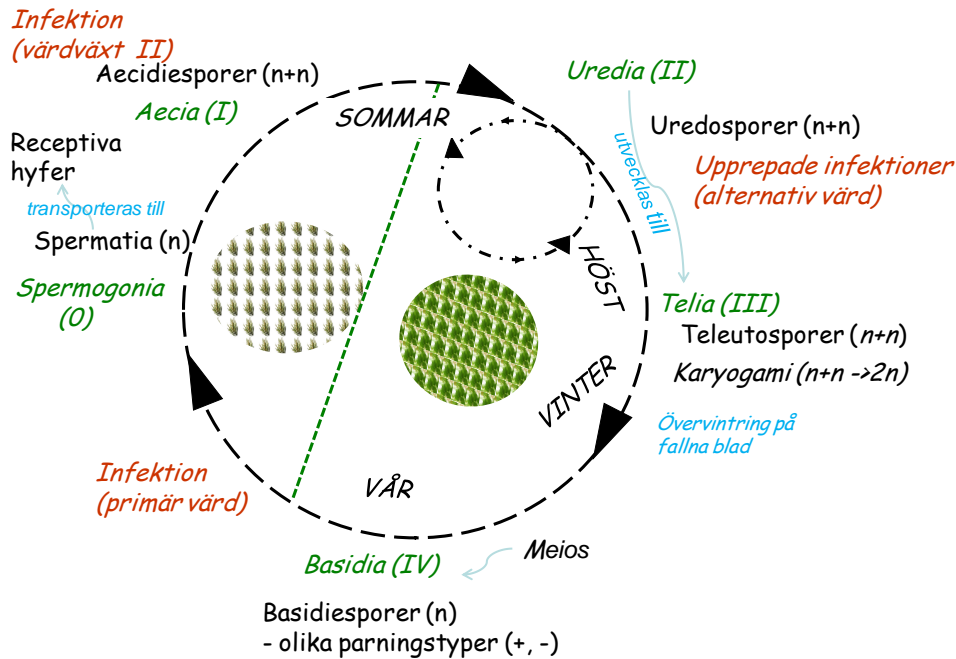
Biologi

Tallens årsskott angrips vid skottsträckningen under försommaren. En till tre centimeter långa aecidiesporer bildas på skotten från mellersta juni till början av juli – i norra Sverige något senare. Infektionen koncentreras till toppskottet och de övre grenvarven. Svåra angrepp dödar årsskotten. Om endast ena sidan av skottet angrips böjs det i en S-form och kan knäckas^{219 220}.

²¹⁸ Wilke, W. (1874). En parasitsvamp på tall. *Tidskr. F Skogshushålln.* 2: 247.

²¹⁹ Kurkela, T. (1973a). Epiphytology of *Melampsora* rusts of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Aspen (*Populus tremula* L.). *Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja* 79(4), 68 s.

Likt andra rostsvarpar har *M. pinitorqua* en komplex livscykel med flera olika utvecklingsstadier (figur SPS49). Aecidiesporerna sprids till asp och infekterar bladen. Små uredosporsamlingar (sommarsporer) bildas på aspbladens undersidor och sprider sjukdomen från asp till asp under sommaren. Följaktligen kan infektionen under detta stadium accelerera och bygga upp ett högt sportryck. Under hösten bildas tjockväggiga teleutosporer (vintersporer) på aspbladens undersidor och under den tidiga våren infekterar basidier och basidiesporer från teleutosporer de nya årsskotten under skottsträckningen. Spridningen av basidiesporer sker under maj och juni och gynnas av nederbörd.



Figur SPS49 Rostsvampar (Uredinales), som t ex knäkesjukasvampen har ofta komplexa livscyklar med upp till fem olika sporstadier. En rostsvampart som behöver två värdväxter för att komplettera hela livscykeln (sporstadier 0-IV) kallas *heteroecius* medan en art som genomgår hela livscykeln på en värdväxt kallas *autoecius*. Antalet kromosomuppsättning (ploiditet) varierar mellan olika sporstadier: en cell med enkel uppsättning kromosomer av det antal som är karakteristiskt för arten kallas *haploid* (n), cell med dubbel uppsättning kromosomer kallas *diploid* (2n). *Karyogami* betyder kärnsammansmältning, *meios* är reduktionsdelning som ger halverat kromosomantal. Bild Johanna Witzell.

Svenska forskare har under senare delen av 1900-talet fokuserat på resistens hos tall (*Pinus sylvestris*)^{221 222 223 224}. Moderna studier av svampens

²²⁰ Kurkela, T. (1973b). Release and germination of basidiospores of *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. and *M. larici-tremulae* Kleb. at various temperatures. *Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja* 78(5), 22 s.

²²¹ Klingström, A. (1963). *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. - Pine twisting rust: some experiments in resistance-biology. *Stud. For. Suec.* No. 6, 23 s.

²²² Gref, R. (1987). Resin acids and resistance of *Pinus sylvestris* to *Melampsora pinitorqua*. *Eur. J. For. Path.* 17: 227-230.

biologi har utförts i Italien²²⁵ och i Frankrike^{226 227}, där även nya metoder för inokuleringsexperiment har utvecklats²²⁸. Dessa studier har huvudsakligen gällt terpentintall (*P. pinaster*) i tempererade regioner i södra Europa. Ett flertal frågor rörande svampens biologi i den boreala delen av Skandinavien, samt inverkan av de moderna skogsskötselmetoderna på svampens epidemiologi återstår dock att besvaras.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Ståndortsfaktorer

Redan tidigt observerades de allvarligaste angreppen av knäckesjuka på stora kalhyggen uteslutande föryngrade med tall²²⁹. Detta antogs bero på att basidiesporerna är relativt svårspredda och att starka vindar är nödvändiga för långdistansspridning. Flera av de allvarligaste angreppen rapporterades efter skogsbränder då asp föryngrades genom ett stort antal rotskott. Detta antyder en större risk för infektion av unga tallar om beståndet innehåller rotskott av asp än om det innehåller gamla aspträd.

I Finland har man visat på positiva samband mellan knäckesjuka och aspförekomst i beståndet, ytans bördighet samt markens stenighet²³⁰, men även andra faktorer kan vara betydelsefulla. Vid naturvårdsinriktad skogsskötsel lämnas beståndsförnyring och avverkningsrester på hygget efter avverkning. Förekomsten av ris, beståndsförnyring och små träd är av stor betydelse för mikroklimatet.

Vissa studier har visat på en avsevärt lägre groning hos teleutosporer som övervintrade i ris än hos teleutosporer som övervintrade på öppen mark²³¹. Resultatet antyder att hyggesrensning gynnar groningen av teleutosporer. I en annan studie²³² rapporteras temperatur och fuktighet att vara mest betydelsefulla faktorer att gynna basidiesporgroningen – huvudsakligen fukthalten i substratet medan humiditet och ljus är av mindre betydelse.

²²³ Martinsson, O. (1985). The influence of pine twist rust (*Melampsora pinitorqua*) on growth and development of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Eur. J. For. Path.* 15: 103–110.

²²⁴ Andersson, B. & Danell, Ö. (1997). Is *Pinus sylvestris* resistance to pine twist rust associated with fitness costs or benefits? *Evolution* 51: 1808–1814.

²²⁵ Strazzullo, A., Mugnai, L. & Naldini, B. 1993. Observations on the survival of *Melampsora pinitorqua* teliospores during overwintering. *Petria* 3: 73–79.

²²⁶ Desprez-Loustau, M. L. & Dupuis, F. (1992). A time-course study of teliospore germination and basidiospore release in *Melampsora pinitorqua*. *Mycol. Res.* 96: 442–446.

²²⁷ Desprez-Loustau, M. L. & Dupuis, F. (1994). Variation in the phenology of shoot elongation between geographic provenances of maritime pine (*Pinus pinaster*) – implications for the synchrony with the phenology of the twisting rust fungus, *Melampsora pinitorqua*. *Ann. Sci. For.* 51: 553–568.

²²⁸ Desprez-Loustau, M. L. 1990. A cut-shoot bioassay for assessment of *Pinus pinaster* susceptibility to *Melampsora pinitorqua*. *Eur. J. For. Path.* 20: 386–391.

²²⁹ Sylvén, N. (1917). Om tallens knäckesjuka. *Medd. Statens Skogsförs. Anst.* (13–14): 1077–1140.

²³⁰ Mattila, U., Jalkanen, R. & Nikula, A. (2001). The effects of forest structure and site characteristics on probability of pine twisting rust damage in young Scots pine stands. *For. Ecol. Man.* 142: 89–97.

²³¹ Longo, N., Moriondo, F. & Naldini-Longo, B. (1976). Germination of teleutosporer of *Melampsora pinitorqua* Rostr. *Eur. J. For. Path.* 6: 12–18.

²³² Desprez-Loustau, M. L. (1986). Physiology of in vitro germination of *Melampsora pinitorqua* Rostr. Basidiosporer; consequences for the understanding of the infections process. *Eur. J. For. Path.* 16: 193–206.

Förekomst av buskar, ris och averkningsrester som reducerar avdunstningen från substratet skulle sålunda öka groningen av basidiesporer. Aspsly som lämnas på avverkningsytan innebär alltid en ökad infektionsrisk för tallkulturen. Ett rikligt täcke av högt gräs på tallplantorna kan däremot skydda från infektion genom att absorbera luftspridda basidiesporer ²³³.

Växtmaterial

I motsats till tall har contortatall hittills förefallit resistent mot knäckesjuka i praktiska föryngringar ^{234 235}. I en studie av fyra tallarters mottalighet för knäckesjuka i fem europeiska länder var contortatallen fri från infektion medan svensk tall (*P. sylvestris*) visade på högsta skadeförekomsten ²³⁶. Det är möjligt att denna resistens endast är temporär. Lätta angrepp av knäckesjuka på enstaka contortatallar observerades under sommaren 1981 efter en svår epidemi på den inhemska tallen året innan ²³⁷. Även italienska studier ²³⁸ visar att contortaplantar kan bli infekterade. Eventuellt är det frågan om *expositionsresistens*, dvs mottagligheten hos contortatallens skott är ur fas med den period basidiesporproduktionen sker ²³⁹.

Inom sitt naturliga utbredningsområde är contortatallen inte exponerad för knäckesjuka ²⁴⁰ och har därmed inte utvecklat någon aktiv resistens mot patogenen. Sålunda är det möjligt att en extrem vädersituation kan trigga en epidemi (jämför med *Gremmeniella*-situationen i norra Sverige). Hösten 1998, efter den regniga sommaren observerades symptom av knäckesjuka på contortatall på flera platser i Västerbotten och Norrbotten ²⁴¹.

Bladegenskaper

Skillnader i *bladmorfologi* mellan äldre och yngre aspar kan påverka myceltillväxten och svampens sporproduktion. Nätet av bladnerv i aspblad reducerar myceltillväxten, och ett tätt nätverk förhindrar bildandet av flera uredia från samma mycel ²⁴². Svampens reproduktionskapacitet minskar avsevärt om inte varje spor som gror på aspbladet kan resultera i ett flertal uredia. Detta antyder att sporproduktionen, och därmed risken för en epidemi, är större om svampen infekterar aspsly med stora blad och ett glest

²³³ Nabatov, N. M. (1968). Influence of grass cover on expanding of pine pathology caused by *Melampsora pinitorqua* Rostr. in pine cultures. *Lesovedeije*, s. 91–94.

²³⁴ Martinsson, O. (1985). The influence of pine twist rust (*Melampsora pinitorqua*) on growth and development of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Eur. J. For. Path.* 15: 103–110.

²³⁵ Karlman, M. (1986). Damage to *Pinus contorta* in northern Sweden with special emphasis on pathogens. *Stud. For. Suec.* 176, 42 s.

²³⁶ Longo, N., m. fl (1980). I: Powers, H. R. m fl (red.): Rusts of hard pines. Proceedings of the meeting of IUFRO working group S2.06.10, September 5–7, 1979, Florence, Italy. *Phytopath. Mediterr.* 19: 30–34.

²³⁷ Karlman, M. (1986). Damage to *Pinus contorta* in northern Sweden with special emphasis on pathogens. *Stud. For. Suec.* 176, 42 s.

²³⁸ Longo, N., Moriondo, F. & Naldini, B. (1970). Biology and epidemiology of *Melampsora pinitorqua* (1). *Ann. Accad. Ital. Sci. For.* 19: 83–175.

²³⁹ Karlman, M. (1980). Skador på *Pinus contorta* i norra Sverige 1979. *SST* 1980–3.

²⁴⁰ Molnar, A. C. & Sivak, B. (1964). *Melampsora* infection of Pine in British Columbia. *Can. J. Bot.* 42: 145–158.

²⁴¹ Karlman, M. (2001). Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with respect to pathogens. *For. Ecol. Man.* 141: 97–105.

²⁴² Kurkela, T. (1973a). Epiphytology of *Melampsora* rusts of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Aspen (*Populus tremula* L.). *Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja* 79(4), 68 s.

nervnät jämfört med om mindre blad från äldre aspträd och med ett tätt nervnät infekteras.

De *kemiska karaktärer* i tall och asp som påverkar tillväxt och utveckling av knäcksjuka är fortfarande otillfredställande definierade. Ny information angående den kemiska basen för parasitresistens, dvs sekundärmetaboliter, hos tall och asp är sålunda nödvändig. En aspekt som fått liten uppmärksamhet är betydelsen av ytkemikalier (epikuticulära kemikalier). Läckage av vattenlösliga försvarssubstanser från ytan på tallskott och aspblad under regniga somrar kan eventuellt förklara en del av en ökad mottaglighet för knäcksjuka.

Törskate

Törskatesvampen är känd sedan slutet av 1800-talet och orsakar stora skador på ett flertal olika tallarter över hela Europa. I Sverige är törskatesvampen en av de allvarligaste skadegörarna och beräknas orsaka 12–15 % av den naturliga avgången av tall samt en årlig produktionsförlust av timmer på 350 000 m³²⁴³. Vidare beräknas diametertillväxten på svårt skadade träd (med dödad topp) minska med 40–70 % och på lättare skadade träd med 20–40 %²⁴⁴.

Förekomst

I Sverige angrips inhemsk tall (*Pinus sylvestris*) i alla åldrar och över hela landet. Contortatallen har däremot visat sig resistent mot törskate²⁴⁵. Angrepp av törskate är vanligast på äldre träd (figur SPS50) men på senare år har allvarliga skador noterats i unga tallplanteringar i Norrbotten och Lappland. Unga träd dör ofta inom några år efter att symptom uppträder på stammen medan äldre träd kan överleva angrepp under mycket lång tid.



Figur SPS50 Törskateskadade äldre tallar, så kallade tjergaddar, är en vanlig syn i skogslandskapet. Foto Andreas Bernhold.

Biologi

Det har tidigare ansetts vara två olika svamparter som ger upphov till törskate: en art (*Cronartium flaccidum*) som värdväxlar mellan tall och olika

²⁴³ Bengtsson, G. (1976). *Skogs- och virkesskydd*. Sveriges skogsvårdsförbund, s. 58–78.

²⁴⁴ Martinsson, O. & Nilsson, B. (1987). The impact of *Cronartium flaccidum* on the growth of *Pinus sylvestris*. *Scand. J. For. Res.* 2: 349–357.

²⁴⁵ Kaitera, J. & Nuorteva, H. (2008). Inoculations of eight *Pinus* species with *Cronartium* and *Peridermium* stem rusts. *For. Ecol. Man.* 255: 973–981.

örter, t ex tulkört, pion, kärrspira och skogskovall, och en art (*Peridermium pini*) som sprids direkt från tall till tall. Idag anses de däremot vara två olika typer av samma art, där *P. pini* anses ha utvecklats ur *C. flaccidum* genom mutation²⁴⁶.

Båda typerna av törskate uppträder på träd i alla åldrar men *P. pini* är vanligast på äldre träd på något magrare marker medan *C. flaccidum* gör störst skada i unga och medelålders bestånd på näringsrika marker med rikliga inslag av alternativa värdar (i norra Sverige främst skogs- och ängskovall och i södra Sverige främst tulkört och pion). De svåra skadorna på tallungskog i Norrbotten under 2000-talet orsakades främst av den värdväxlande typen av törskate (*C. flaccidum*)²⁴⁷.

Flerårig livscykel

Törskatesvampen hör till rostschamparna och har en flerårig livscykel. Den icke värdväxlande typen (*P. pini*) sprider sina sporer från tall till tall under försommaren. Den värdväxlande typen (*C. flaccidum*) har en komplicerad livscykel med fem olika sporstadier. Sporererna från den alternativa värdväxten sprids till tallskotten på sensommaren och spridningen gynnas av fuktig väderlek. På försommaren, två till sju år efter skotten infekterats, spricker barken upp på stammen eller grenarna och det bildas ett stamsår med orangea blåsor, det så kallade *blåsroststadiet* (figur SPS51). Då stamsår ofta bildas i nedre delen av kronan på unga tallar är det vanligt att träden dör inom ett par år efter det att symptomen syns på stammen.

”Tjärgaddar” och ”torrtoppar”

Infektionen på tall sker främst i barr eller unga skott, varefter den växer in till stammen och bildar stamsår. När svampen når runt en gren eller en stam snörs ledningsbanorna av och grenen eller trädets topp dör. Trädet försvarar sig med kraftig kådbildning och det bildas så kallad tjärved (”töre”). Törskateangripna tallar med döda toppar är en vanlig syn i äldre tallskogar och kallas bland annat ”tjärgaddar” eller ”torrtoppar”. Kampen mellan trädet och svampen kan pågå i tiotals år och de svarta, kådindränkta stamsåren kan bli flera meter långa på vuxna träd.

Sporspridningen från tall tillbaka till den alternativa värdväxten sker under maj–augusti och det är under denna tid, då stamsåren är fulla av orangea sporer, som det är lättast att identifiera skadorna. Sporspridningen från tallens stamsår kan ske under flera års tid²⁴⁸. Under sommaren kan svampen massförökas på den alternativa värdväxten och sprids sedan tillbaka till tallen på sensommaren vilket sluter den fleråriga livscykeln.

²⁴⁶ Hantula, J., Kasanen, R., Kaitera, J. & Moricca, S. (2002). Analyses of genetic variation suggest that pine rusts *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* belong to the same species. *Mycol. Res.* 106: 203–209.

²⁴⁷ Hansson, P. m fl. Opublicerade data.

²⁴⁸ Kaitera, J. (2003). Susceptibility and lesion development in Scots pine saplings infected with *Peridermium pini* in northern Finland. *For. Pathol.* 33: 353–362.



Figur SPS51 Ung tall med stamsår av törskate. Barken spricker upp och det bildas blåsor med orangea sporer. Foto Andreas Bernhold.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Det finns få studier i Sverige som behandlar skötseln av törskateangripna tallbestånd och forskningsbehovet är stort. Forskning från Finland under de senaste 15 åren har starkt bidragit till en ökad kunskap om svampens grundläggande biologi, dess symtom på tall och dess olika alternativa värdar. Denna kunskap kommer att underlätta för mer praktiskt inriktade forskningsinsatser vilket är viktigt för att vi ska kunna begränsa skadorna av törskate i våra tallskogar.

Beståndsanläggning

Då törskatesvampen endast angriper inhemsk tall i Sverige bör man överväga att byta trädslag till till exempel gran, contorta eller lärk vid föryngring i svårt drabbade områden. Det finns inget tydligt samband mellan tallproveniensen och mottaglighet för törskateangrepp och ett felaktigt proveniensval anses inte vara en avgörande faktor för utbrott av en törskate-epidemi²⁴⁹. Finska studier har dock visat att nordliga tallprovenienser generellt har en hög resistens mot törskate av typen *P. pini*²⁵⁰. Variationen i *virulens*²⁵¹ mellan törskate från olika regioner har visat sig vara stor men i en färsk stu-

²⁴⁹ Kaitera, J. Muntlig uppgift.

²⁵⁰ Kaitera, J. (2003). Susceptibility and lesion development in Scots pine saplings infected with *Peridermium pini* in northern Finland. *For. Pathol.* 33: 353–362.

²⁵¹ Förmåga att framkalla sjukdom.

die från Finland visade sig virulensen hos *P. pini* vara högre i sporer från norra Finland än från södra Finland ²⁵².

Det finns för närvarande inga vetenskapliga studier som visar hur en hyggesbränning påverkar angreppsfrekvensen av värdväxlande törskate i infekterade tallföryngringar. Det är dock rimligt att tro att en grundlig hyggesbränning skulle vara en bra sanerande åtgärd för att tillfälligt minska förekomsten av alternativa värdväxter i fältskiktet, och sålunda även förekomsten av törskatesvamp av typen *C. flaccidum*.

Röjning och gallring

Effekter av sanerande åtgärder i törskateangripna bestånd är dåligt kända. Skogsstyrelsen rekommenderar att prioritera inväxande gran och björk vid röjning i skadedrabbade ungskogar, samt att överväga tidigarelagd slutavverkning istället för gallring i hårt drabbade äldre bestånd ²⁵³. Studier på effekten av sanerande röjningar eller gallringar på törskateförekomsten är dock få och i Nordamerika har studier av närbesläktade rotsvampar visat att effekten varierar kraftigt mellan olika svamparter.

Den senaste studien som gjorts i Skandinavien visade att sanerande gallringar av medelålders tallbestånd, svårt infekterat med *C. flaccidum*, inte alltid har någon positiv effekt ²⁵⁴. Den främsta anledningen till detta är förmodligen att man missar ett stort antal latent infekterade träden vid gallringen. Med tanke på den flera år långa latent perioden mellan infektion och symptom är därför viktigt med regelbundna saneringsåtgärder för att åtgärden ska vara effektiv.

En annan effekt av gallringen kan vara en ökad svampvitalitet och sporproduktion i de välväxande friställda stammarna. Vidare kan ett bättre ljusklimat för de örter i fältskiktet som fungerar som mellanvärdar i värdväxlingen samt ökade sporspridningsmöjligheter mellan fältskiktet och trädskiktet påverkas. Då det är omöjligt att utrota dessa örter är det således svårare att sanera ett bestånd angripet av *C. flaccidum* än med *P. pini* genom röjning eller gallring.

Stamkvistning

Regelbunden sanerande stamkvistning av grenar med stamsår kan utföras för att minska risken för spridning till stammen. Stamkvistade träd löper troligtvis också mindre risk för att bli infekterade då angrepp i ungskog ofta sker via de nedre grenarna i kronan. Framgångsrika försök med stamkvistning av *Pinus strobus* för att minska skadorna av den aggressiva törskatesläktingen *Cronartium ribicola* har utförts i British Columbia, Kanada ²⁵⁵.

Gödsling

Till skillnad från många andra skadesvampar som främst angriper träd med nedsatt vitalitet, t ex Gremmeniella, så trivs rotsvampar som törskate och

²⁵² Kaitera, J. (2007). Effect of tree susceptibility on *Peridermium pini* lesion development and sporulation on Scots pine. *Balt. For.* 13: 45–53.

²⁵³ Se: <http://www.svo.se>.

²⁵⁴ Kaitera, J. (2002). Short-term effect of thinning on *Pinus sylvestris* damage and sporulation caused by *Cronartium flaccidum*. *Scand. J. For. Res.* 17: 158–165.

²⁵⁵ Hunt, R. S. (1982). White pine blister rust in British Columbia. I. The possibilities of control by branch removal. *For. Chron.* 58: 136–138.

knäckesjuka bäst på vitala träd med välväxande skott. Gödsling med N-P-K medför således en ökad risk för angrepp av törskate. En ökad näringshalt i marken kan även öka förekomsten av örter som fungerar som mellanvärdar, till exempel skogskovall som trivs på näringsrik mark.

Slutavverkning

Då man funnit att tallens mottaglighet för törskate är ärftlig rekommenderas för närvarande inte att ställa kvar törskateangripna tallar som fröträd eller naturvårdsträd vid föryngringsavverkning av tallskog. Det är dock ännu inte studerat hur stor andel av dessa ”tjärgaddstallar” som är angripna av den värdväxlande *C. flaccidum* och därmed skulle kunna bidra till angreppen av denna typ på närliggande ungskog.

Almsjuka

Almsjuka är en vissnesjukdom som är utbredd i hela Europa, Nordamerika och delar av Asien. Det är kostsamt att med saneringshuggning begränsa sjukdomen och almens framtid är därmed osäker.

Förekomst

Almsjukan kallas också holländska almsjukan (*Dutch Elm Disease*, DED). Skadorna uppmärksammades först i Nordvästeuropa på 1910-talet och det var i Holland som sjukdomsorsaken fastställdes. Svampen, *Ophiostoma ulmi*, orsakar vissnesjuka genom att blockera väsketransporten i kärlen i grenar och stammar (figur SPS 52).

De olika almarterna i Europa är alla mottagliga för almsjuka. I Storbritannien initierades forskning om sjukdomen tidigt och man kunde följa den snabba sjukdomsutvecklingen som nådde sin kulmen redan 1930, då mellan 10–40 % av almarna i Nordvästeuropa och Storbritannien hade dött. Angreppen avtog sedan hastigt och omkring 1950 hade angreppen så liten omfattning att sjukdomen inte längre ansågs vara ett hot mot almarna i Europa.

Almsjukan spreds också till Nordamerika på 1930-talet och där utbröt en epidemi av en ny, mycket aggressivare, form av almsjukesjuksvampen, som senare kommit att kallas *O. novo-ulmi*.

Den nya formen spreds till Europa i slutet av 1960-talet. Efter att man alltså blåst faran över så återkom almsjukan i en aggressivare form och mellan 1970 och 1990 dog mer än 25 miljoner av Storbritanniens uppskattningsvis 30 miljoner almar ²⁵⁶.



Figur SPS52 Till vänster står en alm där ännu bara en gren är drabbad, till höger ett totalangripet träd. Foto Pia Barklund.

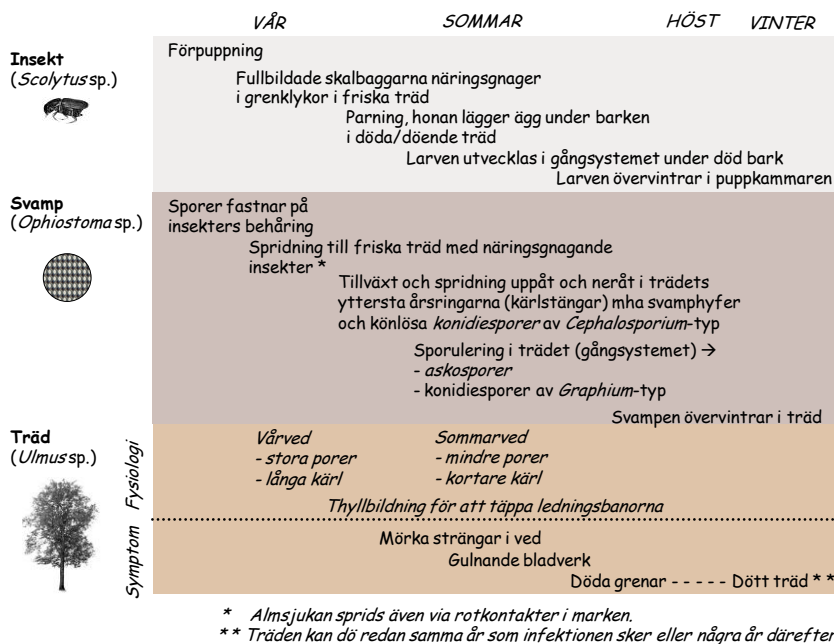
²⁵⁶ Gråberg, M. & Tynelius, S. (1993). Holländsk almsjuka. *Faktablad om Växtskydd* 93 T, SLU.

Almsjuka i Sverige

Till Sverige kom den första vågen av almsjuka inte förrän omkring 1950 (Stockholm, Norrköping) och den hade då ett liknande förlopp som beskrivits i Europa^{257 258}. Den aggressivare almsjukan kom 1980, då Örups almskog i Tomelilla kommun drabbades svårt. Därefter har den aggressiva almsjukan spritt sig norrut och den finns nu i almens hela utbredningsområde. Det finns dock fickor där almbestånd är isolerade från andra almar och där det fortfarande inte är några angrepp.

På Gotland upptäcktes almsjukan så sent som 2005, och där angrips förutom skogsalmen *Ulmus glabra* också lundalmen, *Ulmus minor*, som är vanlig i de gotländska ängena. På Öland finns almsjuka sedan slutet av 1990-talet och där angrips de båda nämnda almarterna och dessutom den för Öland unika vresalmen, *Ulmus laevis*. Almsjukan har spritts till Sverige med almstockar eller almved angripna av almsjuksvamp och med almsplintborrar i och detsamma gäller Gotland och troligen även Öland²⁵⁹.

Någon uppskattning av skadornas omfattning finns för närvarande inte. I kommuner där man bekämpar almsjukan aktivt har man kunnat hålla andelen döende träd per år till ett par procent.



Figur SPS53 Almsjukan är ett samspel mellan insekter, svampar och träd.
Bild Johanna Witzell.

Biologi

Almsjukan är ett resultat av samspel mellan träd, insekter och svampar (figur SPS53). De almsjuksvampar som finns i Europa är *O. ulmi* med lägre aggressivitet och den aggressiva formen i två distinkta typer: den nordamerikanska *O. novo-ulmi* (NAN) med spridningscentrum i nordvästra Europa

²⁵⁷ Gråberg, M. & Tynelius, S. (1993). Holländsk almsjuka. *Faktablad om Växtskydd* 93 T, SLU.

²⁵⁸ Statens jordbruksverk 2006. Holländsk almsjuka. *Jordbruksinformation* 2-2006.

²⁵⁹ Se: www.skogsskada.slu.se.

och den eurasiatiska *O. novo-ulmi* (EAN) med spridningscentrum i sydöstra Europa. Fortfarande känner vi inte till almsjukesvamparnas ursprung. Almarterna i Asien är resistenta mot almsjukesvamp och det kan betyda att det är därifrån den kommer ursprungligen²⁶⁰. I Europa tycks nu den mindre aggressiva *O. ulmi* trängas undan av *O. novo-ulmi* (NAN) och *O. novo-ulmi* (EAN) som också bildar hybrider, som sprider sig snabbt.

Insekter sprider svampen

Almsjukesvampen kan inte ta sig in till kärnen på egen hand utan den får hjälp av *almsplintborrar* (skalbaggar i familjen vivlar) som fungerar som vektorer. Mindre almsplintborre, *Scolytus laevis*, är den vanligaste arten och därefter kommer större almsplintborre, *Scolytus triarmatus*. Tandad almsplintborre, *Scolytus multistriatus*, finns i Skåne, på Öland och sällsynt i Mälardalen och är den enda almsplintborren på Gotland. *Scolytus scolytus*, vanlig på europeiska kontinenten, förekommer än så länge endast i Skåne och Halland. Arten förefaller dock att vara på snabb spridning.

Almsplintborrarna lägger sina ägg i innerbarken i almar som håller på att dö eller nyligen har dött, men där innerbarken ännu är frisk. Även almved som lagrats en tid kan ha innerbark som fungerar som yngelmaterial. Larverna övervintrar under barken och på våren fullbildas skalbaggar. Om trädet är nedsmittat med almsjuka kan svampsporer fastna på de nykläckta almsplintborrarna. De flyger till levande almar för att näringsnaga i barken på grenar i almekronan och då överförs sporer till ledningsbanorna i kvistar och grenar (figur SPS54).



Figur SPS54 Vänster: almsplintborrens näringsnag i en kvistvinkel. Höger: brunsvarta partier i yttersta årsringen är ett tecken på almsjukesvampens angrepp. Foto Pia Barklund.

²⁶⁰ Hubbes, M. (1999). The American elm and Dutch elm disease. *For. Chron.* 75: 265–273.

Svampangreppet orsakar vissnesjuka hos almen

Sporerna som insekter sprider med sig gror och bildar mycel som växer i almens kärldrängar, och där bildas också stora mängder sporer som kan flyta med vätskeströmmar metervis per dygn. Den snabba spridningen sker i den yttersta årsringen. Trädet försvarar sig bland annat genom att täppa till ledningsbanorna (tyllbildning) som förhindrar vattentransporten. Angreppet sprids vidare i trädet och det kan dö samma år eller året efter, om angreppet orsakas av den aggressiva formen av svampen. En annan viktig spridningsväg för svampen är via rotkontakt mellan närstående almar.

På våren och försommaren näringsnager almsplintborrarna i innerbarken och det syns mest typiskt i kvistvinklar på friska träd. Därmed överförs sporer till de vattenledande kärnen, där svampen snabbt växer till. Det leder till att partier i kronan börjar vissna. Gröna blad skrumpnar och hänger på försommaren för att redan efter några dagar bli gula och därefter bruna.

De flaggande grenarna sitter oregelbundet i kronan och är resultatet av almsplintborrens överföring av svampsporer (figur SPS55). Genom att svampen lätt sprids i kärnen omfattas efterhand större grenpartier av vissnesjukan. I angripna grenar avslöjar sig svampen som brun-violetta eller svarta stråk i vedens längsriktning (figur SPS54) och på tvärsnitt ser det ut som mörka eller svarta punkter eller en sammanhängande mörk rand i yttersta årsringen (figur SPS56). Även i stammar kan angreppet konstateras i den yttersta årsringen.



Figur SPS55 Flaggande grenar är ofta första synliga symptom. Foto Pia Barklund.



SPS56 I tvärsnitt av grenar eller stammar från almsjuka-angripna träd syns mörka eller svarta punkter eller en sammanhängande mörk rand i yttersta årsringen. Foto Pia Barklund.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Almar, som är boträd för almsplintborrar, bör avverkas, även om de inte visar symtom på almsjuka. Detta minskar antalet insekter och ökar effekten av bekämpningen. En effektiv *saneringsavverkning* kan begränsa den årliga förlusten av almar till bara någon procent. Utan bekämpningsåtgärder kan man förvänta sig en 90-procentig förlust av almar i omgivningen inom de närmsta tio åren efter det att den aggressiva typen av svampen har konstaterats. Inom trettio år kan almbestånden inom stora områden vara reducerade till huvudsakligen buskar och unga träd.

Nya angrepp börjar visa sig i juni och under sommaren kommer allt större del av kronan att dö. Därför är det lämpligt att börja *besiktiga almbestånd* redan i juni och ytterligare någon mer gång mellan juni och september. När almsjuka har konstaterats, ska träden avverkas så fort som möjligt, vilket i de flesta fall betyder vinteravverkning. *Stubben ska barkas*, om den inte grävs upp och fraktas bort eller eldas upp eller på annat sätt görs otjänlig för almsplintborrharna. För att hindra rotsmitta kan träd, som inte avverkas direkt, *ringskäras* med motorsåg några centimeter in i splintveden för senare avverkning. Om smittspridningen i trädet gått så långt, att symtom på smitta även finns under barken på stammen, kan rotsmittan eventuellt hejdas genom att *rötterna grävs* av runt trädet till ett djup av 75 cm.

Man kan *elda upp ved och ris* direkt på avverkningsplatsen, om eldning är tillåten. Annars ska angripna träd inklusive bark, kvistar och grenar, efter flisning föras till någon avfallsanläggning eller värmecentral för omedelbar bränning. En kvarlämnad vedhög är en utmärkt yngelplats för almsplintborren och kan vara en allvarlig smittkälla för fortsatt spridning.

Före 1 april ska stockar, ved eller flis av angripna almar vara omhändertagna och destruerade. Då kommer inte almsplintborrharna att hinna bli färdigutvecklade och flyga ut för att näringsgnaga på friska almar. På grund av

smittoriskerna ska särskild utrustning användas, när man avverkar träd som angripits av almsjuka. Verktyg rengörs med starkt desinfektionsmedel eller genom upphettning, t ex med gaslåga.

Bekämpning pågår i Stockholm och på Gotland

I Stockholm bekämpas almsjukan aktivt sedan 10 år. Almarna besiktigas på för- och eftersommar och boträd och angripna träd avverkas så fort som möjligt. Det innebär att det fortfarande finns gott om alm åtminstone innanför tullarna.

Ett bekämpningsprogram initierades 2007 på Gotland. Under 2009 kommer inventering och avverkning av sjuka träd att göras med stor precision. Varje växtplats eller träd med almsjukaangrepp är koordinatbestämda och är inritade på kartor, vilket ger en tydlig bild av läget. Nyhet för året (2009) är att vedtravar med alm i kommer att tas om hand och flisas och därefter sändas till värmeverk i täckt bil. Personer som har lagrad almved kommer att få ersättningsved.

Behandling av sjuka träd

För närvarande finns inte någon möjlighet till storskalig behandling. Enstaka, särskilt värdefulla almar kan behandlas med preparatet Dutch Trig *Verticillium WCS850*²⁶¹. Detta preparat registrerades i Nederländerna 1992 och består av sporer från *Verticillium-svampen*. Det är normalt ett släkte som orsakar vissnesjuka, men den här typen av svampen är inte patogen. Behandling leder till *inducerad resistens*, som varar i ett år. Behandlingen måste således upprepas varje år. Preparatet injiceras var tionde cm runt om stammen. Med särskilda verktyg som utvecklats för ändamålet tar behandlingen ett par minuter för ett träd.

I Nederländerna har 32 380 träd behandlats mellan 1992–2005. I områden där denna metod använts har nyinfektionen kunnat hållas nere till mindre än 1 %, t ex i Amsterdam och Hamburg. Preparatet används i Nederländerna, Tyskland, Schweiz och USA, men är inte registrerat i Sverige. Metoden kan vara lämplig om vissa träd behöver skydd en kortare tid för att almsjuketräd i närheten ska kunna hinna tas bort²⁶².

²⁶¹ Se: www.dutchtrig.com.

²⁶² Se: www.elmcare.com/community/research/hubbes1.htm.

Askskottsjuka

Många askar dör för närvarande i Sverige och hela bestånd håller på att spolieras av sjukdomen (figur SPS 57). Såväl yngre som äldre askar är drabbade. Till Sverige kom sjukdomen i början av 2000-talet. Eftersom askskottsjuka är en ny sjukdom behövs forskning kring dess infektionsbiologi och skötselåtgärders effekter på sjukdomens utveckling.

Förekomst

Asken drabbas av askskottsjuka i hela dess utbredningsområde i Sverige, dvs i södra och mellersta Sverige inklusive Gotland och Öland. De första säkra rapporterna om askskottsjuka kom 2003, men enstaka personer såg skador 2002. Sjukdomen är således ny i Sverige, men har förekommit i mer än tio år i Polen och Litauen. I Litauen har mer än 30 000 ha med ask i åldrarna 20–70 år drabbats av askdöd. Det utgör 60 % av den totala förekomsten av ask i landet och det har skett under en tioårsperiod.

Sjukdomsutbredningen i Sverige har skett från sydost från Litauen och Polen och även om svampangreppet sprids snabbt, var angreppen i Västsverige lite senare. Till Norge kom askskottsjukan först 2008, då asken på Sørlandet drabbades av ett omfattande angrepp. Askskadorna i Danmark och har däremot samma tidsförlopp som här i Sverige²⁶³. Sjukdomen har spritt sig söderut och västerut från Polen till Slovenien i söder och Tyskland i väster.



Figur SPS57 Svårt skadat askbestånd. Foto Pia Barklund.

Den för oss nya sjukdomen kallas *askskottsjuka* eftersom unga skott angrips. Fjölårsskottens nya knoppar slår inte ut på våren. Skotten blir rödaktiga eller bruna som ett resultat av att innerbarken nyligen har dött. I lindrigare fall utvecklas inte skottdöden vidare, men i svårare fall sprider sig svampen vidare från de döda skotten till allt grövre grenar och in till stammen (figur SPS58).

²⁶³ Thomsen, I.M., Skovsgaard, J.P., Barklund, P. & Vasaitis, R. (2007). Svampesygdomet är årsag til toptørre i ask. *Skoven* 5: 234–236.



Figur SPS58 Askskottsjuka. Överst till vänster: Angreppet växer in från grenen till stammen och breder ut sig i innerbarken. Överst till höger: Svampangreppet har nått huvudstammen och orsakat kräftsår. Nederst till vänster: Döda skott på våren, en del blad hinner slå ut men dör under försommaren. Nederst till höger: Döende ask. Foton Pia Barklund.

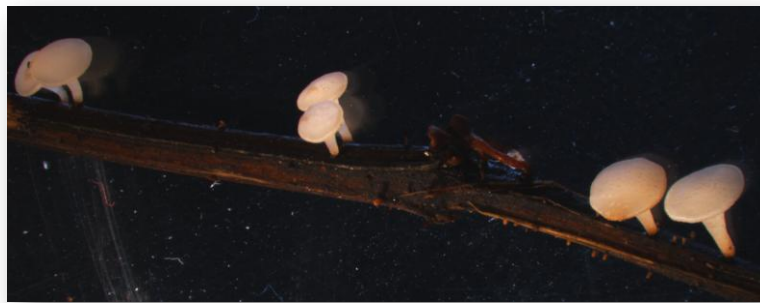
Biologi

Sjukdomen orsakas av en inte tidigare beskriven patogen svampart, som 2006 blev benämnd *Chalara fraxinea* av en polsk forskare²⁶⁴. *C. fraxinea* är identisk med den svamp som angriper asken i Sverige^{265 266}. I tester dels i växthus, dels på friland har svampen visat sig orsaka samma symptom som askskottsjuka. Den mycket snabba spridningen av sjukdomen tyder på att svampen sprids med luftburna sporer utan hjälp av någon vektor.

Nyligen har en polsk forskare funnit det som troligen är den angripande svampens huvudform *Hymenoscyphus albidus* (figur SPS59)²⁶⁷. *C. fraxinea* är den asexuella formen (anamorf) och *H. albidus* är den sexuella formen (teleomorf) med fruktkroppar som sprider sporer. *H. albidus* är en sedan länge känd saprofytt på askens bladskaft. Svampen är spridd i hela Europa. Vi tycks nu ha fått en patogen form av *H. albidus*, som snabbt spritt sig från Litauen/Polen området ut i Europa.

Under augusti till september sprids svampens sporer och angriper bladskaft och blad och därefter kan angreppet växa från bladskaftet in i skottet och där orsaka sår i innerbarken på årsskotten och vidare även på äldre stamdelar. Angrepp på årsskotten syns påföljande vår och försommar då de angripna delarna dör. Det förekommer att en del blad hinner utvecklas på angripna skott, men dessa dör under juni. Angrepp på grenar kan växa in till stammen och det resulterar i kräftsår på stammen. Sårets utveckling på stammen når efter en tid runt stammen och därmed dödas den del av trädet som är ovanför såret.

Beskrivningen av hur angreppet sker och utvecklas får anses vara preliminär, eftersom det fortfarande inte finns forskning som verifierar observationerna. Angreppen kan leda till att träd i alla åldrar dör. Små och unga träd dör snabbare än äldre och större träd.



Figur SPS59 Fruktkropparna av *Hymenoscyphus albidus*, teleomorfen till *Chalara fraxinea*, på ett fjolårsbladskaft. Foto Stina Johansson.

²⁶⁴ Kowalski, T. (2006). *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*). *For. Path.* 36: 264–270.

²⁶⁵ Bakys, R., Vasaitis, R., Barklund, P., Thomsen, I. & Stenlid, J. (2009). Occurrence and pathogenicity of fungi in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash (*Fraxinus excelsior*) in Sweden. *Eur. J. For. Res.* 128: 51–60.

²⁶⁶ Bakys, R., Vasaitis, R., Barklund, P., Ihrmark, K. & Stenlid, J. (2009). Investigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathol.* 58: 284–292.

²⁶⁷ Kowalski, T. & Holdenrieder, O. (2009). The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. *For. Pathol.* 39: 304–308.

Kochs postulat – att koppla en mikroorganism till symptom

Sjukdomsalstrande mikroorganismer är i allmänhet inte synliga för ögat. Att på ett lämpligt substrat (t ex på agarmedium i laboratoriet) odla ut dem från infekterade växtdelar är ett sätt att göra dem synliga så att de kan identifieras.

Det förekommer alltid ett antal svampar i de angripna växtdelar. Alla dessa måste renodlas var för sig och artbestämmas. I en del fall vet man inte vilken svampart som orsakar skadan och då väljer man att göra infektionsförsök med flera av de framodlade svamparterna. För att säkert fastställa en koppling mellan en mikroorganism och en sjukdom måste fyra kriterier uppfyllas. Dessa kallas *Kochs postulat* och används sedan mer än hundra år för att fastställa om en mikroorganism är en patogen.

1. Mikroorganismer (när det gäller träden oftast mikrosvampar) ska kunna påvisas i det angripna växtdelar i anslutning till skadan.
2. Det görs genom att svampen odlas ut i renkultur från den angripna delen.
3. Den framodlade svampen används för att smitta ett friskt träd och därigenom framkalla sjukdomssymptom.
4. Därefter ska svampen kunna återisoleras från det sjuka området på trädet.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Eftersom askskottsjukan är en relativt ny sjukdom saknas fortfarande beprövade kunskaper kring dess infektionsbiologi och skogsskötselåtgärders effekter på sjukdomens utveckling. I de områden där angreppen kom tidigast i Skåne och på Öland dör nu mängder med askar och skogsägarna står inför problemet att ersätta asken med något annat trädslag.

Angrepp i askfröplantagen i Snogeholm i Skåne har analyserats och det visade sig att det finns en stark genetisk komponent och stor genetisk variation för askskottsjukan²⁶⁸. Det är ännu för tidigt att dra slutsatser, men skulle resultaten efter förnyade inventeringar stå sig, så finns goda förutsättningar för att få fram ett odlingsmaterial av ask som är mindre känsligt än det som odlas fram idag.



Figur SPS60 Några askindivider på drabbade områden visar god motståndskraft mot asksjukan. Foto Pia Barklund.

²⁶⁸ Stener, L-G. (2007). Studie av klonskillnader i känslighet för askskottsjukan. Skogforsk, Arbetsrapport nr 648.

Granbarkborre

Granbarkborre (*Ips typographus*) är en allvarlig skadegörare i gran-skog. Den kan ibland angripa och döda växande granar men föredrar försvagade träd, till exempel då deras kondition har blivit nedsatt på grund av torkstress. Angreppen av granbarkborre har varit ett betydande problem i skogarna i södra Sverige efter stormarna Gudrun och Per.

Förekomst

Granbarkborre, eller *den åttatandade barkborren*, som den också kallas, är vanlig och utbredd i landets granskogar. Nämnvärd träddöd förorsakad av granbarkborre är begränsad till Götaland samt delar av Svealand och en bit upp efter Norrlandskusten.

Granbarkborren inför alltid blånadssvampar i veden. Blånaden utvecklas under sommaren och redan efter några veckor uppfyller veden inte kraven på timmerkvalitet utan klassas ned med ekonomisk värdeminskning som följd. Träd som dödas (figur SPS61) medför förlorad produktion och störningar i beståndet. Skadornas omfattning varierar kraftigt i tiden. Efter stormfällningar och/eller i samband med torrperioder kombinerat med varma somrar kan skador lokalt och regionalt bli omfattande för den enskilde skogsägaren.



Figur SPS61 Döda granar efter ett kraftigt granbarkborreangrepp. Foto Petter Öhrn.

Angreppen efter stormarna Gudrun och Per

Granbarkborreskadorna fick stor uppmärksamhet efter januari 2005 då stormen Gudrun drabbade södra Sverige och omkring 75 miljoner kubikmeter skog föll ²⁶⁹. Den stormfällda skogen fungerade som yngelmateriel för barkborrar och vid massförökningen ökade även risken att friska träd angreps.

Två år senare fällde stormen Per ytterligare 12 miljoner kubikmeter gran, vilket försvårade situationen ytterligare.

Granbarkborrehärjningar under åren 2006–2009 har hittills dödat ca 3 miljoner kubikmeter. Enligt uppskattningar som gjorts 2009 har skadorna av granbarkborre efter stormen Gudrun kostat runt 1,2 miljarder kronor. Granbarkborrar har dock orsakat stora förluster även tidigare: 1970–1982 döddes omkring 5 miljoner kubikmeter skog, framför allt i Värmland ²⁷⁰.

Biologi

Granbarkborre är en cylindrisk, ungefär 4–5 mm lång, brun-svart, något glänsande skalbagge med korta ben och antenner (figur SPS62). De vitgula, drygt millimeterstora äggen läggs i separata fickor inne i barken på granstammar. Larverna blir ca 7–9 mm innan de förpuppas. Färgen är vitgul med ett ljusbrunt huvud. Puppen är vit och är en så kallad fri puppa på vilken man kan se anlag till de ben och antenner som den färdiga insekten har. Den nykläckta skalbaggen är gul-brun men blir efter hand brun-svart då den uppnår könsmodning ²⁷¹.



Figur SPS62 Den åttatandade granbarkborren är en vanlig skadeinsekt i svenska skogar. Foto Göran Liljeberg.

Granbarkborre flyger under försommaren när temperaturen når över +18 °C och vindarna är svaga. Särskilt intensiv blir svärmningen ofta under lugna eftermiddagar när vinden mojnär. Under svärmningen söker hanarna nydöda granar. Hanen gnager sig in genom barken och gör en hålighet, en parningskammare. Samtidigt producerar hanen ett *feromon*, kallat aggrega-

²⁶⁹ <http://www.svo.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=17055>.

²⁷⁰ http://www2.ekol.slu.se/granbarkborre/skador_traddod.php.

²⁷¹ <http://www-skogsskada.slu.se>.

tionsferomon som lockar honor och andra hanar till trädet. Två till tre honor ansluter sig till hanen och de gnager ut var sin modergång (figur SPS63) efter vars sidor äggen läggs ett och ett i separata nischer. Modergångslängden kan variera från några få cm till mer än 20 cm i längd. Larverna äter av det näringsrika döende kambiet under sommaren.



Figur SPS63 Granbarkborrens modergångar. Foto Petter Öhrn och Åke Lindelöw.

I juli månad förpuppas larven och efter ytterligare en dryg vecka kläcks de nya skalbaggar. Föräldraskalbaggar lämnar gångsystemet och anlägger en eller flera syskonkullar. I slutet av sommaren dör förädrabaggar. De nykläckta ungskalbaggar gör sitt mognadsgnag (näringsgnag) i barken. Under hösten lämnar en del baggar trädet för att övervintra i förnan.

I obarkat virke syns granbarkborrarnas gångsystem tydligt och är lätta att känna igen. Levande träd som angripits och dödas kan vara svåra att upptäcka. Typiska kännetecken för nyligen koloniserade träd är att rödbrunt bormjöl ansamlas vid stambasen, ofta hängande i spindelväv. Detta kan ses från flera meters avstånd, under förutsättning att inte regn och blåst fört bort

mjölet. De 2–3 mm stora ingångshålen döljs ofta under barkflagor men kan ibland framträda tydligt med kådblandat borrmjöl runt ingångshålet.

Senare under sommaren vissnar trädet och barrskrudens färg förändras – från rent grön till gulaktigt grön och efter hand blir kronan rödbrun. Ofta faller en del av barken bort innan någon färgförändring i kronan kan ses. Det är hackspettar som bearbetat barken i jakt på granbarkborrar.

Under sensommaren och hösten lämnar många av de nya barkborrarna trädet för att övervintra i förnan under trädet. Vissa år kan trädets krona bibehålla sin gröna färg långt in på hösten. Året därpå skiftar det färg ytterligare, det blir mer grått allteftersom barren trillar av. Efter svärmningen har granbarkborrarna helt lämnat trädet.

Ofta är den nedersta delen av stammen utnyttjad av insekter det första året. Här kan granbarkborrar göra näringsgnag i stora sällskap i väntan på gynnsamt flygväder.

Populationsdynamik

Granbarkborren utvecklas i första hand i träd som på olika sätt förlorat sin motståndskraft. De kan ha brutits av vind eller snö men också avverkats och lämnats som obarkat virke. Om barkborrarna får obegränsad tillgång till sådan ved kan de föröka sig dramatiskt. En hona kan från en generation till nästa ge upphov till tio nya döttrar. Får honan dessutom möjlighet att anlägga en syskonkull fördubblas förökningen.

Under extremt varma somrar färdigbildas den nya generationen tidigt på sommaren och kan då svärma och föröka sig. Om tillgången på lämpliga träd är stor kan dessa baggar också föröka sig tiofalt och under samma sommar kan då en hona ge upphov till ett par hundra nya honor – en dramatisk ökning av mängden granbarkborrar blir då resultatet.

De träd eller det virke som granbarkborrarna utvecklats i kan inte användas av nya barkborrar utan dessa är tvingade att söka lämpliga nya träd och försöka kolonisera dem. Om dessa träd är försvagade koloniseras de snabbt. Om däremot motståndskraften är stor erfordras många baggar för att döda dem. Om baggarna är tillräckligt många dör trädet och larverna kan utvecklas. Det blir dock konkurrens om maten och många av larverna dör innan de blivit fullstora. Förökningen blir lägre och om hänsyn tas till dödlighet under övervintringen och svärmningen året därpå kan antalet nya honor som reproducerar sig bli väsentligt lägre och populationen minskar drastiskt.

Naturliga fiender tar en del av populationen under granbarkborrens olika livsfaser men hur mycket detta påverkar mängden träd som dödas är oklart. När ett utbrott ebbat ut finner man granbarkborrar i vindfällda träd, obarkat virke och i något enstaka stående träd, företrädesvis i en beståndskant. Vid denna låga nivå kan lämpliga vindfällda granar lokalt vara helt tomma på granbarkborrar.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Risken för skador av granbarkborre hänger samman med *antalet baggar* som finns och *skogens vitalitet*. Skogsvårdslagen reglerar hur mycket yngelmaterial som får lämnas efter stormfällningar, när och hur obarkat granvirke får lagras i skog och vid väg. Certifiering enligt FSC/PFSC rekommenderar att minst 3 m³ skadad skog lämnas per ha efter till exempel en storm.

Granbestånd som sköts genom återkommande gallringar och slutavverkas inom rekommenderade omloppstider har normalt god motståndskraft mot angripande granbarkborrar. Träd som på olika sätt utsätts för stress blir genast mer känsliga för angrepp. Detta gäller nyexponerade träd i beståndskanter, i nygallrade bestånd som inte rörts under längre tid eller är äldre än rekommenderad slutavverkningsålder, skärmställning samt vid torka eller liknande.

Övervakning

När det finns gott om granbarkborrar och samtidigt råder torka eller annat som försvagar träden finns det anledning att vara återhållsam med olika ingrepp i granbestånden. Aktuell information om granbarkborresituationen kan fås från Skogsstyrelsen ²⁷² och SLU ²⁷³. Förekommer grupper av träd som dödats av granbarkborre i regionen finns det anledning att söka mer information om läget i stort.

Bekämpning

När Skogsstyrelsen bedömer att skador av granbarkborre är omfattande kan olika åtgärder rekommenderas eller i vissa fall, om ett så kallat bekämpningsområde inrättas, bli tvingande för att motverka skadorna. Dessa åtgärder kan involvera att lämna mindre mängd vindfällda granar kvar i skogen, tillämpa sök- och plock under sommaren eller att använda olika fångstmetoder.

Läs mer om granbarkborre:

Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1990). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag. Stockholm. 355 s.

Ehnström, B. & Axelsson, R. (2002). *Insektsgnag i bark och ved*. Artdatabanken, SLU, Uppsala.

<http://www2.ekol.slu.se/granbarkborre/>

<http://www-skogsskada.slu.se>

<http://skogskada.skogoglandskap.no>

²⁷² Skogsstyrelsens svärningsövervakning:
<http://www.skogsstyrelsen.se/epi/epi-server4/templates/SNormalPage.aspx?id=39002>.

²⁷³ Granbarkborren – biologi, skador och aktuell forskning (SLU):
<http://www2.ekol.slu.se/granbarkborre/>

TEMA III: INTENSIVARE SKOGSBRUK OCH FRAMTIDENS TEKNIKER – MÖJLIGHETER OCH RISKER

I och med att kostnadseffektiviteten blir allt viktigare och inriktningen mot produktion ökar i skogsbruket, växer även intresset för intensivare skogsbrukskoncept som uttag av GROT, energived vid gallring, stubbskörd, intensivare gödslingsregimer, klonskogsbruk, åkerplantering, användning av främmande trädslag och genmodifierade träd²⁷⁴. I dagsläget saknas vetenskapligt underlag för många av de nya konceptens inverkan på skogsskador. Teoretiskt sett medför dock alla nya koncept såväl risker för ökade skogsskador som möjligheter för ökad motståndskraft mot skador och ökad tillväxt.

Uttag av GROT och stubbskörd

För att tillgodose den ökade efterfrågan på biobränsle redan i kort perspektiv finns intresse för ökat uttag av GROT (GRenar Och Toppar från avverkningar), energived vid gallring och stubbskörd²⁷⁵. Effekten av dessa åtgärder på olika organismer i näringsvävens olika delar är fortfarande dåligt känd. Alla dessa åtgärder har dock potential att påverka skadegörare, till exempel genom att skapa eller ta bort deras livsförutsättningar, gynna eller missgynna konkurrenter eller genom att orsaka förändringar i markens kol-förråd och näringsbalans vilket modifierar trädens egen motståndskraft. Effekter av uttag av GROT och stubbskörd kan därför påverka skogens hälsa positivt eller negativt via direkta och indirekta mekanismer, och effekterna kan vara olika beroende på till exempel tidsperspektivet.

Stubbskörd

Stubbskörd anses ha särskilt stor potential som metod att öka uttaget av biobränsle. Dess konsekvenser för skogsekosystemets olika delar, bl a insekter och svampar, kan vara stora. Stubbarna beräknas stå för ca 80 % av den grova döda veden i skogen²⁷⁶. Genom att ta bort stubbar tar man bort död ved och näringsämnen från skogsekosystemet och minskar den strukturella mångfalden av habitat på hyggen.

Den döda vedens stora betydelse för vedlevande organismer är bevisad och särskilt grov ved, inklusive stubbar, anses viktig för bevarandet av biodiversiteten i skogen²⁷⁷. Vissa insekter attraheras av lukten av nyligen dött virke, det finns därför risk för att dessa insekter attraheras i stor mängd till uppbrutna stubbar. De skördade stubbarna som tillfälligt deponeras i skogen kan alltså fungera som fångstvirke för flera insektsarter.

²⁷⁴ Anon. 2007. Skogsskötsel för en framtid. *KSLAs tidskrift* nr 4, årgång 146.

²⁷⁵ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport 2007:40*.

²⁷⁶ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport 2007:40*.

²⁷⁷ Nordén, B., Götmark, F., Tönnerberg, M. & Ryberg, M (2004). Dead wood in semi-natural temperate broadleaved woodland: contribution of coarse and fine dead wood, attached dead wood and stumps. *For. Ecol. Manage.* 194: 235–248.

Det har framförts att stubbskörd skulle kunna minska trycket från den svarta bastborren och snytbaggen i förnygringar då dessa insekter utvecklas i stubbarna²⁷⁸. Stubbskörd förväntas dock inte påverka de första (doftstyrda) attackerna. Däremot kan stubbskörd ha en effekt på senare faser, dvs *fortplantningen* som sker i stubbar och rötter, samt näringsgnag efter kläckning. Man har beräknat att om 20 % av yngelmaterialet blir kvar efter stubbskörd så reduceras reproduktionen med 80 % eller mer, om delar av de kvarlämnade rötterna torkar ut²⁷⁹. Å andra sidan har man framfört att stubbskörd inte behöver ha någon större effekt på snytbaggen eftersom dess larver kan använda rötter med mindre diameter än 1 cm som man i regel inte lyckas ta ut vid stubbskörd²⁸⁰.

Avverkningsstubbar är även viktiga för *rottickans och honungsskivlingens* spridning eftersom fruktkroppar bildas på stubbar. En analys har gjorts av resultat från olika försök runt om i världen som undersökt hur stubbskörd påverkar rötfrekvens eller dödligheten i det uppväxande beståndet. Analysen visar att stubbskörd, i olika grad, kan minska skador som orsakas av rotticka, honungsskivling och *Phellinus weirii*-tickan²⁸¹. Det är dock viktigt att notera att det saknas långtidsstudier.

Omfattande stubbskörd och uttag av GROT kan missgynna svamparter som konkurrerar med eller på andra sätt motverkar rötsvampar och andra skadesvampar. På lång sikt kan detta upphäva den minskning som stubbskörd orsakar i skadesvamparnas frekvens²⁸². För infekterade bestånd verkar stubbskördens ”desinficerande” effekt vara beroende av hur stor del av det rötsmittade rotmaterialet man lyckas ta ut^{283 284}.

Uttag av GROT

Att ta ut GROT verkar inte ha någon större effekt på snytbaggeskador i förnygringar²⁸⁵ och i vissa fall kan ris även fungera som alternativ föda till snytbaggar²⁸⁶. Att lämna kvar en del GROT för att gynna biologisk mångfald är alltså viktigt även i skogsskyddsperspektiv. Skadesvampar som lever i barrträdens grenar och toppar inkluderar blödskind (*Stereum sanguinolentum*), barrträdskräfta (*Phacidium coniferarum*) och *Gremmeniella abietis*

²⁷⁸ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport 2007:40*.

²⁷⁹ Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1976). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag.

²⁸⁰ Viiri, H. & Piri, T. (2008). Metsien terveys ja tuhot. I: Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (red.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. *Rapport Tapio och Metla*, Finland.

²⁸¹ Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I. M., Barklund, P. & Dahlberg, A. (2008). Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica* 42: 457–483.

²⁸² Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.

²⁸³ Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I. M., Barklund, P. & Dahlberg, A. (2008). Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica* 42: 457–483.

²⁸⁴ Viiri, H. & Piri, T. (2008). Metsien terveys ja tuhot. I: Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (red.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. *Rapport Tapio och Metla*, Finland.

²⁸⁵ Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scand. J. For. Res.* 14:341–354.

²⁸⁶ Selander, J. (1993). Survival model for *Pinus sylvestris* seedlings at risk from *Hylobius abietis*. *Scand. J. For. Res.* 8: 66–72.

na²⁸⁷. Uttag av GROT har därför potential att minska skadorna av dessa svampar. Lövträd verkar inte ha ekonomiskt betydelsefulla svamparter i sina grenar och toppar. Uppmärksammas bör dock att grenar och toppar kan hysa svamparter som kan fungera som antagonister till skadesvampar och därmed bidra till att skadesvamparnas populationer hålls i schack (t ex *Phlebiopsis gigantea* återfinns i granens och tallens grenar och toppar vars diameter överstiger 10 cm)²⁸⁸.

Skogens hälsa kan påverkas indirekt

Båda stubbskörd och GROT-uttag kan påverka skogens hälsa på flera indirekta sätt. Stubbskörd förändrar *markens egenskaper* eftersom stubbarna som strukturer försvinner och ersätts av kraftigt störd mark. Detta kan påverka marklevande organismer direkt, eller genom att näringsomsättningen förändras av ingreppet. GROT-uttag minskar *kolförrådet* i hyggesrester med 40 % i granskogar och med 30 % i tallskogar. Om även stubbarna tas ut lämnas bara ca 30 % av kolet i hyggesrester kvar jämfört med om inga hyggesrester tas ut²⁸⁹. Betydelsen av hyggesrester för nedbrytare är stor under de första 20 åren efter avverkning. Vid omfattande uttag av GROT och stubbar över en längre tidsperiod blir markens humuslager tunnare vilket kan minska mängden mykorrhizasvampar²⁹⁰ och därmed kan trädens tillväxt och motståndskraft mot skadegörare minska²⁹¹. Även *körskador* i samband med att GROT och stubbar samlas ihop och körs ut kan gynna skadegörare.

Generellt bedömer man att *på kort sikt* har uttag av hyggesrester inte någon betydande effekt på insekt- och svampskadefrekvenserna²⁹². Detta gäller för såväl slutavverkningar som gallringar. Omfattande uttag av GROT under flera trädgenerationer kan dock förväntas minska svampartrikedomen i skogar vilket medför att riskerna för vissa sjukdomar ökar på grund av att det finns färre konkurrerande svamparter. Om uttagen av hyggesrester är omfattande och pågår länge kan även tillgängligheten av näringsämnen i skogsmarken minska vilket kan ha negativ inverkan på trädens förmåga att försvara sig mot skadegörare.

Lagring av stubbar och GROT

²⁸⁷ Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Met-säntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.

²⁸⁸ Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Met-säntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.

²⁸⁹ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport 2007:40*.

²⁹⁰ Mahmood, S., Finlay, R.D. & Erland, S. (1999). Effects of repeated harvesting of forest residues on the ectomycorrhizal community in a Swedish spruce forest. *New Phytol.* 142: 577–585.

²⁹¹ Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Met-säntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.

²⁹² Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. *Met-säntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.

Från skogsskyddsperspektiv kan negativa effekter minskas genom att GROT och stubbar inte lagras i omedelbar närhet av bestånd av samma trädart. Att samla hyggesrester i stora högar innan barkborrar flyger kan missgynna barkborrarna. Man kan även täcka insamlade hyggesrester för att hindra flygande insekter att hitta dessa yngelplatser. Å andra sidan har man visat att snytbaggelarverna till viss del överlever mellanlagringen av de skördade stubbarna i skogen framförallt i det icke solexponerade bottenlagret²⁹³. Man rekommenderar att stubbarna inte lämnas kvar på eller i anslutning till hygget längre än till juni månad andra året efter avverkning då snytbaggen har minst en tvåårig utvecklingscykel²⁹⁴. Flisning av hyggesrester innan skadeinsekters larver utvecklas kan minska risken för skador. Att hålla deponitiden i skogen kort är viktigt även när stubbar bär rotröta, eftersom fruktkroppar kan bildas i högarnas nedersta delar efter två år av tillfällig förvaring.

Vid energiveduttag i samband med gallringar bör risken för rotröta uppmärksammas. Risken är högre under sommarmånaderna och ökar när stubbarnas diameter ökar²⁹⁵. Att lämna friska stubbar på hyggen anses inte öka risken för rotröta²⁹⁶ utan kan till och med minska den eftersom stubbarna bidrar till ökad svampmångfald i produktions-skogen. I sommaravverkningar rekommenderas dock att stubbar behandlas med antagonistsvampar eller urea²⁹⁷. Vid omfattande GROT-uttag och stubbskörd under en längre tidsperiod kan askåterföring eller gödsling vara nödvändig för att bibehålla en näringsstatus som främjar trädens vitalitet och motståndskraft²⁹⁸.

Intensivgödsling

Att avsätta delar av skogsmarken för ungskogsgödsling av gran med balanserad näringstillförsel har föreslagits som en möjlighet att bättre ta vara på granens tillväxtpotential och öka produktionen²⁹⁹. Även tall och lövträd kan komma i fråga. I praktiken förutsätter konceptet en uppdelning av skogsmarkerna för olika ändamål, så kallad diversifiering. Många skadegörare kan gynnas av odling i monokultur³⁰⁰ och av näringstillförsel, särskilt om dessa sker i stor skala. Ökad tillgång på näringsämnen kan stimulera trädens

²⁹³ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport 2007:40*.

²⁹⁴ Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport 2007:40*.

²⁹⁵ Viiri, H. & Piri, T. (2008). Metsien terveys ja tuhot. I: Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (red.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. *Rapport Tapio och Metla*, Finland.

²⁹⁶ Müller, M., Heinonen, J. & Korhonen, K. (2007). Occurrence of *Heterobasidion* basidiocarps on cull pieces of Norway spruce left on cutting areas and in mature spruce stands. *For. Path.* 37: 374–386.

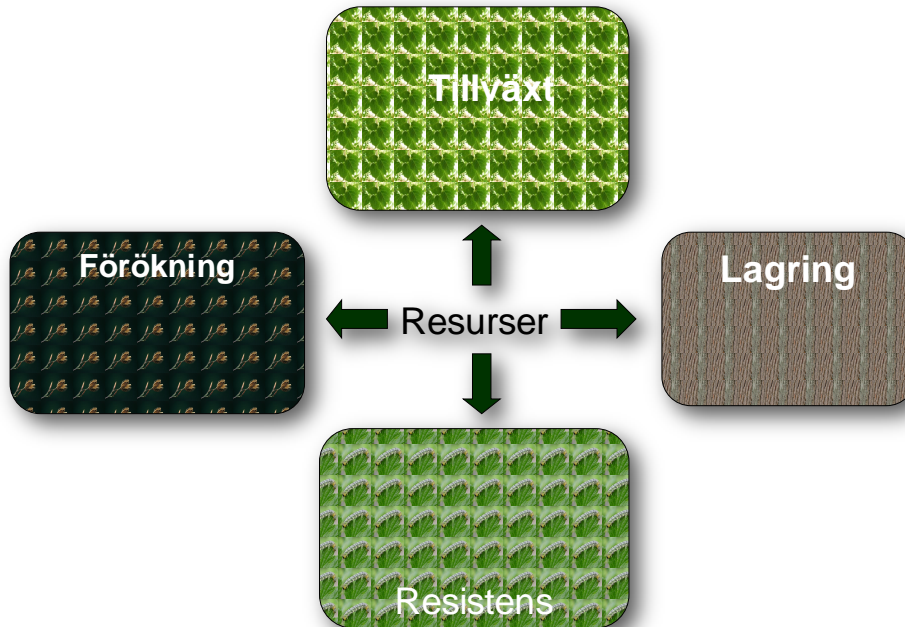
²⁹⁷ Viiri, H. & Piri, T. (2008). Metsien terveys ja tuhot. I: Kuusinen, M., Ilvesniemi, H. (red.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. *Rapport Tapio och Metla*, Finland.

²⁹⁸ Skogsstyrelsen. 2008. Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. Skogsstyrelsen. *Meddelande 2-2008*.

²⁹⁹ Bergh, J. (2006). Praktiskt tillämpade försök med gödsling i ungskog av gran. I: Slutrapport för fiberskogsprogrammet. Bergh, J & Oleskog, G. (red.) SLU. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. *Arbetsrapport nr 27 2006*. s 18–37.

³⁰⁰ Odling eller ekosystem som består av en enda art eller nästan bara en art.

tillväxt på bekostnad av andra ”normala” funktioner som försvar (figur SPS64).



Figur SPS64 Träden investerar sina tillgängliga resurser (t ex näringsämnen) till att underhålla olika livsviktiga funktioner. Ett ökat investeringsflöde till en funktion kan leda till minskade flöden till de andra funktionerna. Bildbehandling Johanna Witzell.

Gödning (särskilt med kväve) kan leda till minskad koncentration av så kallade sekundärkemikalier, framför allt fenoler, i träd³⁰¹. Dessa kemikalier är potentiella *försvarssubstanser* i träden. Kväve-inducerad minskning av försvarssubstanserna kan medföra ökad känslighet för skadegörare, till exempel älg³⁰² och sork³⁰³. Även insekter verkar ofta gynnas av den kvalitetsändringen som gödning inducerar i träd (mindre fenoler och mer kväve) men bevisen för detta är inte entydiga³⁰⁴. Några skadegörare verkar inte alls reagera på förändrad fenolstatus i gödslade träd, till exempel påverkades bladrostfrekvensen inte i gödslade videplantor trots att fenolhalterna mins-

³⁰¹ Witzell J. & Martín J.A. (2008). Phenolic metabolites in the resistance of northern forest trees to pathogens – past experiences and future prospects. *Can. J. For. Res.* 38: 2711–2727.

³⁰² Ball, J.P., Danell, K. & Sunesson, P. (2000). Response of a herbivore community to increased food quality and quantity: an experiment with nitrogen fertilizer in a boreal forest. *J. Appl. Ecol.* 37: 247–255.

³⁰³ Heiska, S., Tikkanen, O.-P., Rousi, M. & Julkunen-Tiitto, R. (2007). Bark salicylates and condensed tannins reduce vole browsing amongst cultivated dark-leaved willows (*Salix myrsinifolia*). *Chemoecology* 17: 245–253.

³⁰⁴ Kytö, M., Niemelä, P. & Larsson, S. (1996). Insects on trees: Population and individual responses to fertilization. *Oikos* 75: 148–159.

kade, troligen eftersom rotsvampar inte lätt kommer i kontakt med fenoler som lagras i växtcellernas vakuoler ³⁰⁵.

Vissa forskningsresultat pekar på att insekternas bristande förmåga att upptäcka den (i naturen oftast stora) rumsliga och tidsmässiga variationen i växtlighetens fysikaliska och kemiska egenskaper är en viktig orsak till att skador hålls på en relativt låg nivå ³⁰⁶. I till exempel åldersmässigt enhetliga granbestånd möter insekter dock en relativt låg variation i födokvalitén och risken för omfattande insektangrepp kan därmed öka. Även skadesvampar kan lätt utveckla epidemier i ett ensartat skogslandskap ³⁰⁷. Dessa risker ökar om planteringarna har smal genetisk bas (kloner) och om förändrade klimatförhållanden, till exempel mildare vintrar, torka eller ökad nederbörd, gynnar spridningen av nya och mer aggressiva skadegörare till och i våra skogar ³⁰⁸.

Placeringen av intensivgödslade bestånd i landskapet kan ha stor betydelse för skogsskadornas spridning. Exempelvis skulle långa avstånd mellan mottagliga monokulturer av ett trädslag kunna motverka spridningen av vissa skadegörare (framför allt rörliga skadeinsekter) i landskapet. Även *korta rotationstider* kan motverka förekomsten av vissa skador orsakade av långsamt utvecklade svampinfektioner. Jämfört med traditionell skötsel, kan de korta omloppstiderna vid balanserad näringstillförsel ge bättre möjlighet att byta granbeståndens genetiska material eller till och med trädslag om förhållandena förändras markant till exempel på grund av skadegörare ³⁰⁹. På landskapsnivå kan trädslagsbyten påverka den biologiska mångfalden positivt eller negativt ³¹⁰.

Klonskogsbruk

Klonskogsbruk innebär odling av vegetativt förökat växtmaterial (dvs genetiskt identiska individer) i kommersiellt skogsbruk. Ur samhällets synvinkel innebär konceptet en möjlighet till rationalisering och effektivisering av produktionen, som dock samtidigt förknippas med exploatering av odlingsmiljön.

Globalt är klonskogsbruk redan ett väletablerat koncept som tillämpas i stor skala till exempel i eukalyptus- och poppelodlingar. I Sverige har även klonskogsbruk med gran testats ³¹¹ men trots att konceptet från produktions-

³⁰⁵ Hakulinen, J. (1998). Nitrogen-induced reduction in leaf phenolic level is not accompanied by increased rust frequency in a compatible willow (*Salix myrsinifolia*) – *Melampsora* rust interaction. *Physiol. Plant.* 102: 101–110.

³⁰⁶ Sipura, M. (2000). *Herbivory on willows: abiotic constraints and trophic interactions*. Joensuu yliopisto. PhD dissertations in Biology 4.

³⁰⁷ Chou, C.K.S. (1991). Perspectives of disease threat in large-scale *Pinus radiata* monoculture – the New Zealand experience. *For. Pathol.* 21: 71–81.

³⁰⁸ Ayres, M.P. & Lombardero, M.J. (2000). Assessing the consequences of climate change for forest herbivore and pathogens. *Sci. Total Env.* 262: 263–286.

³⁰⁹ Witzell, J. (2008). Balanserad näringstillförsel i ungskogar – ekologiska interaktioner i ett bestånds- och landskapsperspektiv. *Arbetsrapport* 38. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, SLU Alnarp. ISBN: 978-91-85911-45-5.

³¹⁰ Lennartsson, T. & Simonsson, L. (2007). Biologisk mångfald och klimatförändringar. Centrum för Biologisk Mångfald publikationer. Tillgänglig på: <http://www.cbm.slu.se/publ/annat/bmochklimat.pdf>.

³¹¹ Sonesson, J. & Almquist, C. (2002). Från klonskogsbruk till bulksticklingar. *Skogforsk Resultat* 6, 4 s.

synpunkt på många sätt är lovande har det ännu inte etablerats i praktiken. Generellt finns fortfarande många frågetecken kring klonskogsbrukets lämplighet och lönsamhet för svenska förhållanden ³¹².

I ett skogsskyddsperspektiv innebär klonskogsbruk och monokulturer hög risk för skador. Klonbestånd erbjuder skadegörare en fysikaliskt och biologiskt enhetlig miljö där en framgångsrik skadegörare lätt kan spridas. Exempelvis har rostsvampar med sin kapacitet att producera stora mängder av sporer under en tillväxtsång orsakat omfattande tillväxtförluster i odlingar av salix- och poppelkloner ³¹³. I Nordirland observerades på 1980-talet hur videkloner (*Salix burjatica* 'Korso' och *Salix viminalis* 'Bowles Hybrid') efter 8–10 års odling i monokulturer förlorade sin goda motståndskraft mot rostsvampar. På samma sätt anses att den intensiva planteringen av ett begränsat antal almgentotyper har kraftigt bidragit till almsjukeepidemiernas utveckling ³¹⁴. Plantering av olika kloner (blandbestånd) har föreslagits som ett sätt att minska problem med monokulturer ³¹⁵.

Kloner som odlas har oftast valts ut med anledning av deras höga tillväxthastighet men även motståndskraft mot skadegörare eller härdighet är viktiga urvalskriterier. Att ta fram trädkloner som har såväl hög produktionspotential som en hög och stabil motståndskraft mot olika skadegörare är inte enkelt. Vissa studier har visat negativ korrelation mellan trädens kapacitet att växa och försvara sig mot skadegörare men även motsatta resultat har presenterats ³¹⁶.

³¹² Rosvall, O. (2007). Produktionspotentialen är betydligt högre än dagens tillväxt. I: Skogsskötsel för framtiden. *KSLA:s Tidskrift* nr 4, årgång 146, s. 13–30.

³¹³ McCracken, A. & Dawson, M. (1997). Growing clonal mixtures of willow to reduce effect of *Melampsora epitea* var. *epitea*. *Eur. J. For. Path.* 27: 319–329.

³¹⁴ Martín, J., Fuentes-Utrilla, P, Gil, L. & Witzell, J. (2010) Ecological factors in Dutch elm disease complex in Europe – a review. *Ecol. Bull.* (under tryckning)

³¹⁵ McCracken, A. m fl.. (2005). Short-rotation coppice willow mixtures and rust disease development. I: Pei, M.H & McCracken, A. (red.), *Rust Diseases of Willows and Poplars*, CABI Publishing, s. 185–194.

³¹⁶ Tikkanen, O.-P., Rousi, M., Ylioja, T. & Roininen, H. (2003). No negative correlation between growth and resistance to multiple herbivory. *For. Ecol. Manage.* 177: 587–592.

Skador på salixodlingar

Salix (vide) har odlats som kommersiell bioenergigröda på åkermark sedan början av 1990-talet. I likhet med jordbruksgrödor, sköts salixodlingar intensivare än vad som är brukligt i konventionellt skogsbruk (till exempel genom kemisk ogräsbekämpning, gödsling samt hög grad av automatisering vid plantering och avverkning). Det är skotten som skördas med 3–4 års intervaller, från samma stubbar under en 25-årsperiod.

Det genetiska materialet i salixodlingarna är relativt smalt eftersom man använder sortrent material (kloner). Det finns ett 10-tal sorter på marknaden, av i huvudsak två arter med visst hybridinslag. Värdefull information kring skadeproblematiken i framtidens intensivare skogsskötselregimer kan därför fås från erfarenheter och forskning kring skador på salixodlingar. Framförallt två skadegörare, bladrost och bladbaggar, är betydelsefulla i salixodlingar.

Bladrost

Förekomst

Bladrost (*Melampsora* spp.) är ett hot mot odlingssäkerheten för salix³¹⁷, liksom även för poppel (*Populus* spp.). Rostsvampangrepp kan leda till 40 % minskning av stambiomassans tillväxt hos en salixklon som är mottaglig mot rostsvampen. Det finns även rapporter om att hela odlingar slagits ut. Förmodligen har då flera skadliga faktorer samverkat. Kraftigt rostangripna blad faller av i förtid och detta försvagar plantan, särskilt som rosten brukar återkomma varje år. Förtida bladfällning försvårar plantans invintring och försvagade plantor blir lättare angripna av sjukdomar på stammarna.

Biologi

Den vanligaste rostarten i salixodlingarna, *Melampsora epitea*, värdväxlar mellan salix och lärkträd. På salix visar sig rosten först i form av orange sporsamlingar, oftast på undersidan av bladen (figur SPS65). Dessa sporer (uredosporer) kan återinfektera salixen, och flera generationer utvecklas på salixblad genom könlös förökning under sensommar och höst. I slutet av hösten övergår svampen till ett annat utvecklingsstadium, som våren därpå ger upphov till sporer på de nedfallna löven. Dessa sporer infekterar lärkträd, där en sexuell förökning sker. De sporer som sedan utvecklas på lärk infekterar återigen salix.

Melampsora epitea kan enbart angripa vissa salixarter. Det är även så att en viss typ av svampen huvudsakligen angriper korgvide (*Salix viminalis*) medan en annan typ angriper sammetsvide (*Salix dasyclados*). Dessa salixarter är de två huvudarter som används i odlingarna, även om sorterna numera oftast är hybrider med andra salixarter i stamtavlan.

³¹⁷ Åhman, I. (2001). Management of pests and diseases in biomass willow. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift* 111: 98–103.



Figur SPS65 *Melampsora* bladrost. Foto Berit Samils.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Den viktigaste motåtgärden mot bladrost är *resistensförädling*³¹⁸. Upprepade urval för rostresistens har lett till att nya salixsorter angrips lite eller inte alls av bladrost. Men risken finns alltid att nya raser av rosten utvecklas som kan angripa även de tidigare resistent sorterna. För att försvåra rostens anpassning försöker förädlare utnyttja olika resistenskällor, som antas påverka svampen på lite olika sätt. Genom att flera sorter med olika resistens kombineras i odlingen gynnas inte en viss svampras framför andra.

I Sverige hade man inledningsvis en rekommendation att varje odling skulle bestå av flera sorter (kloner). Numera har man frångått detta. Men genom att nya sorter hela tiden tas fram och kombineras med dem som redan finns i odlingarna i trakten blir det förhoppningsvis tillräcklig variation ändå.

Generellt sett är bladrostangreppen mindre norrut i odlingsområdet. I Storbritannien, där bladrosten kan vara särskilt besvärlig, beslutade man sig för att blanda plantor av olika sorter i odlingsfälten, och därigenom dämpa angreppen och minska risken för att resistens ska övervinnas. Detta odlingsätt har dock orsakat vissa problem såsom utkonkurrering av svaga plantor och svårigheter att skörda då stamtjockleken har varierat mycket.

Bladrosten kan gynnas av gödsling, så en stor och sen gödselgiva är inte att rekommendera för en mottaglig sort. Närhet till lärkskog är förmodligen också något som kan öka bladrostangreppen i salix även om de luftburna sporererna kan transporteras mycket långt.

³¹⁸ Åhman, I. & Larsson, S. (1999). Resistensförädling i Salix för energiproduktion. *Växtskyddsnotiser* 63: 17–19.

Bladbagggar på vide

Förekomst

Det finns många arter av bladbagggar som lever på salix³¹⁹. Tre arter har varit särskilt skadliga: blå pilglansbagge (*Phratora vulgatissima*), hårig videbagge (*Galerucella lineola*) och säglövbagge (*Lochmea caprea*). Av dessa tre är blå pilglansbaggen den art som oftast varit talrikast. I Sverige har bladbaggarna haft utbrott i vissa odlingar under vissa år och dessellan har de varit ovanliga. Upp till 40 % förlust av stambiomassa har uppmätts vid höga angreppsnivåer.

Både de vuxna bladbaggarna och deras larver äter på bladen. Typiskt för larvskadorna är att bladnerverna och övre bladytan lämnas kvar medan de vuxna gör oregelbundna gnag ofta genom bladskivan (figur SPS66).

Biologi

Bladbaggarna övervintrar som vuxna. Under hösten lämnar en stor andel salixodlingen och söker upp gömslen såsom stamsprickor eller andra håligheter. På våren flyger de in till odlingarna igen för att äta, para sig och lägga ägg. Äggläggningen pågår under hela försommaren. Både blå pilglansbaggen och håriga videbaggen lägger äggen i grupper, men medan blå pilglansbaggens larver håller ihop under utvecklingen sprider sig håriga videbaggens larver över plantan. Störst skador görs av larverna i tredje utvecklingsstadiet under högsommaren.



Figur SPS66 Blå pilglansbagge. Foto Karin Eklund

Färdigutvecklade larver lämnar plantorna och förpuppar sig i jorden. I mitten av augusti börjar den nya generationen av vuxna att uppträda på plantorna igen. Under höst och vår äter de vuxna företrädesvis på bladen i topparna.

³¹⁹ Höglund, S., Eklund, K. & Björkman, C. 1999. Insektsskadegörare i Salixodlingar – bladbagggar. *Växtskyddsnotiser* 63: 20-26.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Kemisk bekämpning av skadegörare tillämpas inte i salixodlingarna. Om det hade varit tillåtet hade man möjligen kunnat utnyttja att bladbaggar på våren först slår sig ner i topparna på höga skott i fältkanterna. I fält där man befarar stora angrepp skulle man vid skörd under vintern kunna lämna en rad plantor i kanten som behandlas med insekticid under våren. Insekticidanvändning kan dock få negativa effekter på bladbaggaras naturliga fiender (se nedan). Man skulle kanske även kunna skapa konstgjorda övervintningsplatser i närheten av angripna salixfält, till exempel i form av högar med ihåliga vasstrån som sedan eldas upp under vintern.

Både blå pilglansbaggen och håriga videbaggen föredrar salixarten korgvide (*Salix viminalis*) framför sammetsvide (*Salix dasyclados*) för äggläggningen, och den senare uppvisar också mindre skador i fält. Inom arten sammetsvide finns också gradskillnader i angreppsnivåer mellan kloner och ett par av de nya sorterna får endast små angrepp av bladbaggar. Det har dock varit svårare att resistensförädla genom fälturval mot dessa skadegörare än mot bladrosten, då bladbaggaras förekomst har varierat mycket från år till år.

En viktig anledning till variationen i bladbaggeförekomsten tros vara mängden naturliga fiender³²⁰, särskilt hos dem som lever på ägg och larver av bladbaggar. Ett par arter av *skinnbaggar* har visat sig särskilt effektiva som rovdjur och om man på något sätt kunde gynna dessa skulle antagligen utbrotten av bladbaggar bli mindre och färre.

³²⁰ Björkman, C. & Eklund, K. (2004). Skörd stör biologisk kontroll av skadeinsekter. *Fakta Jordbruk* Nr 3.

Molekylärbiologi och bioteknik

Att använda molekylärbiologi³²¹ och bioteknik i förädlingsarbetet lyfts ofta fram som framtidens metod att säkerställa jämn kvalitet av plantor (till exempel genom produktion av *somatiska embryon*³²²) samt öka växternas produktionsförmåga, motståndskraft och hårdighet³²³. På jordbrukssidan har man redan kommit långt med användningen av dessa tekniker, till och med används *genmodifierade*³²⁴ växter.

Aktivt forsknings- och utvecklingsarbete pågår i Sverige kring möjligheterna att göra förädlingsprocesserna snabbare och öka produktionen av skogsbiomassa med hjälp av molekylärbiologi och bioteknik. Det trädslag som man har mest erfarenhet av är asp men även andra lövträd (t ex björk), gran och tall studeras aktivt^{325 326 327}. Odling av genmodifierade träd är ett koncept som är aktuellt i framtidsscenarioer och man ser stor potential till ökad produktion och minskad negativ miljöpåverkan (t ex via minskat behov av bekämpningsmedel) med hjälp av genmodifiering.

Många frågor kring bioteknik

I Sverige och många andra länder är dock allmänhetens inställning till genmodifierade växter, inte minst när det gäller träd, negativ eller avvaktande. Man uttrycker ofta stark oro för konsekvenser av genspridning, effekter på icke-målorganismer och påverkan på ekosystemprocesser (till exempel nedbrytning)³²⁸. Genmodifiering av träd kan dock främst förväntas omfatta trädens egna gener och applicering planeras framförallt inom trädodling med korta rotationstider där träden avverkas innan de blommar, vilket minskar dessa risker och deras inverkan på naturen. Forskare arbetar även med utveckling av metoder som kan hindra blomning i genmodifierade träd³²⁹.

Det är viktigt att tydliggöra att de ändringar i trädens arvs massa som man kan skapa med hjälp av genteknik, på molekylnivån är likadana som de förändringar som uppkommer under evolutionen i naturen. Å andra sidan är det också viktigt att inte glömma att även om själva mekanismen för förändringar i arvs massans struktur är densamma, sker utprovningen av föränd-

³²¹ Biologi på molekylär nivå; läran om hur olika molekyler och system inuti cellen interagerar, och särskilt med flödet av genetisk information från DNA (molekyl som bär ärftlig information) till proteinsyntes, samt hur dessa processer regleras. *Bioteknik* omsätter dessa kunskaper till tekniska tillämpningar.

³²² En variant av vegetativ förökning med utgångspunkt från ett omoget frö (se Skogsskötselserien nr 2 *Produktion av frö och plantor*, www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien).

³²³ Valenzuela, S., Balocchi, C. & Rodriguez, J. (2006). Transgenic trees and forestry biosafety. *Electr. J. Biotechnology* 9: 355–359.

³²⁴ En organism till vilken främmande DNA har överförts från en annan individ av samma art eller av en annan art, tidigare transgen organism.

³²⁵ Palm, S. & Ryman, N. (2006). Ekologiska effekter av GMO. En kunskapssammanställning med fokus på genspridning från raps, skogsträd och fisk. Naturvårdsverket, *Rapport* 5597.

³²⁶ Yanchuk, A. (2002). The role and implications of biotechnology in forestry. *For. Gen. Res.* 30: 18–22

³²⁷ Jansson, S. & Douglas, C.J. (2007). Populus: a model system for plant biology. *Annu. Rev. Plant Biol.* 58: 435–458.

³²⁸ Gartland, K.M.A., Crow, R.M., Fenning, T.M., & Gartland, J.S. (2003). Genetically modified trees: Production, properties, and potential. *J. Arboric.* 29: 259–266.

³²⁹ Lemmetyinen, J., Keinonen, K. & Sopanen, T. (2004). Prevention of the flowering of a tree, silver birch. *Mol. Breed.* 13: 243–249.

ringarnas funktionalitet enligt helt olika tidsskalor i dessa två processer. Den långsamma prövningen av genkombinationer som sker under evolution via sexuell förökning uteblir vid genmodifiering med hjälp av bioteknik. På grund av begränsat antal relevanta försök och trädens långa generationstider finns idag inte tillräcklig kunskap för att dra slutsatser kring GM-trädens praktiska potential från skogsskyddsperspektiv ³³⁰.

Bättre motståndskraft med hjälp av genändringar?

Idag vet man redan mycket om enskilda biokemiska mekanismer bakom trädens motståndskraft och flera gener som är ansvariga för dessa mekanismer har identifierats. Vägen till kontroll av på långt sikt fungerande motståndskraft hos skogsträd kan dock vara lång.

Motståndskraftiga aspar med tallens gener

I Finland har man från tall flyttat en gen som kodar för ett enzym ³³¹ som i sin tur producerar försvarskemikalien pinosylvin i tallar, till asp och två hybridasp-linjer (*P. tremula x tremuloides*) ³³². Försöket var tekniskt framgångsrik: enzymens närvaro och aktivitet kunde registreras i transgena asplinjerna. Däremot kunde produktion av försvarskemikalien pinosylvin inte spåras i de transgena asparna. Medan genmodifierad asp visade ökad motståndskraft mot röta (*Phellinus tremulae*) hade motståndskraften i de två hybridasp-linjerna minskat.

Oftast styrs trädens motståndskraft av flera gener som fungerar tillsammans. Detta gör det svårare att ändra trädens motståndskraft mot skadedjur och skadesvampar med hjälp av genmodifieringar. Genmodifieringar som syftar till förändringar i en egenskap kan dessutom medföra oväntade förändringar i trädens andra egenskaper, vilket kan få konsekvenser för motståndskraft mot skador.

Svenska studier av hybridasp-linjer som modifierats för sin sockermetaboli visar till exempel att även halterna av försvarskemikalier samtidigt kan förändras ^{333 334}. Oväntade effekter av genmodifiering för motståndskraft mot skadegörare kan förväntas även i träden där ligninkonsistens och ligninhalt har förändrats, detta på grund av att lignin har en central roll i växters resistens mot skadesvampar. Något som vidare kan minska genmodifieringens

³³⁰ Kunskapsöversikt avseende miljökonsekvenser av genetiskt modifierade organismer. FORMAS. Tillgänglig på: <http://www.formas.se/upload/EPiStorePDF/GMO.pdf> (åtkomst-datum 2009-04-22).

³³¹ Molekyler (proteiner) som fungerar som katalysatorer i celler (påskyndar biokemiska reaktioner utan att själv förbrukas).

³³² Seppänen, S.K., Syrjälä, L., von Weissenberg, K., Teeri, T.H., Paajanen, L., & Pappinen, A. (2004). Antifungal activity of stilbenes in in vitro bioassays and in transgenic *Populus* expressing a gene encoding pinosylvin synthase. *Plant Cell Rep.* 22: 584–593.

³³³ Hjältén, J., Lindau, A., Wennström, A., Blomberg, P., Witzell, J., Hurry, V., Ericson, L., Moritz, T. & Karlsson, J. (2008). Vole response to unintentional changes in the chemistry of GM poplars. *Chemoecology* 18: 227–231.

³³⁴ Hjältén, J., Lindau, A., Wennström, A., Blomberg, P., Witzell, J., Hurry, V. & Ericson, L. (2007). Unintentional changes of defence traits in GM trees can influence plant-herbivore interactions. *Basic Appl. Ecol* 8: 434–443.

möjligheter är att gener även kan tystas under de år som även de allra snabbaste växande träden kräver för att producera tillräckligt ³³⁵.

Förutom att introducera främmande gener kan man även påverka organismernas egenskaper utan att ändra den genetiska koden. Exempelvis kan genuttrycket förstärkas genom att duplicera befintliga gener ³³⁶, vilket kan leda till ökad produktion av önskade proteiner i växter. Genprodukternas nivåer påverkas även av cellernas naturliga mekanismer som reglerar befintliga geners uttryck (s k epigenetiska mekanismer) och utnyttjandet av dessa mekanismer är ytterligare en möjlighet att modifiera växtegenskaper ³³⁷.

Kina satsar på genmodifierade popplar

I Kina planterades redan år 2002 över en miljon genmodifierade popplar (*Populus nigra*) på jordbruksmark. Till dessa träd hade man tillfört gener hämtade från en vanligt förekommande jordbakterie, *Bacillus thuringiensis* (Bt), som gör att träd producerar sina egna, specifika insektsgifter, som kallas *Bt toxin* ³³⁸. Bt-toxin är ett samlingsnamn för en av grupp proteiner (Cry).

Man har identifierat över 150 olika Cry-proteiner som har olika grader av giftighet för olika insektsgrupper. Dessa toxiner kräver specifika receptorer för att vara aktiva. De organismer som är känsliga för Cry-proteiner är insekter och nematoder som har Cry-receptorer. Bt har därför ingen effekt till exempel på människor och andra däggdjur eller fåglar som inte har dessa specifika receptorer.

I de länderna där Bt-bomull har odlats har insekticidanvändningen minskat kraftigare än i länder där den inte odlats. Odlingen av Bt-majs har inneburit en avkastningsökning på upp till drygt 10 %. En kvalitetshöjande effekt i flera Bt-majsodlingar har varit en minskning av mängden mykotoxiner (gifter från svamp) i frön. Man har inte funnit några större negativa effekter av toxinet på icke-målorganismer. Däremot har resistensbrytare som övervunnit växtens resistens uppstått hos vissa fjärilsarter efter 7–8 års exponering för Bt-bomull ³³⁹.

³³⁵ Gartland, K.M.A., Crow, R.M., Fenning, T.M., & Gartland, J.S. (2003). Genetically modified trees: Production, properties, and potential. *J. Arboric.* 29: 259–266.

³³⁶ Kunskapsöversikt avseende miljökonsekvenser av genetiskt modifierade organismer. FORMAS. Tillgänglig på: <http://www.formas.se/upload/EPiStorePDF/GMO.pdf>

³³⁷ En epigenetisk effekt är en ärftlig, men reversibel förändring av DNA som inte beror av förändringar i nukleotidsekvensen (t ex DNA-metylering).

³³⁸ Wang, H. (2004). The state of genetically modified forest trees in China. *FAO Forest Genetic Resources Working Paper 59*.

³³⁹ Kunskapsöversikt avseende miljökonsekvenser av genetiskt modifierade organismer. FORMAS. Tillgänglig på: <http://www.formas.se/upload/EPiStorePDF/GMO.pdf>

Andra möjligheter att öka trädens motståndskraft

På senare tid har forskning visat på möjligheter att öka trädens motståndskraft med hjälp av *aktivering av trädens naturliga, inducerade försvarsresponser*. ”Vaccinering” av träd med svamparter eller isolat som är svagt sjukdomsalstrande, eller behandling med vissa (oftast lättflyktiga) kemikalier kan stimulera trädens försvarsmekanismer så att motståndskraften mot kommande svamp- eller insektsattacker ökar³⁴⁰. Man har demonstrerat denna *inducerade (framkallade) motståndskraft* i flera trädslag³⁴¹ men det behövs mer forskning innan realistiska och ekonomiska tillämpningar finns till hands.

Vaccin mot almsjuka eller barkborrar?

Dutch Trig utvecklades vid Amsterdam Universitet i slutet av 1980-talet som ett vaccin mot holländsk almsjuka. Vaccinet består av sporer av ett svampisolat av släktet *Verticillium* (isolat WCS850). Sporlösning injiceras i träden på våren. *Verticillium* aktiverar trädens resistensmekanismer och träden blir mer motståndskraftiga mot almsjukan. Enligt tillverkaren skyddas 99 % av de behandlade träden av vaccinet. Träden måste dock vara friska när behandlingen påbörjas och de får inte heller ha rotkontakter med sjuka träd³⁴².

I en fältstudie har norska forskare visat att behandling av gran med blånadssvampen *Ceratocystis polonica* som transporteras med barkborrar (*Ips typographus*) stimulerar trädens resistens mot efterkommande angrepp av samma barkborrar³⁴³.

Svårigheten med vaccinering är att det är dyrt och arbetskrävande, samt svårt eller omöjligt att tillämpa i storskaligt skogsbruk. En mer lovande metod att öka trädens motståndskraft kan vara förädling av träd med god förmåga att inducera försvarsmekanismer i rätt tid och omfattning. Det är viktigt att tidigt och med stor säkerhet kunna välja träd med önskvärda egenskaper i ett förädlingsprogram. Identifiering av olika typer av resistensmarkörer på gen- och ämnesomsättningsnivå kan underlätta detta arbete.

³⁴⁰ Krokene, P., Solheim, H. & Långström, B. (2000). Fungal infection and mechanical wounding induce disease resistance in Scots pine. *Eur. J. Plant Pathol.* 106: 537–541.

³⁴¹ Krokene, P., Solheim, H. & Christiansen, E. (2001). Induction of disease resistance in Norway spruce (*Picea abies*) by necrotizing fungi. *Plant Pathol.* 50: 230–233.

³⁴² Se: <http://www.dutchtrig.com>.

³⁴³ Christiansen, E. & Krokene, P. (1999). Can Norway spruce trees be "vaccinated" against attack by *Ips typographus*? *Agric. For. Entom.* 1: 185–187.

TEMA IV: KLIMAT OCH SKOGSSKADOR

Skogens hälsa påverkas starkt av klimatet. I samband med att osäkerheten om kommande klimatförhållanden har fått ökad uppmärksamhet, har även intresset för klimatets direkta och indirekta påverkan på skogsskador ökat under de senaste åren³⁴⁴.

Skogsekosystemet svarar relativt långsamt på miljöförändringar. Trots att träden har en stor genetisk potential för anpassning till klimatförändringar, omöjliggör deras långa generationstid anpassningar till snabba (inom perioder av några årtionden) förändringar. Skadegörare som insekter och svampar, som har korta generationstider, har däremot större chans till snabb anpassning.

Medan en ökad medeltemperatur och koldioxidhalt förutses resultera i en generell ökning i skogsproduktion, ökar samtidigt risken att skadegörarnas ökade antal och aktivitet tillintetgör en stor del av denna positiva effekt.

Om *biotiska* (levande) eller *abiotiska* (icke-levande orsaker) skador leder till storskalig skogsdöd, kan det orsaka negativa återkopplingar på klimatet till exempel genom att kolförrådet som finns i träden släpps ut till atmosfären. Denna möjlighet exemplifieras tydligt av de massiva skador av barkborrar ("Mountain Pine Beetle", *Dendroctonus ponderosae*) som inträffat i Kanada under senare år^{345 346}.

Komplicerade samband mellan klimat och skador

Direkta klimatrelaterade skador, till exempel vindfällningar, frostsprickor och torkskador, vilka utgör abiotiska skador, uppstår ofta snabbt och oväntat och kan vara lokala eller storskaliga. Klimatet och den lokala vädersituationen kan även öka eller minska biotiska skador genom att påverka skadegörarnas och deras naturliga fienders utveckling och överlevnad, samt genom att orsaka förändringar i trädens motståndskraft (fysiologi och kemi).

Sambanden mellan klimat och skogsskador är dock ofta invecklade. Såväl plötsligt inträffade klimatrelaterade skador som mer kroniska skador som orsakas av klimatfaktorer kan *predisponera* träd för en biotisk skada. Exempelvis kan svampsporor få inträde till träden i vindfällningarna eller genom frostsprickor i barken, eller också kan en långvarig torka stressa träden så att de blir mer mottagliga för angrepp av skadegörare. Å andra sidan kan till exempel rotröta öka risken för vindskador hos gran³⁴⁷, eller kan bladrostinfektion leda till minskad frosthärdighet hos lövträd³⁴⁸.

³⁴⁴ Björkman, C., Barklund, P., Bergh, J., Bergström, R. & Hansson, L. (2006). Modul 2 Skogen. I: Sonesson, J. (red.) Klimatet och skogen. *KSLAs tidskrift* 145: 19–34.

³⁴⁵ Kurz, W. A., Dymond, C. C., Stinson, G., Rampley, G. J., Neilson, E. T., Carroll, A. L., Ebata, T. & Safranyik, L. (2008). Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature* 452: 987–990.

³⁴⁶ Breshears, D. D., Cobb, N. S., Rich, P. M., Price, K. P. & Allen, C. D. (2005). Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought. *PNAS* 102: 15144–15148.

³⁴⁷ Seifert, T. (2007). Simulating the extent of decay caused by *Heterobasidion annosum* s.l. in stems of Norway spruce. *For. Ecol. Manage.* 248: 95–106.

³⁴⁸ Åström, B. & Ramstedt, M. (1994). Stem cankers on Swedish biomass willows caused by *Cryptodiaporthe salicella* and other fungi. *Eur. J. For. Path.* 24: 264–276.

I flera enstaka fall har kopplingar mellan klimatfaktorer och skadegörarens utveckling och utbredning studerats relativt grundligt. Man vet till exempel att *Gremmeniella*-svampens utveckling påverkas starkt av nederbörd och temperaturer³⁴⁹ och väderleken anses som en viktig medverkande faktor även i en långsamt utvecklade skadebild som ekdöden³⁵⁰. Detaljerad information som hur skadegörarens biologi och ekologi påverkas av klimatet behövs för att man ska kunna prognostisera framtida skaderisker. I många fall saknas dock fortfarande vetenskapligt underlag för modellering av de enskilda arternas respons på bestånds- och landskapsnivå.

³⁴⁹ Uotila, A. & Petäistö, R-L. (2007). How do the epidemics of *Gremmeniella* start? *Acta Silv. Hung.*, Spec. Ed. s. 147–151.

³⁵⁰ Barklund P. (2002). Ekskador i Europa. *Rapport 2002:1*. Skogsstyrelsen.

Extremt väder orsakar ekdöd?

I södra Sverige har *snabb ekdöd* ("Sudden Oak Death") uppmärksammats sedan år 1987³⁵¹. Orsaken till denna anses vara rotskador som i sin tur orsakats av extrema väderleksförhållanden, såväl ovanligt torra och varma som kalla perioder. Framförallt rekordkylan i januari 1987 som följde på den varma hösten 1986 kan ha skadat träden, särskilt där ek hade planterats på olämplig mark som inte tillät rotsystemet att utvecklas ordentligt. Träden visade även utbredd barknekros i stammens innerbark vilket kan ha orsakats av svampen *Cytospora intermedia*.

Sedan 1991 har även *ekdöd med långsamare skadeutveckling* registrerats i Sverige och den har ersatt den snabba skadeutvecklingen³⁵². Denna typ av ekdöd är inte en specifik sjukdom som orsakas av en viss skadegörare utan snarare ett resultat av flera faktorer. Plantering av ek på olämplig mark eller till exempel genetiska faktorer kan ha *predisponerat* träden för skador. Kalätning av insekter, torka eller kyla kan fungera som *utlösande* faktorer i skadebildens utveckling och olika skadegörare kan därefter fungera som *pådrivande* faktorer i processen. Tillsammans tär dessa faktorer på trädens vitalitet så att träden försvagas och inte kan återhämta sig. Honungsskivling, som angriper försvagade träd, verkar ofta ha varit den slutgiltiga orsaken till trädens död i den långsamma skadebildens.

Den snabba ekdöden som under 2000-talet har orsakat stora skador i nordamerikanska ekpopulationer orsakas av svampliknande patogenen, *Phytophthora ramorum*³⁵³. Denna patogen återfinns i Europa bland annat på ornamentala växter som rhododendron men verkar inte än ha spridit sig till större parker eller naturområden. Andra *Phytophthora* arter (*P. quercina*) har kopplats till olika former av ekdöd i till exempel Sverige³⁵⁴.

En annan sjukdom som har dödat nordamerikanska ekar är *vissnesjukan* orsakad av blånadssvampen *Ceratocystis fagacearum* som sprids av ek-splintborrar (jämför med almsjuka). Trots att Europeiska ekar är mottagliga för denna svamp verkar sjukdomen inte ha fått fäste i Europa³⁵⁵.

³⁵¹ Barklund P. (2002). Ekskador i Europa. *Rapport 2002:1*. Skogsstyrelsen.

³⁵² Barklund P. (2002). Ekskador i Europa. *Rapport 2002:1*. Skogsstyrelsen.

³⁵³ Rizzo, D. M., Garbelotto, M., Davidson, J. M., Slaughter, G. W. & Koike, S. (2002). *Phytophthora ramorum* as the cause of extensive mortality of *Quercus* spp. and *Lithocarpus densiflorus* in California. *Plant Dis.* 86: 205–214.

³⁵⁴ Jönsson U. (2004). *Phytophthora and Oak Decline – Impact on seedlings and mature trees in forest soils*. Avhandling, Lunds Universitet.

³⁵⁵ Juzwik, J., Harrington, T. C., MacDonald, W. L. & Appel, D. N. (2008). The origin of *Ceratocystis fagacearum*, the oak wilt fungus. *Annu. Rev. Phytopathol.* 46: 13–26.

Framtida klimatscenarier och skogsskador

Det klimat som förväntas råda i Nordeuropa i framtiden karakteriseras bland annat av ökad medeltemperatur, förhöjd atmosfärisk koldioxidhalt och mer frekventa extrema vädersituationer (stormar, torka, och översvämningar).

Enligt vissa klimatscenarier kan biotiska skogsskador minska vid klimatförändringar. Exempelvis kan snötäckets minskade djup och varaktighet leda till sämre förutsättningar för snöskyttesvampen eller öka dödligheten för några skadeinsekter som övervintrar under snö³⁵⁶.

De flesta scenarier är dock mer alarmerande i ett skogsskyddsperspektiv. Ökad medeltemperatur förväntas stimulera skadeinsekternas tillväxt och utveckling som ofta begränsas av låga temperaturer. Simuleringar tyder på att vid ökade temperaturer kommer utbredningsområden för flera skadegörare att sträcka sig längre mot nordliga områden³⁵⁷. Eftersom träden i dessa områden saknar en evolutiv historia med nya patogener eller insekter, kan detta medföra likadana skadeproblem som man har haft med introducerade parasiter.

Klimat påverkar synkroniseringen av trädens motståndskraft och skadegörarnas aktivitet

Förändrade temperaturer kan leda till otakt mellan trädens motståndskraftiga faser (se faktaruta *Mindre almsjuka vid tidigt knoppsprickning* nedan) och skadegörarnas aktivitetsperioder. Enligt prognoser förväntas årsmedeltemperaturen i Sverige öka med 2,5–4,5 °C fram till år 2100 och knoppsprickning och skottskjutning antas hos lövträden ske två till fem veckor tidigare. Detta kan ändra trädens mottaglighet mot skadegörare och påverka skadornas omfattning. Till exempel har man kunnat konstatera att en temperaturökning på 1°C orsakade att rostsvampinfektion på poppel började 11 dagar tidigare, vilket resulterade i 30 % ökning av andelen rostinfekterad vävnad³⁵⁸ (se även faktaruta om almsjukan nedan).

³⁵⁶ Sinclair, B. J., Vernon, P., Klok, J. C. & Chown, S.L. (2003). Insects at low temperatures: an ecological perspective. *Trends Ecol. Evol.* 18: 257–262.

³⁵⁷ Lousteau, D., Ogèe, J., Dufrêne, E., Déque, M. Dupouey, J.-L., Badeau, V., Viovy, N., Ciais, P., Desprez-Loustau, M.L., Roques, A., Chuine, I. & Mouillot, F. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H. m fl (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 143–150.

³⁵⁸ Lousteau, D. (2004). *Rapport final du projet Séquestration de Carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France*. (Tillgänglig på <http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/final-7-01.pdf>, åtkomstdatum 2008-01-19)

Mindre almsjuka vid tidig knoppsprickning ³⁵⁹

Almar är mottagliga för almsjukan under en begränsad period under våren. Resultat från ett fältförsök i Italien visar att de allra minst drabbade träden hade den tidigaste knoppsprickningen. För lundalm (*U. minor*) hade träden med det mest sydliga ursprunget den tidigaste knoppsprickningen och därmed den lägsta risken för sjukdomsutbrott.

Resultaten kan förklaras med almens vedegenskaper. Almen hör (precis som ek och ask) till så kallade *bandporiga* arter där vårveden växer snabbt och de stora och jämnt spridda kärnen bildar väl definierade ringar. I bandporiga träd kan vatten och näring effektivt transporteras i den yttersta årsringen. Denna struktur gör samtidigt träden mer sårbara för almsjuka eftersom svampens sporer lätt diffunderar in i trädet och blockerar ledningsbanorna.

Den sena veden däremot karaktäriseras av trånga och grupperade kärnl där svampens sporer har svårare att spridas i trädet och infektionen lättare stoppas genom att enbart en del av ledningsbanorna (thyllbildning) täpps till och transport därför fortfarande kan ske. Om den sena veden bildas före perioden då almsplintborrharna som mest intensivt söker föda i trädkronan, minskar trädets mottaglighet för almsjukan.

Forskare rekommenderar därför almgentyper med tidig knoppsprickning till förädlingsprogram, förutsatt att urvalet inte sker på bekostnad av trädens tillväxt eller frostkänslighet. Genom fenologisk kunskap kan förädlare förhindra synkroniseringen mellan perioden då förekomsten av almsplintborrharna är hög och perioden då spridningen av svampsporer sker mest effektivt i trädet.

Generellt anses det svårt att förutse hur förväntade klimatförändringar påverkar enskilda skadegörare ³⁶⁰ och ännu svårare är det att exakt prognostisera hur till exempel en klimatinducerad ökning av en skadegörarepopulation till slut påverkar skogsproduktionen. En orsak till detta är att klimatet påverkar i stort sett allt i ekosystemet. Samtidigt som klimatet ändrar skadegörarens frekvens kan flera andra faktorer (till exempel trädens utveckling och tillväxt) förändras vilket kan minska eller upphäva den effekt som skadegöraren har.

Exempelvis kan barkborrar i varmare klimat hinna producera flera generationer under ett år. Hur detta påverkar skogsskadornas omfattning är dock inte helt klart. Tillgången på försvagade träd är viktig för barkborrar och flera barkborregenerationer har potential att använda förrådet av dessa träd snabbare. Därmed kan utbrottet vara över snabbare vilket begränsar skador-

³⁵⁹ Ghelardini, L. (2007). Budburst phenology, dormancy release and susceptibility to Dutch elm disease in elms (*Ulmus* sp.). *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 134. Uppsala.

³⁶⁰ Björkman, C., Barklund, P., Bergh, J., Bergström, R. & Hansson, L. (2006). Modul 2 Skogen. I: Sonesson, J. (red.) Klimatet och skogen. *KSLAs tidskrift* 145: 19–34.

nas omfattning. Å andra sidan är trädens motståndskraft mot barkborrar lägre i senare faser av tillväxtsäsongen, vilket gör det lättare för den andra generationen att döda träd^{361 362}. En annan orsak till svårigheter att prognostisera klimatförändringens konsekvens för skador är att dess effekter visar stor rumslig variation som är svår att fånga i modeller³⁶³.

Aktivt val av skogsskötselåtgärder kan minska klimatrelaterade skador

Olika skogsskötselåtgärder kan påverka risken för klimatrelaterade skador på skog³⁶⁴. Vilken effekt en viss åtgärd har varierar dock beroende på situationen. Till exempel kan gallring minska risken för snöskador men samtidigt också öka risken för stormskador och rotröta³⁶⁵. Effekten av en viss skogsskötselåtgärd på skogens hälsotillstånd kan vara olika i ett långt eller kort tidsperspektiv. Det är därför inte enkelt att bedöma hur olika skaderisker påverkas av skogsskötselåtgärder eller utforma strikta generella strategier för optimal skogsskötsel i framtidens klimat.

Forskare framhäver dock vikten av *förebyggande och preventiva åtgärder*³⁶⁶ och generellt kan man säga att åtgärder som gynnar trädens *vitalitet* även bidrar till skogens motståndskraft mot klimatrelaterade skador. Att hålla skogar och trädskronor relativt glesa med hjälp av gallring och stamkvistning kan bidra till att träden får bra motståndskraft genom att deras tillgång till resurser som näring och vatten är bra³⁶⁷. I ett glesare bestånd kan till exempel vissa insekter spridas långsammare än i täta bestånd.

Man kan även försöka hejda snabb spridning av nya skadegörare till nordligare breddgrader genom en *bra skogshygien* och genom *kontinuerlig kartläggning* av skador på våra skogsträd. Vidare har det framförts att bra resultat i ett skogsskyddsperspektiv skulle kunna nås med hjälp av skogsbrukets areella diversifiering³⁶⁸.

Differentierad markanvändning där man inte jämför miljö- och produktionsmålen på beståndsnivå skulle kunna underlätta skogsbrukets möjligheter till kostnadseffektiv skogsskötsel för att minska klimatrelaterade skador i skogslandskapet. Den höga hastigheten och stora rumsliga varia-

³⁶¹ Økland, B. & Berryman, A. (2004). Resource dynamic plays a key role in regional fluctuations of the spruce bark beetles *Ips typographus*. *Agric. For. Entomol.* 6: 141–146.

³⁶² Økland, B. & Bjørnstad, O.N. (2006). A resource depletion model of forest insect outbreaks. *Ecology* 87(2): 283–290.

³⁶³ Lousteau, D. m fl. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H. m fl (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 143–150.

³⁶⁴ Björkman, C., Barklund, P., Bergh, J., Bergström, R. & Hansson, L. (2006). Modul 2 Skogen. I: Sonesson, J. (red.) Klimatet och skogen. *KSLAs tidskrift* 145: 19–34.

³⁶⁵ Se *Skogsskötselserien* nr 7, Gallring.

³⁶⁶ Lousteau, D. m fl. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H. m fl (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 143–150.

³⁶⁷ Solomon, A.M. & Freer-Smith, P.H. (2007). Forest Responses to Global Change in North America: Interacting Forces Define a Research Agenda. I: Freer-Smith, P.H. m. fl. (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 151–159.

³⁶⁸ Lousteau, D. m fl. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H. m fl (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 143–150.

tionen i klimatförändringens effekter kräver att man har hög *beredskap att revidera skötselplaner* under skogens rotationstid³⁶⁹. Att i förväg ta fram skötselstrategier för en redan skadad skog är en del av denna beredskap.

I nedanstående text presenteras hur risken för stormskador och andra abiotiska skador som orsakas av svagare vindar, frost och torka kan identifieras i skogsbruket och förutses i olika förhållanden, samt åtminstone delvis minskas genom skoglig planering och skötselåtgärder. Effekter av enskilda skötselåtgärder som röjning och gallring på risken för abiotiska skogsskador diskuteras i mer ingående i berörda delar av Skogsskötselserien³⁷⁰.

³⁶⁹ Lousteau, D. m fl. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H. m fl (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 143–150.

³⁷⁰ Se *Skogsskötselserien* nr 6 och 7, Röjning respektive Gallring.
www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

Abiotiska skador orsakade av vind, snö och frost

Abiotiska skogsskador orsakas av miljöfaktorer som väder eller luftföroreningar. De kan förorsaka frostskaador, snöskador, vindskador, torkskador, luftföroreningsskador och barrutglesning. I det följande avsnittet kommer abiotiska vind-, snö- och frostskaador att behandlas utifrån hur de uppstår, de problem de orsakar och hur effekterna av dem kan minskas med hjälp av skogsskötselåtgärder.

Makroklimatets betydelse för skadornas uppkomst

De abiotiska skadornas omfattning på en enskild ståndort³⁷¹ bestäms i hög grad av ståndortens belägenhet, dvs av det makroklimat som råder. Makroklimatet kan beskrivas med hjälp av till exempel breddgrad, longitud, altitud (höjd över havet), exponeringsriktning och vilken lutning ståndorten har. Utifrån belägenheten kan områdets temperatursumma, årliga nederbörd och vindexponeringen bedömas. Dessutom avgör läget i landet hur stort det atmosfäriska nedfallet är³⁷².

Klimatzoner

I Sverige kan klimatet grovt delas in i klimatzoner (figur SPS67). Inom klimatzonerna varierar lokalklimatet stort beroende på lokala faktorer som topografi, avstånd från kuster och stora sjöar samt höjd över havet.

Områden närmast öster om Skandinaviska fjällkedjan har ett *lokalkontinentalt* klimat. Det innebär större skillnader i temperatur och nederbörd mellan sommar och vinter samt relativt lite nederbörd jämfört med områden längs kusterna. Längs västkusten och delar av ostkusten är klimatet mer *maritimt*, vilket utmärks av mindre skillnader mellan sommar och vinter. Havets påverkan på zoneringsen finns inte bara längs kusterna utan även i västra Jämtland där varma och fuktiga luftmassor från Atlanten når öster om fjällkedjan. Klimatzoneringen i landet framgår också av de enskilda kartor som beskriver medeltemperatur, temperatursumma och vegetationsperiodens längd i Sverige³⁷³.

Altituden

Ståndortens altitud är värdefull att känna till i samband med ståndortsanpassning. Dels har altituden en rent klimatisk betydelse, dels har den betydelse för jordmån och hydrologi.

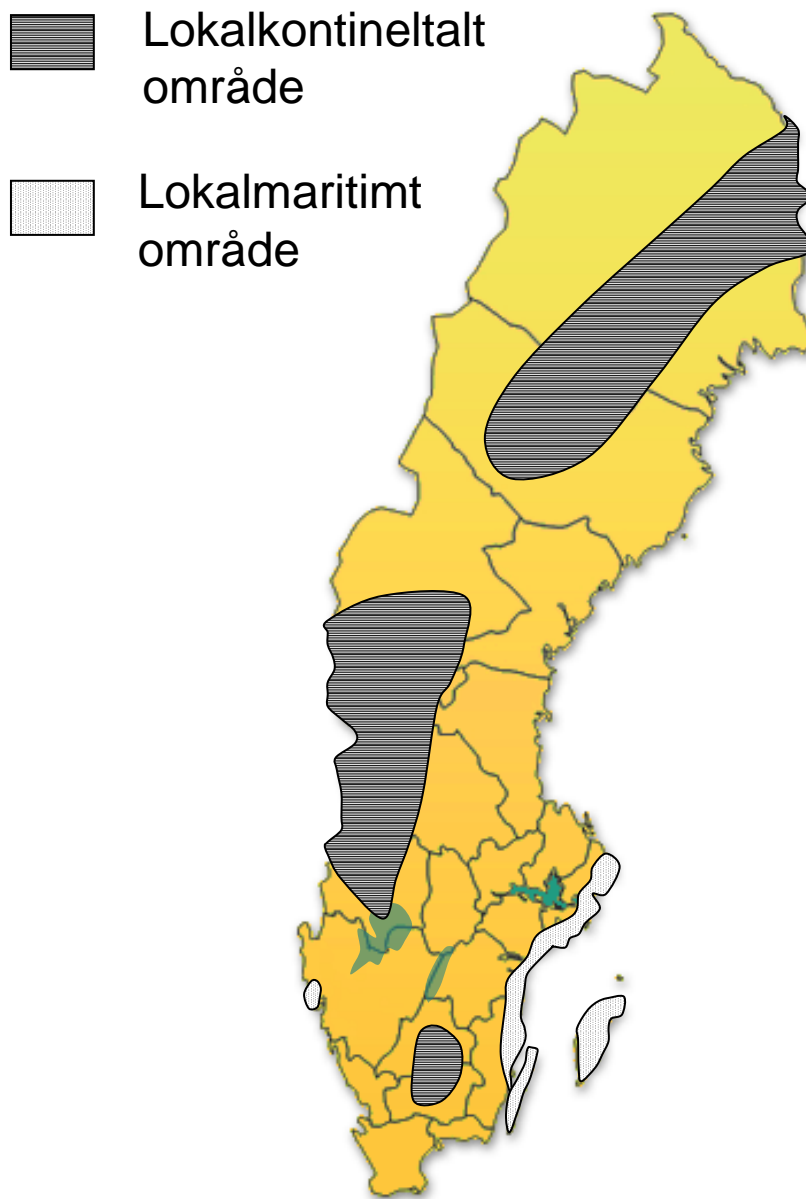
I grova drag sjunker medeltemperaturen och vindexponeringen ökar med ökad höjd över havet. Det medför att vissa skogsskötselåtgärder inte är möjliga när ståndorten ligger belägen på en viss höjd över havet (se avsnittet *Föryngringsfasen*).

³⁷¹ Med ståndort avses trädens växtplats.

³⁷² Se *Skogsskötselserien* nr 3, Plantering av barrträd.

www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

³⁷³ Kartorna återfinns på: <http://www-markinfo.slu.se/sve/klimat/klimat.html>.



Figur SPS67 Sveriges lokalklimatiska områden. Källa: Hägglund & Lundmark (1982)³⁷⁴.

Temperaturen

Temperatursumman, vilken kan utläsas med hjälp av en temperatursumme-karta³⁷⁵, visar hur många dygngrader³⁷⁶ det är på den aktuella växtplatsen

³⁷⁴ Hägglund, B. & Lundmark, J-E. (1982). *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. Del 2 Diagram och tabeller*. Skogsstyrelsen. Jönköping.

³⁷⁵ Se *Skogsskötselserien* nr 3, Plantering av barrträd.

www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

³⁷⁶ Summan av dygnsmiddeltemperaturen som överstiger ett visst tröskelvärde, här +5 °C.

under vegetationsperioden. Temperaturen är avgörande för till exempel val av markbehandlingsmetod, val av trädslag och förnygringsmetod. Kyliga temperaturzoner tyder på att det kan behövas speciella metoder för att få plantor att etablera sig.

Nederbörden

Tillgänglig nederbörd för den aktuella ståndorten kan utläsas med hjälp av humiditetskarta³⁷⁷ som visar balansen mellan nederbörd och avdunstning under vegetationsperioden (och andra perioder under året) på den aktuella växtplatsen³⁷⁸. Västkusten och fjälltrakterna har det största nederbördsöverskottet i landet. Humiditeten har betydelse när man till exempel skall välja markberedningsmetod, trädslag, planttyp och planteringspunkt.

Vind och snö

Vind- och snöförhållanden på en ståndort har betydelse för planering av avverkningar och förnygringsåtgärder. Det är emellertid svårt att sätta enkla tumregler för vindförhållandena som sköselfaktor, främst som riskfaktor för uttorkning och vindfällning.

Läge i terrängen har stor betydelse. Å ena sidan är höga lägen (höjdrygar) alltid mer utsatta än svackor. Å andra sidan står träden mindre stadigt i de fuktiga svackorna eftersom de inte utsatts för lika hög mekanisk påkänning från vind som träden i högre lägen. Utsatta vindlägen medför att träden anpassar sig till vindklimatet.

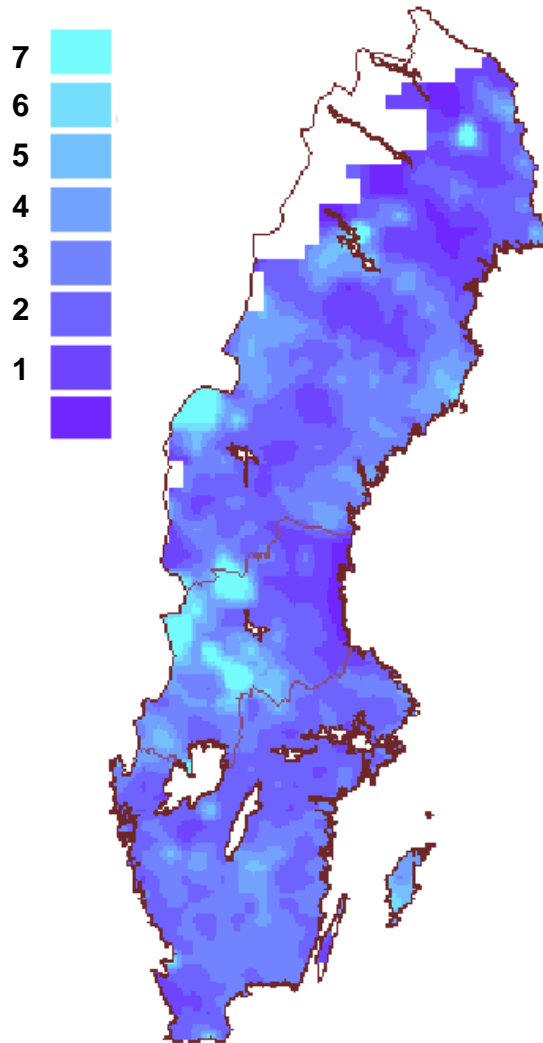
Vindriktningens betydelse är oftast lokalt betingad. Ofta talas det om utsattheten för västliga stormar, men det betyder inte att andra exponeringar kan ignoreras. I vissa områden i Sverige kan snarare ostliga stormar vara de mest förödande. Som exempel på detta kan nämnas Norrlandskusten från Sundsvall och norrut och Gästrikekusten där blötsnö i samband med ostliga och nordostliga vindar kan orsaka avsevärda snöskador (figur SPS68). Andra kända områden med förhöjd risk att drabbas av vind- och snöskador är Småländska höglandet, inlandet från Dalsland upp mot Jämtland, samt öster om Skandinaviska fjällkedjan. För att ge mer tyngd i denna riskbedömning bör lokala och regionala erfarenheter av vindfällningsriskerna tas tillvara (se avsnittet *Vindskador*).

Lokala förhållanden, såsom tillstånd i omgivande bestånd, liksom förhållanden på landskapsnivå, kan ha stor betydelse för vind- och snöskador. Finns öppna ytor som till exempel sjöar och hyggen i närheten av ett bestånd höjer det i hög grad risken för skador i beståndet.

³⁷⁷ Se Skogsskötselserien nr 3, Plantering av barrträd.

www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

³⁷⁸ Tamm, O. (1959). *Studier över klimatets humiditet i Sverige*. Kungl. Skogshögskolans skrifter. Nr 32.

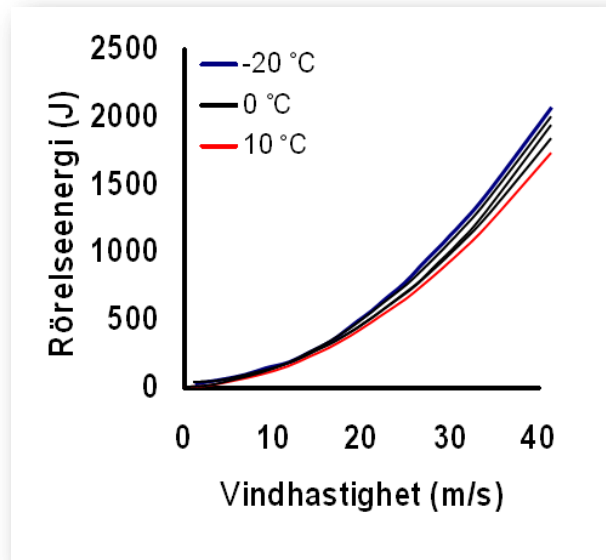


Figur SPS68 Snö- och vindskaderisk i Sverige, beräknad med hjälp av träd-, bestånds-, och ståndortsvariabler i Riksskogstaxeringens material. 1 = låg risk, 7 = hög risk. Källa: Valinger & Fridman (1999) ³⁷⁹.

Det finns ett starkt samband mellan uppkomst av vind- och snöskador och den rörelseenergi som verkar på träden när det blåser. Rörelseenergin i sin tur beror av både temperatur och vindhastighet ³⁸⁰ (figur SPS69). Kall luft har en högre densitet än varm luft vilket betyder att ju kallare det är när det blåser desto högre rörelseenergi innehåller luftmassan. Således ökar risken för att träd bryts eller fälls när det är kallt, dvs under vinterhalvåret.

³⁷⁹ Valinger, E. & Fridman, J. (1999). Models to assess the risk of snow and wind damage in pine, spruce, and birch forests in Sweden. *Environmental Management* 24: 209–217.

³⁸⁰ $E = \frac{MV^2}{2}$ där E = rörelseenergin, M = luftens massa och v = luftens hastighet.



Figur SPS69 Luftens rörelseenergi beror av vindhastighet och lufttemperatur³⁸¹.

Mikroklimatets betydelse för uppkomst av skador

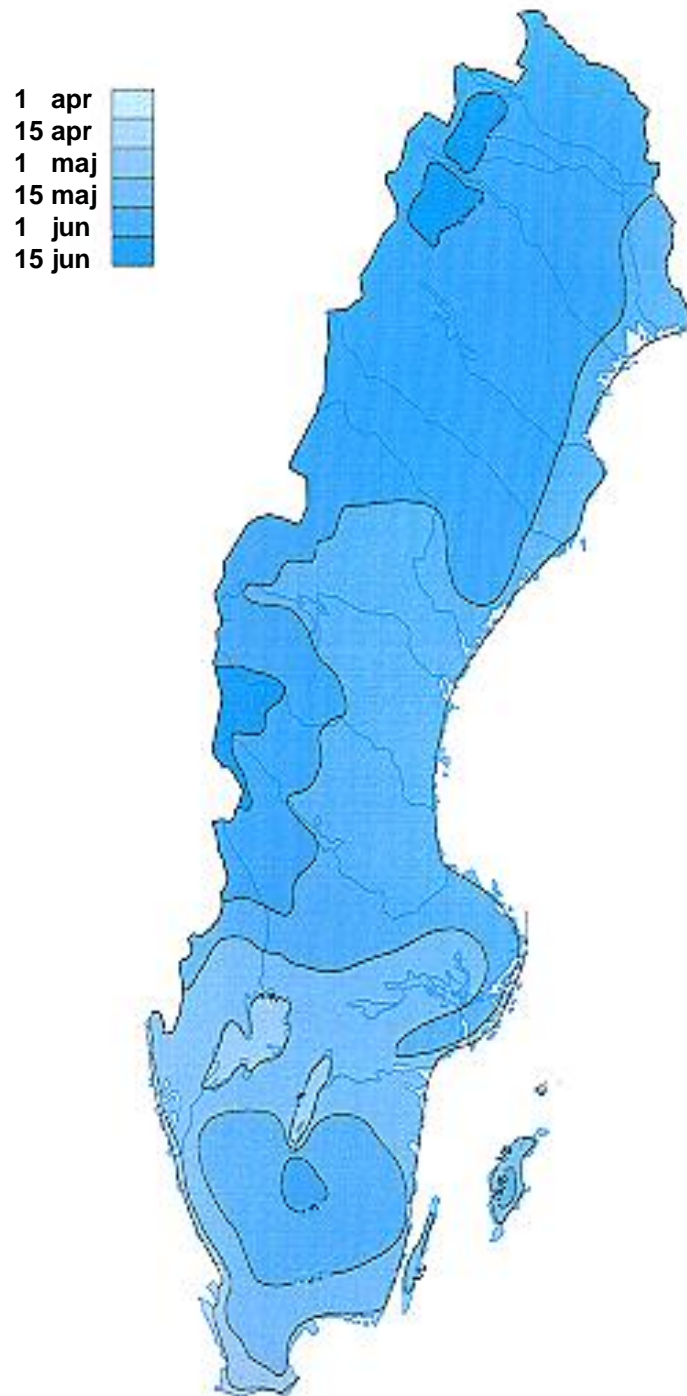
När etablering av ny skog skall planeras är risken för frost- och tjälskador de mest avgörande faktorerna att ta hänsyn till.

Frost

Under klara sommardagar med svag vind värms marken på hyggen upp genom solens strålning. Det medför att luften närmast marken blir varmare än strax ovanför. Under molnfria nätter med svag vind avkyls luften närmast marken genom utstrålning. Eftersom kall luft är tyngre än varm, kommer den kalla luften att finnas i lägre delar av terrängen. Det medför att plana och lågt belägna hyggen blir särskilt utsatta för frost. Mest uttalat är detta i svackor på dessa hyggen. Marker som ofta utsätts för frost benämns *frostlänta*. Torvmark består av organiskt material som har sämre värmeledande egenskaper än mineraljord. Torvytan är mer ”isolerande”, vilket leder till ökad luftavkylning närmast marken.

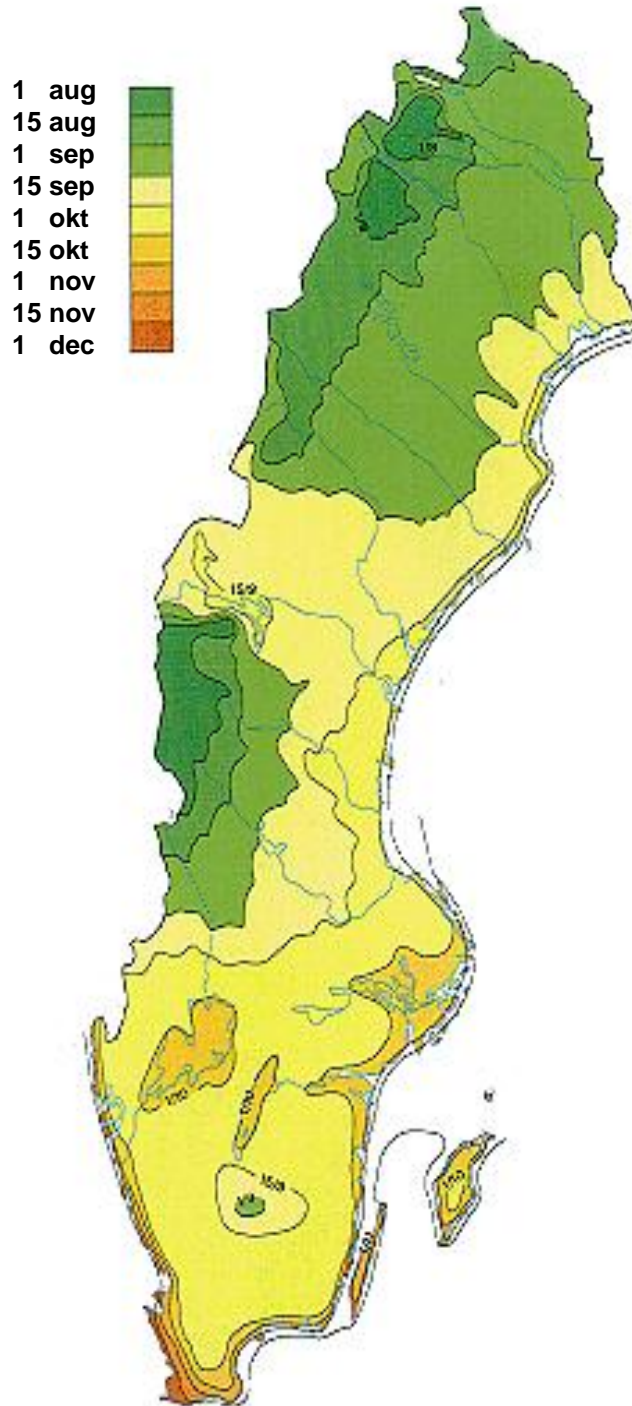
Frostbenägenheten både i lokal- och mikroskala är ofta avgörande för vilken förnyngningsmetod som kan tillämpas. I Sverige utmärks bland annat det sydsvenska höglandet av en ökad risk för vårfroster (figur SPS70) liksom för höstfroster (figur SPS71). Lokalkontinentala områden har högre temperaturamplitud, såväl på års- som på dygnsbasis.

³⁸¹ Ottosson Löfvenius, M. (1993). *Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area*. SLU, inst. för skogsekologi. Avhandling.



Figur SPS70 Genomsnittligt datum för sista vårfrost i olika delar av Sverige under perioden 1961–1990. Källa: Markinfo³⁸².

³⁸² Från <http://www-markinfo.slu.se/sve/klimat/vfrost.html>.



Figur SPS71 Genomsnittligt datum för första höstfrost i olika delar av Sverige under perioden 1961–1990 Källa: Markinfo ³⁸³.

³⁸³ Från <http://www-markinfo.slu.se/sve/klimat/hfrost.html>

Tjäle

Marktemperatur och tjälförhållanden är starkt kopplade till snötäckets struktur och tjocklek. Ett mäktigt snötäcke dämpar tjälbildningen och håller marktemperaturen högre. Gropar och lägre partier fylls igen med snö medan högre partier får ett mindre snödjup. På ett och samma hygge finner man ofta djup tjäle i områden med litet snödjup. I sänkor och gropar med mäktigare snötäcke är tjäldjupet mindre. Tjälen kan sitta i långt in på våren vid sen snösmältning. Eftersom snö fastnar i trädkronorna och en del av den avdunstar därifrån, är i allmänhet snötäcket tunnare inne i ett skogsbestånd än på en öppen yta som till exempel på ett hygge. Tjäle bildas och tinar senare inne i en skog jämfört med på en öppen yta. Tjälen kan göra att små plantor fryser upp, roten förlorar kontakt med mineraljorden och plantan dör.

Det är inte bara den egentliga tjälen som kan lyfta små plantor ur jorden. Ett fenomen som heter *pipkrake*³⁸⁴ gör likadant. Pipkrake känns igen genom att det vid markytan bildas lodrätt gående stavar av is (figur SPS72). Pipkraken kan bildas vid första tillfrysningen under hösten, när markytan fryser till över natten och tinar nästa dag. Temperaturskillnaden gör att översta markskiktet rör sig.

Pipkrake förekommer både höst och vår. För en liten planta som inte hunnit rota sig kan pipkrake vara ödesdiger. Små groddplantor drabbas särskilt lätt. Det gör att sådd blir chansartad på utpräglade uppfrysningmarker, dvs då marktexturen domineras av mjäla och lera. Att låta bli markberedning kan mildra problemet med pipkrake, men är trots det inte att rekommendera eftersom markberedning har flera andra fördelar. Markberedning och vårplantering är normalt en lämplig förnygringsmetod på marker med risk för pipkrakebildning. Torvmark har sällan hög risk för tjäle, men plantor kan ändå drabbas av uppfrysning på grund av pipkrake.



Figur SPS72 Pipkrake. Foto Urban Bergsten.

³⁸⁴ Pipkrake, ”isnålar” som bildas när markvatten fryser i eller strax under markytan vid den första nattfrost. Längden på pipkrakar är från några millimeter till flera centimeter. Källa: <http://www.ne.se>.

Skadebilder

Frostskador

Granplantor blir särskilt lätt utsatta för vår- och försommarfrost (figur SPS73). Det räcker med ett par minusgrader i början av juni för att årsskott ska dö. Plantor i lägre partier i terräng där kallluft samlas är särskilt utsatta. De döda årsskotten torkar och blir hängande bruna en lång tid. Det medför att det aktuella årets längdtillväxt går förlorad.

Låg temperatur under vintern skadar vanligen inte träden. Men på våren kan barrträden lida av torka, när solen värmer upp barren och träden inte kan ta upp vatten från den frusna jorden. Barren blir bruna. Speciellt små plantor som passerat det skyddande snötäcket kan ta skada av vårtorka³⁸⁵. Risken för uttorkning ökar om uppvärmningen sker i kombination med blåst.



Figur SPS73 Frostskador på gran. Foto Johanna Witzell.

Snöskador

Snö- och vindskador kan vara svåra att skilja åt. De skador som orsakas på träd och bestånd kan ha likartade utseenden. Trycket av tung snö kan knäcka stammar och kvistar på såväl unga plantor som större träd. Tung och blöt snö som fryser fast i trädkronorna kan i kombination med hård vind orsaka stora skador i form av omkullblåsta och avbrutna träd, vilket liknar de skadetyper som ofta hänförs till rena vindskador.

³⁸⁵Hannerz, M. (1994). Winter injuries to Norway spruce observed in plantations and a seed orchard. Report no 6, SkogForsk, Uppsala. 22 s.

Snö i samband med temperatur kring 0 °C har hög densitet; den är tung och blöt. Fryser snön fast i träden kan belastningen resultera i snöbrott. Även isbeläggning på träden kan lokalt ge svåra skador. Särskilt utsatta platser är vindexponerade sluttningar på högre höjd där *orografisk*³⁸⁶ molnbildning och nederbörd ofta sammanfaller med temperaturer kring fryspunkten.

Våra vanligaste inhemska trädslag klarar av snön på olika sätt. Björken böjs i en båge av tyngden, men bryts sällan av (figur SPS74). Tallen är inte lika seg utan bryts lätt av. Granen med sina nedåtriktade grenar, från vilka snön lättare faller av, klarar sig bäst från snöskador.



Figur SPS74 Upplega följd av en plötslig kall period under en januari-månad har orsakat kraftigt böjda björkstammar. Foto Johanna Witzell.

Risken för att snöskador uppstår kan främst kopplas till yngre bestånd, vilka på grund av utebliven röjning eller gallring blivit stamrika med högt klena stammar och upphissade kronor.

Vindskador

När vindstyrkan når 20–23 meter per sekund eller mer är risken för vindskador stor. Skadorna kan vara koncentrerade till vissa stråk eller vara mycket omfattande och drabba stora områden. Det är främst träd som nyligen blivit friställda som blåser omkull, till exempel kanträd vid nyupptagna hyggen eller fröträd i fröträdsställningar. Välskötta och gallrade skogar brukar som regel klara höga vindstyrkor utan att falla om de klarat sig över den känsliga perioden några år efter ett avverkningsingrepp³⁸⁷.

³⁸⁶ *Orografisk nederbörd* kallas nederbörd som uppstår genom att fuktig luft avkyls genom att den pressas uppåt på grund av jordytans topografi.

³⁸⁷ Valinger, E. & Lundqvist, L. (1992). The influence of thinning and nitrogen fertilisation on the frequency of snow and wind induced stand damage in forests. *Scott. For.* 46: 311–320.

Tallen som har ett djupt rotsystem klarar i regel stormar bättre än granen som har ett rotsystem som ofta ligger nära markytan. Avlövnade lövträd klarar sig bäst. Vid höga vindstyrkor ger ofta rötterna vika så att hela trädet faller, men det händer även att stammar bryts av och splittras. Skogen förlorar då en mycket stor del av sitt ekonomiska värde.

Vindskadornas omfattning beror främst av vindhastigheten, men påverkas även av vindens byighet och varaktighet. Även markens egenskaper kan påverka risken för vindfällning. Risken är större på marker med finkorniga jordarter och hög fuktighet.

Torkskador

Torkskador uppträder när rötterna inte längre kan ta upp vatten ur marken i samma takt som trädkronan avdunstar vatten. Små plantor är mest känsliga för torka. Större träd klarar sig bättre, då de tar upp vatten från större markdjup. Av våra vanligaste inhemska trädslag tål tallen torka bäst. Björkar har förmågan att fälla löv som en skyddsåtgärd och kan därför undvika uttorkning. Lövfällning behöver inte betyda att träden dör, utan de kan ofta repa sig.

Luftföroreningsskador

Luftföroreningar i form av till exempel svavel och kväve från såväl näraliggande som avlägsna utsläppskällor kan ge skador på träd och vegetation. Luftföroreningar påverkar träd dels direkt genom att fräta på barrens och bladens klyvöppningar, dels indirekt genom att påverka marken där träden växer. Markens förmåga att stå emot föroreningar varierar beroende på geologiska förhållanden. Trädens förmåga att klara föroreningar varierar också; barrträd är normalt känsligare än lövträd.

Många skador som diagnosticeras som luftföroreningsskador kan i själva verket vara svamp- eller insektsskador. Luftföroreningar kan dock indirekt ha orsakat uppkomna skador genom att lägga en ”grundstress” på träden som gjort dem mer mottagliga för andra skadegörare.

Direkta skador av luftföroreningar på barr syns som missfärgning på grund av frätskador på barrens vaxskikt och genom att barren fått in skadliga ämnen i sina klyvöppningar. Sot- och dammbeläggningar samt beläggningar av alger på grund av kvävenedfall är andra effekter av luftföroreningar.

Barrutglesning

Barrutglesning är ett tecken på att träd inte är fullt vitala. Under slutet av 1900-talet observerades detta i delar av södra Sverige. I Finland har konstaterats att barr- och lövutglesning på träd nästan uteslutande beror på skogarnas höga ålder, väderfaktorer samt epidemier förorsakade av olika svampsjukdomar och skadeinsekter³⁸⁸. Skogar som är utsatta för utsläpp från lokala föroreningsskällor utgör ett undantag.

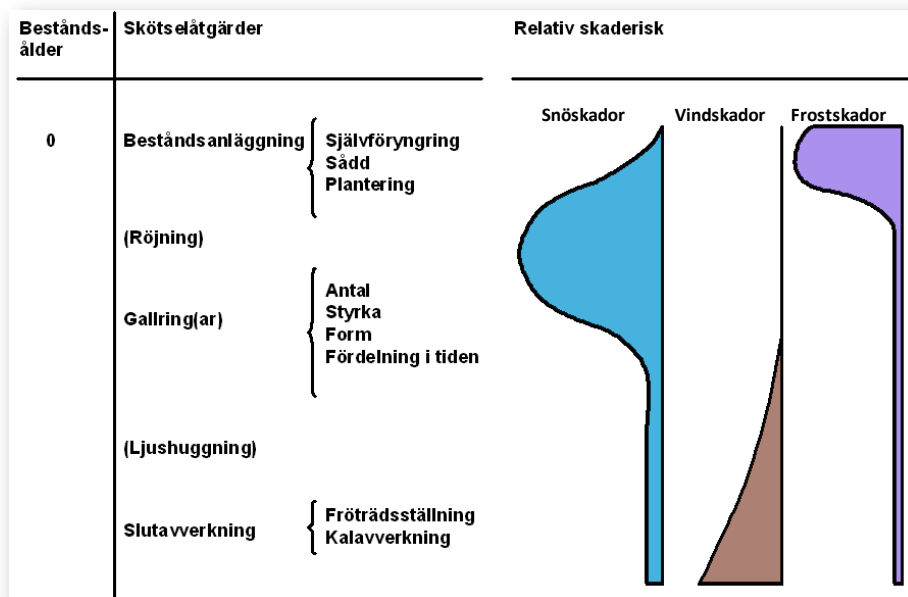
³⁸⁸ Se: http://www.metsavastaa.net/abiotiska_skador.

Skogsskötsel för att förebygga och minska abiotiska skador

Risken för skador på träd och bestånd varierar under skogens olika utvecklingsfaser (figur SPS75). Under förnygringsfasen dominerar risken för frostsador. Varefter skogen blir äldre ökar risken för snöskador och i slutavverkningsfasen är vindskaderisken störst.

Förnygringsfasen

Förnygringsfasen bör planeras utifrån de förutsättningar som råder innan det gamla beståndet avvecklas. Orsaken är att förnygringsavverkning påverkar en mängd etableringsfaktorer både ovan och under mark³⁸⁹.



Figur SPS75 Principskiss över olika skogsskötselåtgärder och relativ risk för skada genom vind, snö eller frost under ett bestånds omloppstid³⁹⁰.

Frostskydd

Under förnygringsfasen kan frostproblem uppstå på vissa marker, dvs luften närmast marken avkyls till temperaturer under 0 °C även under vegetationsperioden. Det kan leda till att känsliga delar som nyss utslagna skott på plantor fryser och skadas.

Vid risk för frost under vegetationsperioden kan det vara lämpligt att utnyttja befintliga plantor och träd som frostskydd. Det kan betyda att låg- eller högskärm är en förutsättning för en lyckad förnygring, exempelvis i de områden där vårfrost eller höstfrost förekommer frekvent (jämför figureerna SPS70 och SPS71), samt vid avverkning av tidigare dikade torvmarker. Mindre träd som lämnas kvar som så kallad lågskärm dämpar instrålningen på dagen och minskar sålunda uppvärmningen av marken. På samma sätt

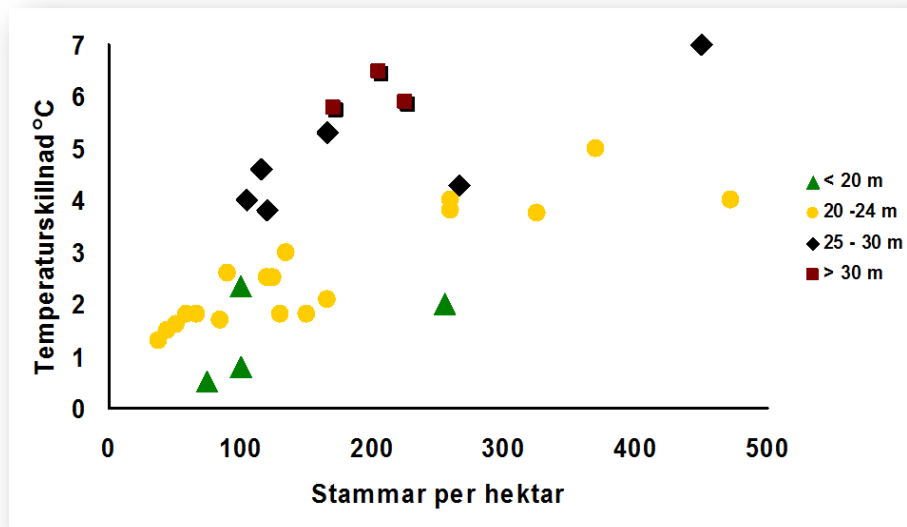
³⁸⁹ Se Skogsskötselserien nr 1, Skogsskötselns grunder och samband.

www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselseriesen.

³⁹⁰ Efter: Söderström, V. (1978). *Ekonomisk skogsproduktion. Del 3. Beståndsvård*. LT:s förlag. Stockholm.

kommer de att minska utstrålningen och avkylningen på natten. Det är därför olämpligt att fullständigt hyggrensa frostlänta marker, framför allt där risk finns för försommarfroster. De träd som är särskilt utsatta är gran och ädla lövträd under och strax efter knoppsprickning.

I södra Sverige är det vanligt att utnyttja lågskärm vid granföryngring. Högskärmar har också en positiv inverkan på möjligheten att lyckas med föryngring i kärva lägen. Minimitemperaturen i marknivå kan höjas med uppemot 3–4 °C genom att lämna en skärm med 20 m höga tallar på mellan 100–250 stammar per ha³⁹¹. Effekten av skärmen blir än större ju högre träden är (figur SPS76). En temperaturökning på uppemot 6–8 °C har uppmätts i skärmar med 30 m höga granar i Gästrikland.



Figur SPS76 Skillnader i minimitemperatur nära marken mellan kalhygge och skärmar med olika stamantal och vid olika trädhöjder. Källa: Ottosson Löfvenius (1993)³⁹².

Uppfrysningsskydd

Uppfrysning uppstår när marken sväller och krymper beroende på nedkylning och upptining. Processen kan skada plantrötter och leda till att plantorna inte rotar sig ordentligt. I vissa extrema fall kan även hela rotklumpen på en täckrotsplanta frysa upp så att den helt förlorar markkontakten. Det var ett fenomen som kunde observeras när Paperpot-plantorna som introducerades under 1970-talet var vanliga inom svenskt skogsbruk. Uppfrysning är vanligast på fuktiga, finkorniga marker som är frostsatta.

För att minska risken för uppfrysning bör höstplantering och höstsådd undvikas på mjåla- och lermarker. Plantering och sådd under vår och försommar gör att plantor och frön normalt kan utveckla ett bra rotsystem under växtsäsongen, vilket minskar risken för att de fryser upp och följande år ligger uppe på marken.

³⁹¹ Ottosson Löfvenius, M. (1993). *Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area*. SLU, inst. för skogsekologi. Avhandling.

³⁹² Ottosson Löfvenius, M. (1993). *Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area*. SLU, inst. för skogsekologi. Avhandling.

Markbehandling

Vid risk för frost kan någon form av markbehandling vara nödvändig för att få plantor att etablera sig. Stubbar och stenar, som värms upp på dagen och utstrålar värme på natten kan ge visst frostskydd. Även bar mineraljord som i solljus värms upp snabbare än vegetationsklädd mark strålar ut värme på natten. På så sätt dämpar markberedningsfläckar, harvspår och högar med mineraljord frostrisken. Tiltor och terrasser på markberedd mark kan dagtid magasinera värme som strålar ut nattetid och ge frostskydd. Eftersom frostrisken är högst i lägre partier och luften där är kallast under klara nätter, kommer plantor på tiltor och terrasser att undgå den allra svåraste frosten. Å andra sidan kommer plantor satta på sådana upphöjningar att skjuta skott tidigare och riskerar därför att bli utsatta för vårfroster. Det kan vara särskilt besvärligt i södra Sverige.

Bränning är en markbehandlingsmetod som också kan minska risken för frostsador genom att den brända marken blir uppvärmd under dagtid.

Sådd

Sådd är en olämplig föryngringsmetod på vegetationsrika marker och marker med risk för uppfrysning. Även om antalet plantor kan bli högt första sommaren, kommer många av dem att utsättas för sådant vegetationstryck och för uppfrysning under den första hösten och vintern att de är döda eller svårt skadade följande vår. Sådd bör inte heller användas på marker med grov textur eftersom det ger fröet och groddplantan osäker kapillär vattenförsörjning. Bäst såddresultat erhålls på friska marker med liten till måttlig vegetation och på torra marker utan grov textur³⁹³.

Trädslagsval

Vid föryngring bör valet av trädslag också göras med avseende på risken för skador av frost och uppfrysning. För att uppnå så gott resultat som möjligt bör de rekommendationer som finns tillgängliga för härkomstval³⁹⁴ tillämpas. Vid föryngring med våra vanligaste trädslag rekommenderas att tall i de kärvaste lägena i norra Sverige förflyttas 2–3 breddgrader söderut. I södra Sverige är lokala härkomster av tall oftast bäst. På frostlänta marker i Sydsverige rekommenderas vitryska härkomster av gran, i övriga fall rekommenderas nordförflyttning 2–4 breddgrader. För contorta rekommenderas nordförflyttning 3–6 breddgrader, mer i söder än i norr och för björk rekommenderas lokal härkomst eller finska härkomster från motsvarande breddgrad. Föreskrifter och utförliga råd finns även i skogsvårdslagen³⁹⁵.

Ungskogsfasen

Under ungskogsfasen, som omfattar tiden från det att ett bestånd når över brösthöjd (1,3 m) till dess att det är ungefär 7 m, är snöskador den vanligaste abiotiska skadan³⁹⁶.

³⁹³ Se *Skogsskötselserien* nr 5, Sådd. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

³⁹⁴ <http://www.skogforsk.se> (länk: Kunskap direkt/Föryngra/Verktyg/Val av skogsodlingsmaterial).

³⁹⁵ Skogsstyrelsen 2009. *Skogsvårdslagstiftningen*. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Lagen). Alternativt *Skogsvårdslagen – Handbok*. Skogsstyrelsens förlag. 2006.

³⁹⁶ Se *Skogsskötselserien* nr 6, Röjning. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

Röjning

Om de enskilda träden i ungskogen växer tätt och får upphissade kronor, vilket blir fallet om röjning inte gjorts eller om den utförts felaktigt, finns risk att blötsnö som fastnar i kronorna böjer eller bryter träden. Snöskador är vanliga längs Norrlandskusten och i fjällnära skog (figur SPS68)³⁹⁷. Risken för snöskador kan minskas genom att de enskilda stammarnas tillväxt gynnas genom röjning så de får en snabbare diametertillväxt och blir mindre gängliga.

Efter röjningen ökar emellertid risken för snöbrott under några år innan träden hunnit anpassa sig till de nya förhållanden som uppstått efter ingreppet. Om planröjning inte utförts i bestånd som är stamtäta kan det vara bättre att röja svagt men återkommande än att röja hårt och endast en gång. Grunderna för röjning och hur röjning kan utföras beskrivs närmare i Skogsskötselseriens del nr 6 *Röjning*.

Gallringsfasen

Gallring påverkar risken för snö- och vindskador på olika sätt, beroende på beståndets ålder, beståndets exposition, markens beskaffenhet, m m. Syftet med gallring är, liksom med röjning, att koncentrera tillväxten till färre träd och att förebygga risk för självgallring³⁹⁸ och att därigenom skapa ett slutavverkningsbestånd med högt virkesvärde samtidigt som man får en intäkt från åtgärden.

Gallring utförs normalt som selektiv gallring, dvs skogsskötaren väljer subjektivt ut de träd som ska gallras bort utifrån trädens utseende (storlek, skador, kvalité, m m) och rumsliga fördelning. Målet är ett bestånd där träden är någorlunda jämnt fördelade över arealen och utan luckor, samt där huvuddelen av träden har potential att utvecklas till högvärdiga timmerträd.

Gallringsformen beskriver om de utgallrade träden tillhör de större eller mindre träden i beståndet. Den betecknas som *höggallring* om de utgallrade träden är större än de som står kvar, *låggallring* om de utgallrade träden är mindre än de som står kvar eller *likformig gallring* om träd ur alla storleksklasser gallras ut³⁹⁹.

Risken för snöskador är störst om gallringen utförs som höggallring. På samma sätt som när röjning eller gallring inte utförts lämnar denna gallringsform ett stamrikt bestånd med klenta träd och upphissade kronor, vilka har svårt att klara belastning från bland annat snö⁴⁰⁰. Låggallring däremot resulterar i bestånd som klarar sig bättre gentemot snöskador. Vindskaderisken i samband med låggallring ökar dock under en period av ca 5 år efter ingreppet. Vid hård gallring, dvs då mer än ca 35 % av volymen avverkas, ökar risken för skada eftersom träden då utsätts för ökad mekanisk belast-

³⁹⁷ Valinger, E. & Fridman, J. (1999). Models to assess the risk of snow and wind damage in pine, spruce, and birch forests in Sweden. *Environmental Management* 24: 209–217.

³⁹⁸ *Självgallring* är ett begrepp som används när träd dör på grund av trängsel, dels på grund av att de bryts av eller faller omkull på grund av snötryck, vind eller av snötryck i kombination med vind. I gallringsfasen uppstår självgallring främst i täta bestånd som aldrig röjts. I sådana bestånd är den mest verkningsfulla åtgärden mot snöskador utglesning genom avverkning av i första hand undertryckta, behärskade och medhärskande träd.

³⁹⁹ Se *Skogsskötselserien* nr 7, Gallring. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

⁴⁰⁰ Valinger, E. & Pettersson, N. (1996). Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Picea abies* in southern Sweden. *Forestry* 69: 25–33.

ning från vind då de friställs. Vid gallringen bör man försöka hålla upp stickvägsavståndet så att största delen av trädvalet kan ske selektivt. Tidigare röjda bestånd kan gallras starkt med liten risk, medan tidigare orörda bestånd inte bör gallras alltför hårt. Oskötta äldre bestånd samt områden som är hårt vindutsatta bör gallras relativt svagt eller inte alls.

Yngre stamrika bestånd som är belägna över 200 m ö h kan drabbas av snöskador beroende på orografisk molnbildning (se avsnittet *Snöskador*) och nederbörd som sammanfaller med temperaturer kring fryspunkten.

Slutavverkningsfasen

Avverkningsplanering

Vindfällning är den vanligaste abiotiska skadeformen under slutavverkningsfasen. Vindfällning medför i allmänhet stora ekonomiska förluster för skogsägaren genom de höga kostnaderna för att ta tillvara virke som många gånger ligger utspritt i terrängen. Skador i slutavverkningsmogen skog leder ofta till framtida virkesförluster och till att den långsiktiga skogsbruksplaneringen rubbas.

För att minska risken för abiotiska skador är det viktigt att planera framtida åtgärder redan i samband med avveckling av det äldre beståndet. Beslut om hur bestånd skall återbeskogas bör därför föregås av beslut om beståndsavvecklingen skall utföras som kalhuggning, skärmställning eller etappvis slutavverkning, eller om beståndet passar för blädningsbruk ⁴⁰¹.

Beståndsavveckling

Förberedelserna för beståndsavveckling bör omfatta analys av det omgivande landskapet. Finns till exempel riskutsatta bestånd i närheten och risken för snö- och vindskador i dessa bestånd ökar om man anlägger en öppen yta, bör någon form av modifiering av slutavverkningen göras. Efter slutavverkningen följer en ny föryngringsfas och trakthyggesbrukets faser upprepas.

Vid frostrisk bör beslut om avveckling innehålla överväganden om man ska lämna skärm eller fröträd för att ge frostskydd eller om det räcker med exempelvis markbehandling med högläggning.

Om beståndet som skall avvecklas består av fullskiktad granskog kan blädningsbruk ⁴⁰² användas. Skiktade bestånd har något större stormfasthet än ej skiktade ⁴⁰³.

⁴⁰¹ Se *Skogsskötselserien* nr 1, Skogsskötselns grunder och samband. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserieserien.

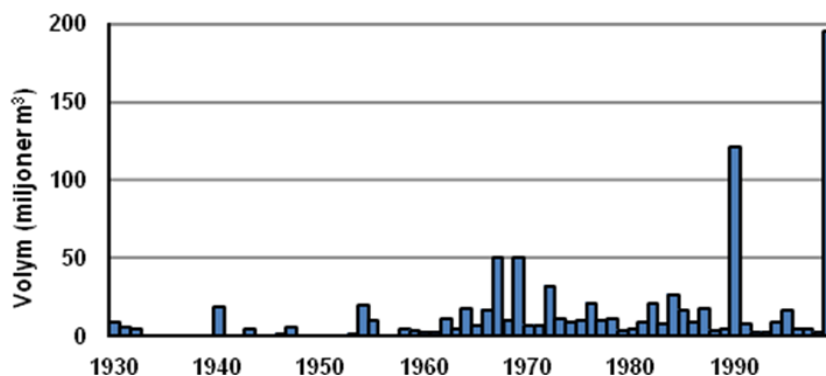
⁴⁰² Se *Skogsskötselserien* nr 13, Blädningsbruk. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserieserien.

⁴⁰³ Valinger, E., Ottosson Löfvenius, M., Johansson, U., Fridman, J., Claeson, S. & Gustafsson, Å. (2006). Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun. *Rapport 8-2006*. Skogsstyrelsen.

Stormskador – aspekter på osäkerhet och risk

Under senare år har omfattande vindskador rapporterats för europeiska skogar, med exempelvis 200 miljoner m³ skog skadad under 1999⁴⁰⁴. Under 2005 skadades 100 miljoner m³ skog, varav ca 75 miljoner m³ i Sverige. Skadorna i Sverige uppkom i södra delarna av landet efter en storm natten mellan 8 och 9 januari 2005 och uppgick till nästan en hel svensk årsavverkning. Så omfattande skador på skogen har aldrig tidigare orsakats modernt svenskt skogsbruk av en enda storm.

Vind är den störningsfaktor som orsakar störst skador inom europeiskt skogsbruk⁴⁰⁵. Skadornas omfattning varierar mellan år och situationer med omfattande skador har blivit allt vanligare under 1900-talet (figur SPS77).



Figur SPS77 Rapporterad volym vindskadad skog i Europa. Modifierad efter Schelhaas m fl (2003)⁴⁰⁶.

Förekomst

Skogsstyrelsen har sedan 1927 samlat information om omfattande vindskadesituationer och nyligen har materialet kompletterats med ytterligare information⁴⁰⁷⁴⁰⁸. Detta material tyder på att situationer med omfattande vindfällning har blivit vanligare i Sverige, även om det är svårt att bedöma informationens kvalitet och hur jämförbar den är över tiden. Omfattande vindfällningar förefaller vanligare i södra Sverige än i norra Sverige. Att det blivit vanligare med omfattande vindskador kan bero på att klimatet har förändrats, att skogen blivit mera sårbar eller en kombination av dessa orsaker.

⁴⁰⁴ Schelhaas, M-J., Nabuurs, G.J. & Schuck, A. (2003) Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biol.* 9: 1620–1633.

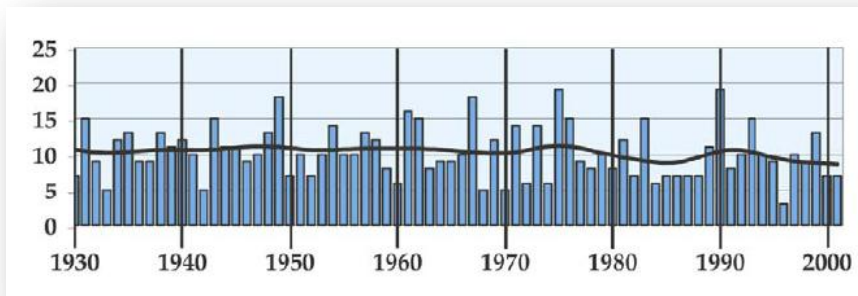
⁴⁰⁵ Schelhaas, M-J., Nabuurs, G.J. & Schuck, A. (2003) Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biol.* 9: 1620–1633.

⁴⁰⁶ Schelhaas, M-J., Nabuurs, G.J. & Schuck, A. (2003) Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biol.* 9: 1620–1633.

⁴⁰⁷ Skogsstyrelsen (2006). Stormen 2005 – en skoglig analys. *Meddelande* nr 1. Skogsstyrelsen, Jönköping

⁴⁰⁸ Nilsson, C., Stjernquist, I., Bärning, L., Schlyter, P., Jönsson, A. M. & Samuelsson, H.. (2004) Recorded storm damage in Swedish forests 1901–2000. *For. Ecol. Man.* 199: 165–173.

Klimatdata från senare tids milda och blöta år (1991–2005) i Sverige har jämförts med data från perioden 1961–1990⁴⁰⁹. Man kunde då konstatera att *temperaturen* ökat med närmare en grad och att *nederbörden* ökat i så gott som hela landet, om än inte statistiskt säkerställt för landet som helhet. En jämförelse mellan perioderna 1991–2002 och 1901–1990 visade att i synnerhet nederbörden hade ökat (+11 %) men också att temperaturen hade ökat, om än mindre påtagligt (+0,7 °C)⁴¹⁰. Vad gäller *vindklimatet* har detta varierat i förhållandevis liten omfattning^{411 412}, även om såväl mindre som mera blåsiga perioder funnits under de senare århundradena⁴¹³. Av figur SPS78 framgår att det mellan 1930 och 2002 *inte* blivit vanligare med *storm* i södra Sverige⁴¹⁴.



Figur SPS78 Antalet dygn med beräknade vindhastigheter överskridande 25 m/s för södra Sverige, 1930-2002. Beräkningarna är baserade på lufttrycksmätningar gjorda i Göteborg, Falsterbo och Visby. Kurvan visar 10-års medelvärden. Modifierad från Alexandersson & Vedin (2002)⁴¹⁵.

Orsaker till ökade vindskador

Att klimatet blivit mildare och blötare⁴¹⁶ minskar skogens stabilitet men kan sannolikt inte ensamt förklara varför det blivit vanligare med vindskador sedan början av perioden. Under den aktuella perioden har skogsbruket och därmed skogen förändrats på flera sätt som sannolikt bidrar till att för-

⁴⁰⁹ Alexandersson, H. & Edquist, E. (2006). Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991–2005 med 1961–1990. *SMHI Faktblad* nr 29.

⁴¹⁰ 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.

⁴¹¹ Alexandersson, H. & Vedin, H. (2002). Stormar det mera nu? SMHI. *Väder och Vatten* 10:18.

⁴¹² Bärring, L. & von Storch, H. (2004). Scandinavian storminess since about 1800. *Geophys. Res. Lett.* 31.

⁴¹³ Nilsson, C. (2008). *Windstorms in Sweden – variations and impacts*. Meddelanden från Lunds universitets Geografiska institution. Avhandlingar 179.

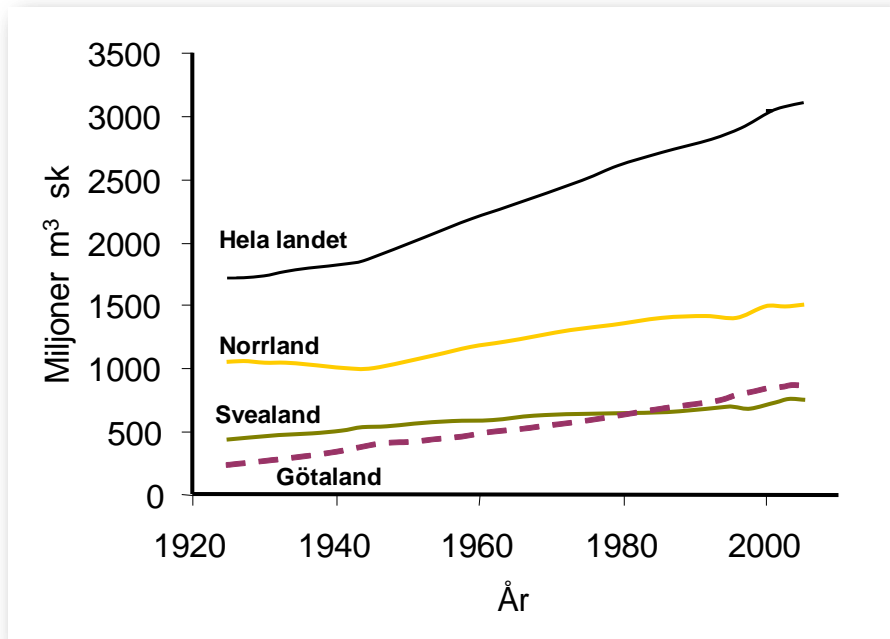
⁴¹⁴ Alexandersson, H. & Vedin, H. (2002). Stormar det mera nu? SMHI. *Väder och Vatten* 10:18.

⁴¹⁵ Alexandersson, H. & Vedin, H. (2002). Stormar det mera nu? SMHI. *Väder och Vatten* 10:18.

⁴¹⁶ Alexandersson, H. & Edquist, E. (2006). Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991–2005 med 1961–1990. *SMHI Faktblad* 29, Norrköping.

klara den ökade frekvensen omfattande skadetillfällen^{417 418}. En bidragande orsak torde vara att den stående volymen skog ökat, särskilt i Götaland (figur SPS79). Det fanns alltså under perioden en ökande volym skog som kunde blåsa ner.

Trakthyggesbruket introducerades på bred front under 1950-talet och utgör nu den dominerande skogsskötselsystemet i Sverige. I och med detta skapas *hyggeskanter* som kan exponeras för hög vindhastighet och vars träd danats i mera vindskyddat läge och därför är känsliga för de nya vindförhållandena. Dessutom ger kanterna upphov till turbulens som kan skada träd ”nedvinds” från kanten^{419 420 421}.



Figur SPS79 Totala virkesförrådsutvecklingen (miljoner m³sk) i Sverige sedan 1923. Källa: Skogsdata (2004).

Andelen gran i södra Sverige har dessutom ökat (figur SPS80). Gran är förhållandevis känslig för vind^{422 423 424 425}. Det är därför sannolikt att

⁴¹⁷ Blennow, K. & Olofsson, E. (2004). Kan man undvika stormskador? I: K. Blennow (red.). *Osäkerhet och aktiv riskhantering – aspekter på osäkerhet och risk i sydsvenskt skogsbruk*, s. 38–43.

⁴¹⁸ Blennow, K. & Eriksson, H. (2006). Riskhantering i skogsbruket. *Rapport 14-2006*. Skogsstyrelsen, 52 s.

⁴¹⁹ Saville, P.S. (1983). Silviculture in windy climates. *For. Abs.* 44: 473–488.

⁴²⁰ Morse, A.P., Gardiner, B.A. & Marshall, B.J. (2002). Mechanisms controlling turbulence development across a forest edge. *Boundary-Layer Meteorology* 103: 227–251.

⁴²¹ Gardiner, B. A., Marshall, B., Achim, A., Belcher, R., & Wood, C. (2005). Field and wind tunnel assessments of the implications of respacing and thinning for tree stability. *Forestry* 78: 471–484.

⁴²² Persson, P. (1975). Stormskador på skog – Uppkomstbetingelser och inverkan på skogliga åtgärder. Skogshögskolan, inst. för skogsproduktion. *Rapporter* nr 36, 294 s.

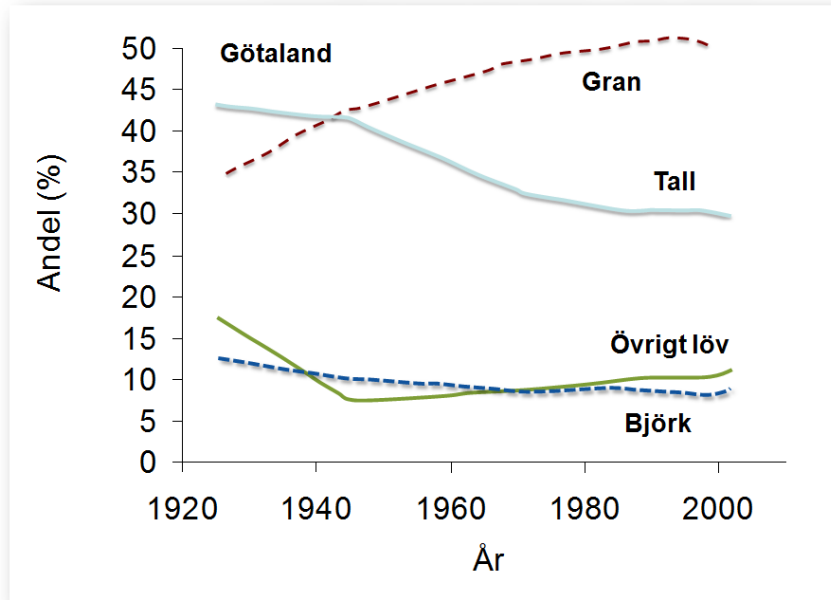
⁴²³ Peltola, H., Kellomäki, S., Hassinen, A. & Granander, M. (2000). Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. *For. Ecol. Man.* 135: 143–153.

⁴²⁴ Nielsen (2003). Adaptive physiology and tree management. KVL, Köpenhamn, Danmark. 140 s.

skogsbrukets utveckling tillsammans med att klimatet blivit mildare (på sina håll mindre tjäle) och blötare har medfört att skogen blivit mera känslig för vind även om det kanske inte blivit vanligare med storm⁴²⁶.

Att brukandet av skogen har gjort den mera vindkänslig innebär också att vi kan påverka risken för vindfällning.

Trädslagsandelar perioden 1927-2002



Figur SPS80 Andelen av virkesförrådet i Götaland (%) fördelat på trädslag. Källa: Skogsdata (2004).

Framtidens klimat

Framöver kan klimatförändringarna förväntas påverka risken för vindfällning både direkt, till exempel genom ett ändrat vindklimat och ändrade tjäl-förhållanden och indirekt genom förändrade tillväxtbetingelser.

Tillgängliga regionala klimatförändringsscenarier för norra Europa baseras på globala scenarier som ligger centralt inom spännvidden mellan olika klimatmodeller avseende global uppvärmning på tidsskalan 100 år⁴²⁷. Klimatet kan alltså tänkas förändras både mer och mindre än vad tillgängliga regionala scenarier indikerar. Enligt dessa är det framtida vindklimatet för Sverige osäkert⁴²⁸, men det är mer troligt att det blir blåsigare än att det inte

⁴²⁵ Valinger, E., Ottosson Löfvenius, M., Johansson, U., Fridman, J., Claeson, S. & Gustafsson, Å. (2006). Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun. *Rapport 8-2006*. Skogsstyrelsen.

⁴²⁶ Blennow, K. & Olofsson, E. (2004). Kan man undvika stormskador? I: K. Blennow (red.). *Osäkerhet och aktiv riskhantering – aspekter på osäkerhet och risk i sydsvenskt skogsbruk*, s. 38–43.

⁴²⁷ Rummukainen, M., Bergström, S., Persson, G., Rodhe, J. & Tjernström, M. (2004). The Swedish Regional Climate Modelling Programme, SWECLIM: a review. *Ambio* 33: 176–182.

⁴²⁸ Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelsson, P. & Willén, U. (2004). European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Clim. Dynam.* 22: 13–31.

blir det ⁴²⁹. Ett blåsigare klimat skulle öka sannolikheten för vindfällning om inte skogens känslighet för vindverkan minskas genom modifierad skötsel eller planering, inklusive val av andra trädslag.

Ett mildare och blötare vinterklimat leder till minskad stabilitet genom försämrade förankring av träden i marken, exempelvis genom minskad eller utebliven tjäle. På Svartberget, nära Vindeln i Västerbotten, registrerades tjäle på ett djup av 5 cm eller mer i skogsmark under 10 av 16 år (1981–1996) medan frekvensen av år med tjäle, tjälperiodens längd och mäktigheten av tjäle var större för mark utan skog ⁴³⁰.

Enligt en modell baserad på mätdata från Svartberget och använd för att simulera utvecklingen av tjälförekomst under ett förändrat klimat förväntas frekvensen av år med tjäle, tjälperiodens längd och mäktighet minska under den närmsta hundraårsperioden ⁴³¹. Beroende på hur stor temperaturökningen blir kan tjälens mäktighet öka under ett förändrat klimat om snötäckets mäktighet avtar ⁴³². Dessutom spelar skogens grad av slutenhet roll för förekomsten av tjäle genom att stigande slutenhet medför minskad mängd isolerande snö på marken och därmed mera tjäle ⁴³³.

Skogsskötsel för att förebygga och minska skador

Sannolikheten för vindfällning påverkas genom

- trädslagsval
- omloppstidens längd ⁴³⁴
- rumslig planering
- skötselåtgärder, till exempel gallringsingrepp, vilka kan påverka trädens höjd och form, antal stammar per ytenhet, och rotningsförhållanden.

Resultat av simuleringsstudier för hur sannolikheten för vindfällning kan komma att utvecklas under ett förändrat klimat indikerar att en förväntad ökad tillväxt leder till att skogen blir mera känslig för vind om vi sköter skogen på samma sätt som idag ⁴³⁵ (figur SPS81 och figur SPS82). Om det

⁴²⁹ Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A. & Whetton, P. (2007). Regional Climate Projections. I: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Solomon, S. m fl. (red.). Cambridge University Press.

⁴³⁰ Lindström, G., Bishop, K., & Ottosson Löfvenius, M. (2002). Soil frost and runoff at Svartberget, northern Sweden – measurements and model analysis. *Hydrol. Process.* 16: 3379–3392.

⁴³¹ Lindström, G. SMHI. Muntlig uppgift.

⁴³² Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Heikinheimo, M., Kellomäki, S., Peltola, H., Strandman, H. & Väisänen, H. (2001). Impact of climate change on soil frost under snow cover in a forested landscape. *Climate Res.* 17: 63–72.

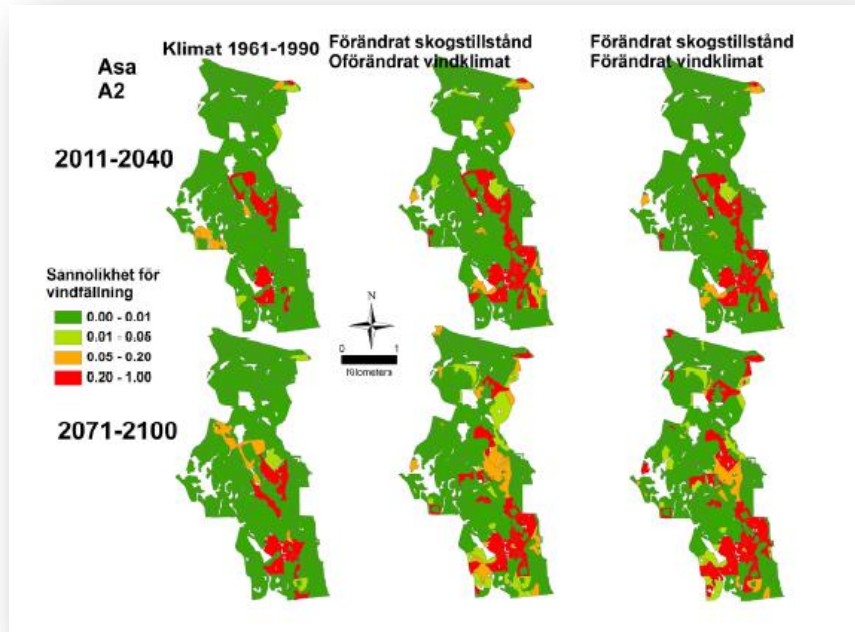
⁴³³ Mellander P.-E, Laudon H. & Bishop K. (2005). Modelling variability of snow depths and soil temperatures in Scots pine stands. *Agric. For. Meteorol.* 133: 109–118.

⁴³⁴ Quine, C.P. (1995). Assessing the risk of wind damage to forests: practice and pitfalls. I: Coutts, M.P. & Grace, J. (red.) *Wind and Trees*. Cambridge University Press, s. 379–403.

⁴³⁵ Bergh, J., Blennow, K. (red), Andersson, M., Olofsson, E., Nilsson, U., Sallnäs, O., & Karlsson, M. (2007). *Effekter av ett förändrat klimat på skogen och implikationer för skogsbruket*. Appendix B19 i ”Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter”. Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60.

dessutom blir blåsigare än idag ökar sannolikheten för vindfällning ytterligare.

Simuleringsstudierna indikerar alltså att det kommer att krävas att vi aktivt modifierar vårt sätt att sköta skogen om vi accepterar att sannolikheten för vindfällning ökar. Tillväxtökningen förväntades bli störst i Norrland och skulle kunna leda till större användning av det förhållandevis vindkänsliga trädslaget gran i Norrland^{436 437}.

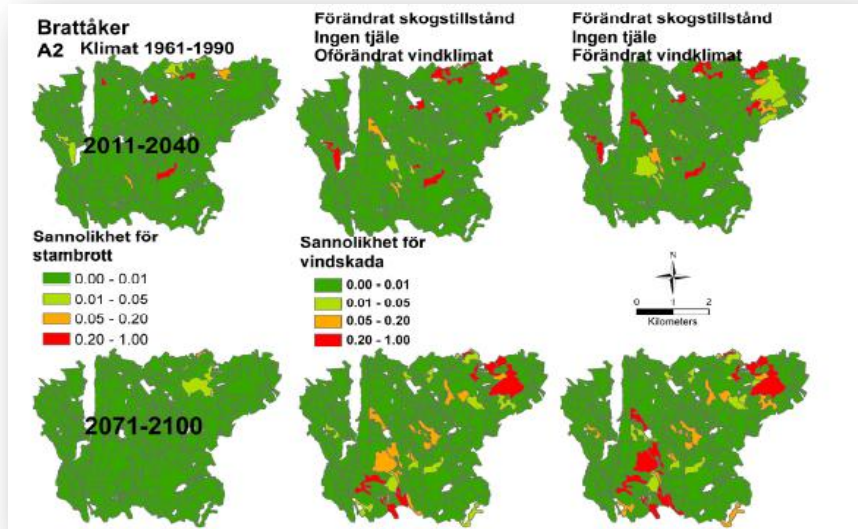


Figur SPS81 Beståndsvis sannolikhet för vindfällning för Asa skogliga försökspark i Småland aggregerad över 30 år för perioderna 2011–2040 och 2071–2100 under klimatet för perioden 1961–1990, under inverkan av växthusgasutsläppsscenarioet A2 på skogens tillstånd men under vindklimat för perioden 1961–1990, samt under inverkan av A2-scenariot, inklusive vindklimatet, på skogens tillstånd. A2-scenariot motsvarande regionalt orienterad global utveckling med ganska långsam ekonomisk tillväxt⁴³⁸.

⁴³⁶ Bergh, J., Blennow, K. (red), Andersson, M., Olofsson, E., Nilsson, U., Sallnäs, O., & Karlsson, M. (2007). *Effekter av ett förändrat klimat på skogen och implikationer för skogsbruket*. Appendix B19 i ”Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter”. Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60.

⁴³⁷ Peltola, H., Kellomäki, S., Hassinen, A. & Granander, M. (2000). Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. *For. Ecol. Manag.* 135: 143–153.

⁴³⁸ Bergh, J., Blennow, K. (red), Andersson, M., Olofsson, E., Nilsson, U., Sallnäs, O., & Karlsson, M. (2007). *Effekter av ett förändrat klimat på skogen och implikationer för skogsbruket*. Appendix B19 i ”Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter”. Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60



Figur SPS82 Beståndsvis sannolikhet för vindfällning för Brattåker i Västerbotten aggregerad över 30 år för perioderna 2011–2040 och 2071–2100 under klimatet för perioden 1961–1990, under inverkan av växthusgasutsläppsscenario A2 på skogens tillstånd men under vindklimat för perioden 1961–1990, samt under inverkan av A2-scenariot, inklusive vindklimatet, på skogens tillstånd. A2-scenariot motsvarande regionalt orienterad global utveckling med ganska långsam ekonomisk tillväxt ⁴³⁹.

Risken för skador varierar i flera skalor och beror både på vindexponeringen och på motståndskraften hos träden. Under en given skadesituation varierar vindstyrkan inom vädersystemet. Att det inte blåser lika mycket överallt förklarar en del av variationen i skadornas utbredning. På landskapsnivå finns dessutom ett mönster i skadornas utbredning som är kopplat till terrängens variationer (figur SPS83). Vinden påverkas av markytans topografi och terrängens skovlighet, vilket påverkar vindexponeringen i olika topografiska lägen ^{440 441 442 443 444 445 446 447}.

⁴³⁹ Bergh, J., Blennow, K. (red), Andersson, M., Olofsson, E., Nilsson, U., Sallnäs, O., & Karlsson, M. (2007). *Effekter av ett förändrat klimat på skogen och implikationer för skogsbruket*. Appendix B19 i ”Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter”. Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60.

⁴⁴⁰ Alexander, R.R. (1964). Minimizing windfall around clear cuttings in spruce-fir forests. *For. Sci.* 10: 130–142.

⁴⁴¹ Sommerville, A. (1980). Wind stability: forest layout and silviculture. *New Zeal. J. For. Sci.* 10: 476–501.

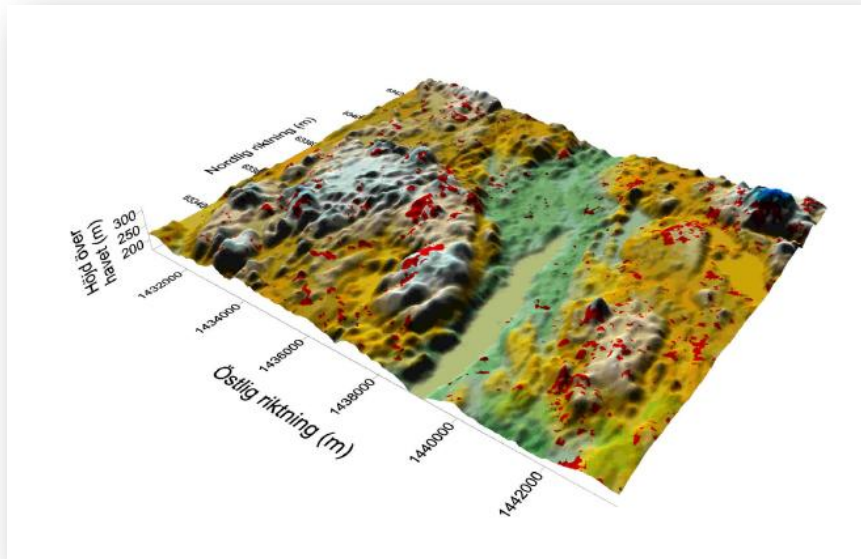
⁴⁴² Saville, P.S. (1983). Silviculture in windy climates. *For. Abs.* 44: 473–488.

⁴⁴³ Lohmander, P. & Helles, F. (1987). Windthrow probability as a function of stand characteristics and shelter. *Scand. J. For. Res.* 2: 227–238.

⁴⁴⁴ Gardiner, B.A., Stacey, G.R., Belcher, R.E. & Wood, C.J. (1997). Field and wind tunnel assessments of the implications of respacing and thinning for tree stability. *Forestry* 70: 233–252.

⁴⁴⁵ Blennow, K. & Olofsson, E. (2004). Kan man undvika stormskador? I: K. Blennow (red.). *Osäkerhet och aktiv riskhantering – aspekter på osäkerhet och risk i sydsvenskt skogsbruk*. s. 38–43.

⁴⁴⁶ Olofsson, E. (2006). Supporting management of the risk of wind damage in south Swedish forestry. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 46.



Figur SPS83 Skadade områden efter stormen Gudrun i rött, draperade över en höjdmmodell över markens topografi. Asa försökspark i Kronobergs län, med omgivningar. Vinden kom huvudsakligen från sektorn sydväst till väst. Skadornas utbredning antyder en koppling till topografin. Baserat på Skogsstyrelsens skillnadsanalys⁴⁴⁸.

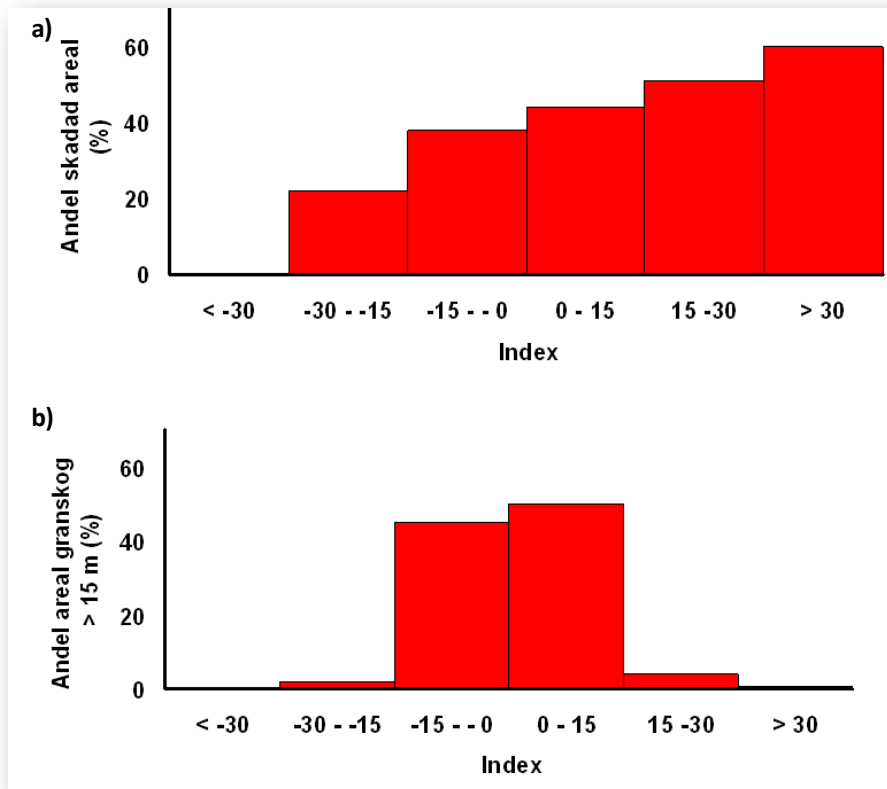
Preliminära resultat från en studie baserad på Skogsstyrelsens skillnadsanalys och kNN-data⁴⁴⁹ visar på ett statistiskt signifikant samband mellan ett index framtaget med hjälp av vindmodellen WASP⁴⁵⁰ och andelen skadad granskog högre än 15 m (figur SPS84). Indexet uttrycker procentuell förändring i vindhastighet till följd av variationer i markytans topografi. Höga värden på index återfinns i topografiskt utsatta lägen och motsvarar en förhöjd vindhastighet. Huvuddelen av skogsmarksarealen inom det undersökta området tilldelades värden på index inom intervallet $\pm 15\%$.

⁴⁴⁷ Blennow, K. & Eriksson, H. (2006). Riskhantering i skogsbruket. *Rapport 14-2006*. Skogsstyrelsen, 52 s.

⁴⁴⁸ Blennow, K. & Eriksson, H. (2006). Riskhantering i skogsbruket. *Rapport 14-2006*. Skogsstyrelsen, 52 s.

⁴⁴⁹ Reese, H., Nilsson, M., Sandström, P. & Olsson, H. (2002). Applications using estimates of forest parameters derived from satellite and forest inventory data. *Computers and Electronics in Agriculture* 37: 37–55.

⁴⁵⁰ Mortensen, N. G., Landberg, L., Troen, I. & Petersen, E. L. (1998). *Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP)*. RisØ National Laboratory, Roskilde, Danmark.



Figur SPS84 Andel skadad granskog mer än 15 m hög inom olika intervall av ett index framtaget med vindmodellen WASP (Mortensen m fl (1998)⁴⁵¹) och som uttrycker procentuell förändring av vindhastigheten till följd av variationer i markytans topografi (a). Andel av arealen granskog över 15 m inom olika intervall av index (b). Resultatet är framtaget för en area av 20 km x 25 km efter stormen Gudrun i Kronobergs län. Med granskog avses skog med en volymsandel gran om minst 70 %.

Skogens rumsliga struktur påverkar också vinden genom att höga vindhastigheter uppträder nära marken över exempelvis hyggen. Skog som angränsar till öppna ytor exponeras därför för höga vindhastigheter och dessutom påverkas luftflödet av kanten så att turbulens uppstår. Turbulensen kan ge upphov till stor belastning, och därmed skador, på träd längre in från kanten^{452 453}. Eftersom frekvensen starka vindar under en längre period normalt varierar mellan olika vindriktningar, påverkar en skogskants orientering dess exponering för stark vind. Preliminära resultat baserade på Skogsstyrelsens skillnadsanalys och kNN-data visar på ett statistiskt signifikant samband mellan utbredningen av skador och förekomsten av skogskanter. Dessutom påverkas beståndets stabilitet av hur skogen sköts, exem-

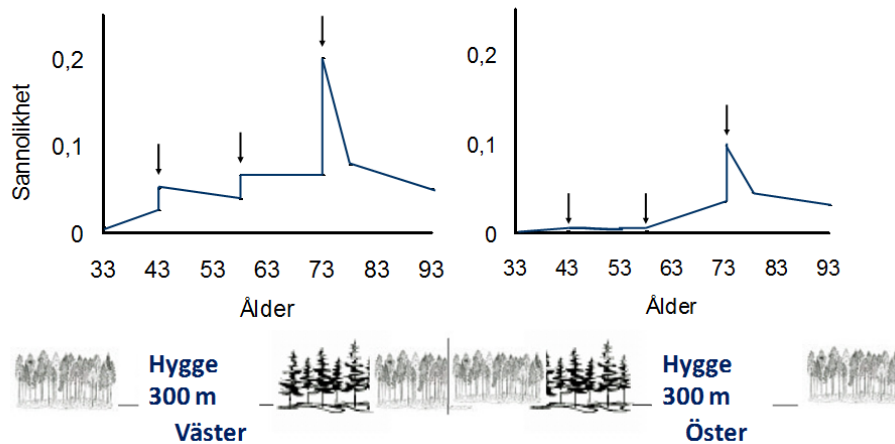
⁴⁵¹ Mortensen, N. G., Landberg, L., Troen, I. & Petersen, E. L. (1998). *Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP)*. RisØ National Laboratory, Roskilde, Danmark.

⁴⁵² Morse, A.P., Gardiner, B.A. & Marshall, B.J. (2002). Mechanisms controlling turbulence development across a forest edge. *Boundary-Layer Meteorology* 103: 227–251.

⁴⁵³ Gardiner, B. A., Marshall, B., Achim, A., Belcher, R. & Wood, C. (2005). The stability of different silvicultural systems: a wind tunnel investigation. *Forestry* 78: 471–484.

pelvis genom gallringsprogrammet där i synnerhet sena gallringar ökar beståndets vindkänslighet (figur SPS85)^{454 455 456}.

Sammantaget innebär detta att det går att påverka sannolikheten för vindfällning genom skötsel, planering och trädslagsval, och att det kan finnas än större anledning att anpassa skogsbruket på grund av klimatförändringarna.



Figur SPS85 Experiment gjort med datormodellen WINDA (Blennow & Sallnäs (2004)⁴⁵⁷) som visar hur sannolikheten för vindskada förändras över tiden för ett tänkt granbestånd och hur denna beror på mot vilken vindriktning beståndet är exponerat. Pilarna i figuren visar gallringstillfällena. Notera hur sannolikheten för vindfällning ökar efter gallring, i synnerhet efter sena gallringar. Källa: Blennow & Olofsson (2004)⁴⁵⁸.

⁴⁵⁴ Persson, P. (1975). Stormskador på skog – Uppkomstbetingelser och inverkan på skogliga åtgärder. Skogshögskolan, inst. för skogsproduktion. *Rapporter* nr 36, 294 s.

⁴⁵⁵ Gardiner, B.A., Stacey, G.R., Belcher, R.E. & Wood, C.J. (1997). Field and wind tunnel assessments of the implications of respacing and thinning for tree stability. *Forestry* 70: 233–252.

⁴⁵⁶ Nielsen, C.N. (2003). *Adaptive physiology and tree management*. KVL, Köpenhamn, Danmark. 140 s.

⁴⁵⁷ Blennow, K. & Sallnäs, O. (2004). WINDA – a system of models for assessing the probability of wind damage to forest stands within a landscape. *Ecol. Model.* 175: 87–99.

⁴⁵⁸ Blennow, K. & Olofsson, E. (2004). Kan man undvika stormskador? I: K. Blennow (red.). *Osäkerhet och aktiv riskhantering – aspekter på osäkerhet och risk i sydsvenskt skogsbruk*. s. 38–43.

Litteratur

- Aarnio, M. (1983). Selection and quality of winter food of the mountain hare in southern Finland. *Finn. Game Res.* 41: 57–65.
- Alexander, R.R. (1964). Minimizing windfall around clear cuttings in spruce-fir forests. *For. Sci.* 30: 130–142.
- Alexandersson, H. & Edquist, E. (2006). Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991–2005 med 1961–1990. *Faktablad* nr 29. SMHI, Norrköping.
- Alexandersson, H. & Vedin, H. (2002). Stormar det mera nu? SMHI. *Väder och Vatten*, 10:18.
- Andersson, B. & Danell, Ö. (1997). Is *Pinus sylvestris* resistance to pine twist rust associated with fitness costs or benefits? *Evolution*: 51 (6): 1808–1814.
- Andréon, H. & Angelstam, P. (1993). Moose browsing in Scots pine in relation to stand size and distance to forest edge. *J. Appl. Ecol.* 30: 133–142.
- Annala, E., Långström, B., Varama, M., Hiukka, R. & Niemelä, P. (1999). Susceptibility of defoliated Scots pine to spontaneous and induced attack by *Tomicus piniperda* and *Tomicus minor*. *Silva Fennica* 33: 93–106.
- Anon. 2005. Beredningsplan for bruk ved omfattande stormskader. Norges Skogeierforbund og Skogsbrand. *Report*. Juli 2005.
- Anon. (2007). Skogsskötsel för en framtid. *KSLAs tidskrift* nr 4, årgång 146.
- Anon. (2006). *Främmande trädslag – en naturlig del av svenskt skogsbruk*. PM Skogsindustrierna, 12 s.
- Ayres, M.P., & Lombardero, M.J. (2000). Assessing the consequences of climate change for forest herbivore and pathogens. *Sci. Total Env.* 262: 263–286.
- Bakys, R., Vasaitis, R., Barklund, P., Ihrmark, K. & Stenlid, J. (2009). Investigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathol.* 58: 284–292.
- Bakys, R., Vasaitis, R., Barklund, P., Thomsen, I. M. & Stenlid, J. (2009). Occurrence and pathogenicity of fungi in necrotic and non-symptomatic shoots of declining common ash (*Fraxinus excelsior*) in Sweden. *Eur. J. For. Res.* 128: 51–60.
- Ball, J.P., Danell, K. & Sunesson, P. (2000). Response of a herbivore community to increased food quality and quantity: an experiment with nitrogen fertiliser in a boreal forest. *J. Appl. Ecol.* 37: 247–255.
- Barklund, P. (2002). Ekskador i Europa. Skogsstyrelsen. *Rapport* 2002:1. Skogsstyrelsen.
- Baxter, R. & Hansson, L. (2001). Bark consumption by small rodents in the northern and southern hemispheres. *Mammal Rev.* 31: 47–59.
- Bendz-Hellgren, M. (1997). *Heterobasidion annosum* root and butt rot of Norway spruce, *Picea abies*: colonization by the fungus and its impact on tree growth. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae – Silvestria* 41.
- Bengtsson, G. (1976). *Skogs- och virkesskydd*. Sveriges skogsvårdsförbund, s. 58–78.
- Bergdahl, D.R. & Ward, T.M. (1984). Pruning as a silvicultural tool in the management of *Pinus resinosa* infected with *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P. D. (red.) *Scleroderris Canker of Conifers; Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983*. Martinus Nijhoff - Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 166–176.
- Bergh, J. (2006). Praktiskt tillämpade försök med gödsling i ungskog av gran. I: Slutrapport för fiberskogsprogrammet. Bergh, J & Oleskog, G. (red.) SLU, inst. för sydsvensk skogsvetenskap. *Arbetsrapport* Nr 27 2006. s. 18–37.
- Bergh, J., Blennow, K. (red.), Andersson, M., Olofsson, E., Nilsson, U., Sallnäs, O. & Karlsson, M. (2007). Effekter av ett förändrat klimat på skogen och im-

- plikationer för skogsbruket. Appendix B19 to ”Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter”. *Klimat- och sårbarhetsutredningen*, SOU 2007:60.
- Berglund, M. & Rönnberg, J. (2004). Effectiveness of treatment of Norway spruce stumps with *Phlebiopsis gigantea* at different rates of coverage for the control of *Heterobasidion*. *Forest Pathol.* 34: 233–243.
- Berglund, M., Carlsson, T. & Rönnberg, J. (2008). Infection of *Heterobasidion* spp. in late pre-commercial thinnings of *Picea abies* in southern Sweden. I: Garbelotto, M & Gonthier, P. (red.) *Proceedings of the 12th international conference on root and butt rots of forest trees*. Berkeley, California - Medford, Oregon. 268 s.
- Berglund, M., Rönnberg, J., Holmer, L. & Stenlid, J. (2005). Comparison of five strains of *Phlebiopsis gigantea* and two *Trichoderma* formulations for treatment against natural *Heterobasidion* spore infections on Norway spruce stumps. *Scand. J. For. Res.* 20: 12–17.
- Bergquist, J. (2001). Fälttest av viltskyddsmedel på lövplantor – slutrapport. *Rapport nr 4*, Asa försökspark, SLU.
- Bergquist, J., & Örlander, G. (1996). Browsing deterrent and phytotoxic effects of roe deer repellents on *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *Scand. J. For. Res.* 11: 145–152.
- Bergquist, J., Bergström, R. & Zakharenka, A. (2003). Responses of young Norway spruce (*Picea abies*) to winter browsing by roe deer (*Capreolus capreolus*): Effects on height growth and stem morphology. *Scand. J. For. Res.* 18: 368–376.
- Bergquist, J., Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Slash removal and deer browsing affects field vegetation on south Swedish clearcuts. *For. Ecol. Manage.* 115: 171–182.
- Bergqvist, G., Bergström, R. & Edenius, L. (2001). Patterns of stem damage by moose (*Alces alces*) in young *Pinus sylvestris* stands in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 16: 363–370.
- Bergström, R. & Bergqvist, G. (1997). Frequencies and patterns of browsing by large herbivores on conifer seedlings. *Scand. J. For. Res.* 12: 288–294.
- Bernhold, A. (2008). Management of *Pinus sylvestris* stands infected by *Gremmeniella abietina* – Aspects of tree survival, growth and regeneration after the severe outbreak in 2001. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 27. Umeå.
- Bernhold, A., Witzell, J. & Hansson, P. (2006). Effect of slash removal on *Gremmeniella abietina* incidence on *Pinus sylvestris* after clear-cutting in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 21: 489–495.
- Bingham, R.T. & Gremmen, J. (1971). A proposed international program for testing white pine blister rust resistance. *Eur. J. For. Path.* 1: 93–100.
- Björkman, C. & Eklund, K. (2004). Skörd stör biologisk kontroll av skadeinsekter. *Fakta Jordbruk* Nr 3.
- Björkman, E. (1948). Studier över snöskyttesvampens (*Phacidium infestans* Karst.) biologi samt metoder för snöskyttets bekämpande. *Medd. fr. Statens Skogsförsöksanstalt*, s. 1–129.
- Björkman, E. (1963). Resistance to snow blight (*Phacidium infestans* Karst.) in different provenances of *Pinus sylvestris* L. *Stud. For. Suec.* 5: 1–16.
- Björkman, E. (1971). Tests of the resistance of forest trees to parasitic fungi in Sweden. *Sveriges Skogsv. Forb. Tidskr.* 69 (5): 499–510.
- Björkman, E. (1973). Progress report on Swedish research on forest tree resistance to diseases. *Bulletin OEPP* 9: 17–21.
- Björkman, C., Barklund, P., Bergh, J., Bergström, R. & Hansson, L. (2006). Modul 2 Skogen. I: Sonesson, J. (red.) *Klimatet och skogen. KSLAs tidskrift* 145: 19–34.

- Blada, I. & Popescu, F. (2004). Genetic Research and Development of Five-Needle Pines (*Pinus subgenus Strobus*) in Europe: An Overview. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-32*, s. 51–60.
- Blennow, K. & Olofsson, E. (2004). Kan man undvika stormskador? I: K. Blennow (red.). *Osäkerhet och aktiv riskhantering – aspekter på osäkerhet och risk i sydsvenskt skogsbruk*. ISBN 91-576-6643-1. SUFOR. www.sufor.nu, s. 38–43.
- Blennow, K. & Olofsson, E. (2008). The probability of wind damage in forestry under a changed wind climate. *Climatic Change* 87: 347–360.
- Blennow, K. & Eriksson, H. (2006). Riskhantering i skogsbruket. *Rapport 14*. Skogsstyrelsen. 52 s.
- Blennow, K. & Sallnäs, O. (2004). WINDA – a system of models for assessing the probability of wind damage to forest stands within a landscape. *Ecol. Model.* 175: 87–99.
- Bonello, P., Heller, W. & Sanderman, H. (1993). Ozone effects on root-disease susceptibility and defence responses in mycorrhizal and non-mycorrhizal seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *New Phytol.* 124: 653–663.
- Boyce, J. S. (1941). Exotic trees and diseases. *J. For.* 39: 907–913.
- Boyce, J. S. (1951). Introduction of exotic trees. *Unasilva* 8.
- Boyce, J.S. (1961). *Forest pathology*. 3:e upplagan. New York, McGraw-Hill.
- Brandtberg, P.O., Johansson, M. & Seeger, P. (1996). Effects of season and urea treatment on infection of stumps of *Picea abies* by *Heterobasidion annosum* in stands on former arable land. *Scand. J. For. Res.* 11: 261–268.
- Breshears, D. D., Cobb, N. S., Rich, P.M., Price, K. P. & Allen, C. D. (2005). Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought. *PNAS* 102:15144–15148.
- Browne, F.G. (1968). *Pests and diseases of forest plantation trees*. Oxford: Clarendon Press. 1330 s.
- Bärring, L. & von Storch, H. (2004). Scandinavian storminess since about 1800. *Geophys. Res. Lett.* 31: L20202.
- Cederlund, G., Ljungqvist, H., Markgren, G. & Stålfelt, F. (1980). Foods of moose and roe-deer at Grimsö in central Sweden: results of rumen content analyses. *Viltrevy* 11: 169–247.
- Chou, C.K.S. (1991). Perspectives of disease threat in large-scale *Pinus radiata* monoculture – the New Zealand experience. *For. Path.* 21: 71–81.
- Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioac, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C.G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A. & Whetton, P. (2007). Regional Climate Projections. I: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & Miller, H.L. (red.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Christiansen, E. & Krokene, P. (1999). Can Norway spruce trees be "vaccinated" against attack by *Ips typographus*? *Agric. For. Entom.* 1: 185–187.
- Colautti, R.I., Ricciardi, A., Grigorovich, I.A. & MacIsaac, H.J. 2004. Is invasion success explained by the enemy release hypothesis? *Ecol. Lett.* 7: 721–733.
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson, P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J., Simberloff, D., Swanson, F.J., Stocks, B.J. & Wotton, B.M. (2001). Climate change and forest disturbances. *Bioscience* 51: 723–734.
- Desprez-Loustau, M.L. (1986). Physiology of in vitro germination of *Melampsora pinitorqua* Rostr. Basidiospores; consequences for the understanding of the infections process. *Eur. J. For. Path.* 16: 193–206.

- Desprez-Loustau, M.L. (1990). A cut-shoot bioassay for assessment of *Pinus pinaster* susceptibility to *Melampsora pini-torqua*. *Eur. J. For. Path.* 20: 386–391.
- Desprez-Loustau, M.-L. & Dupuis, F. (1992). A time-course study of teliospore germination and basidiospore release in *Melampsora pini-torqua*. *Mycol. Res.* 96: 442–446.
- Desprez-Loustau, M.-L. & Dupuis, F. (1994). Variation in the phenology of shoot elongation between geographic provenances of maritime pine (*Pinus pinaster*) – implications for the synchrony with the phenology of the twisting rust fungus, *Melampsora pini-torqua*. *Ann. Sci. For.* 51: 553–568.
- Donaubauer, E. (1972). Distribution and hosts of *Scleroderris lagerbergii* in Europe and North America. *Eur. J. For. Path.* 2: 6–11.
- Dorworth, C. (1972). Epidemiology of *Scleroderris lagerbergii* in central Ontario. *Can. J. Bot.* 50: 751–765.
- Egnell, G., Hyvönen, R., Högbom, L., Johansson, T., Lundmark, T., Olsson, B., Ring, E. & von Sydow, F. (2007). Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. *Energimyndigheten Rapport* 2007:40.
- Ehnström, B. & Axelsson, R. (2002). *Insektsnag i bark och ved*. Artdatabanken, SLU, Uppsala.
- Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1990). *Skadegörare i skogen*. LTs förlag, Stockholm. 355 s.
- Forslund, K.H. (1960). Studier över lilla tallstekeln, *Diprion pallipes* (Fall.). *Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut* 49:8.
- French, W.J. & Silverborg, S.-B. (1967). *Scleroderris* canker of red pine in New York state plantations. *Plant Dis. Rep.* 51: 108–109.
- Gardiner, B.A., Marshall, B., Achim, A., Belcher, R. & Wood, C. (2005). The stability of different silvicultural systems: a wind tunnel investigation. *Forestry* 78: 471–484.
- Gardiner, B., Peltola, H. & Kellomäki, S. (2000). Comparison of two models for predicting the critical wind speeds required to damage coniferous trees. *Ecol. Model.* 129: 1–23.
- Gardiner, B.A., Stacey, G.R., Belcher, R.E. & Wood, C.J. (1997). Field and wind tunnel assessments of the implications of respacing and thinning for tree stability. *Forestry* 70: 233–252.
- Gartland, K.M.A., Crowl, R.M., Fenning, T.M. & Gartland, J.S. (2003). Genetically modified trees: production, properties and potential. *J. Arboric.* 29: 259–266.
- Ghelardini, L. (2007). Bud burst phenology, dormancy release and susceptibility to Dutch Elm Disease in elms (*Ulmus* spp.). *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 134.
- Gill, R.M.A. (1992). A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry* 65: 145–169.
- Glöde, D., Bergström, R. & Pettersson, F. (2004). Intäktsförluster på grund av äldbetning av tall i Sverige. *SkogForsk Arbetsrapport* 570. 30 s.
- Gref, R. (1987). Resin acids and resistance of *Pinus sylvestris* to *Melampsora pini-torqua*. *Eur. J. For. Path.* 17: 227–230.
- Gråberg, M. & Tynelius, S. (1993). Holländsk almsjuka. *Faktablad om Växtskydd* 93 T, SLU.
- Hakulinen, J. (1998). Nitrogen-induced reduction in leaf phenolic level is not accompanied by increased rust frequency in a compatible willow (*Salix myrsinifolia*) – *Melampsora* rust interaction. *Physiol. Plant.* 102: 101–110.
- Hamelin, R. (2005). Forest Pathology in the Era of Genomics. I: Lundquist, J.E. & Hamelin, R.C (red.), *Forest Pathology – From Genes to Landscapes*, s. 1–9. APS Press.

- Hamelin, R.C., Lecours, N., Hansson, P., Hellgren, M. & Laflamme, G. (1996). Genetic differentiation within the European race of *Gremmeniella abietina*. *Mycol. Res.* 100: 49–56.
- Hannerz, M. (1994). Winter injuries to Norway spruce observed in plantations and a seed orchard. Skogforsk. *Report* nr 6, Uppsala. 22 s.
- Hansson, L. (1994). Bark consumption by voles in relation to geographical origin of tree species. *Scand. J. For. Res.* 9: 288–296.
- Hansson, L. (2002a). Consumption of bark and seeds by voles in relation to habitat and landscape structure. *Scand. J. For. Res.* 17: 28–34.
- Hansson, L. (2002b). Dynamic and trophic interactions of small rodents: landscape or regional effects on spatial variation. *Oecologia* 130: 259–266.
- Hansson, P. (1996). *Gremmeniella abietina* in northern Sweden : silvicultural aspects of disease development in the introduced *Pinus contorta* and in *Pinus sylvestris*. *Acta Universitas Agriculturae Sueciae. Silvestria* 10. Umeå.
- Hansson, P. (2006). Effects of small tree retention and logging slash on snow blight growth on Scots pine regeneration *For. Ecol. Man.* 236: 368–374.
- Hansson, P., Persson, M. & Ekvall, H. (2005). An estimation of economical loss due to the *Gremmeniella abietina* outbreak in Sweden 2001-2003. I: Stanosz, G.R. & Stanosz, J.C. (red.), *Foliage, Shoot and Stem Diseases*. Proceedings of a IUFRO Working Party, June 13–19. 2004, Corvallis, Oregon, USA, s. 67-69.
- Hantula, J., Kasanen, R., Kaitera, J. & Moricca, S. (2002). Analyses of genetic variation suggest that pine rusts *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* belong to the same species. *Mycol. Res.* 106: 203–209.
- Harvell, C.D., Mitchell, C.E., Ward, J.R., Altizer, S., Dobson, A.P. Ostfeld, R.S. & Samuel M.D. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296: 2158–2162.
- Heikkilä, R. & Löyttyniemi, K. (1992). Growth responses of young Scots pines to artificial shoot breaking simulation moose damage. *Silva Fenn.* 26: 19–26.
- Heiska, S., Tikkanen, O.-P., Rousi, M. & Julkunen-Tiitto, R. (2007). Bark salicylates and condensed tannins reduce vole browsing amongst cultivated dark-leaved willows (*Salix myrsinifolia*). *Chemoecology* 17: 245–253.
- Hellgren, M. & Barklund, P. (1992). Studies of the life-cycle of *Gremmeniella abietina* on Scots pine in southern Sweden. *Eur. J. For. Path.* 22: 300–311.
- Hellgren, M. & Högberg, N. (1995). Ecotypic variation of *Gremmeniella abietina* in northern Europe – disease patterns reflected by DNA variation. *Can. J. Bot.* 73: 1531–1539.
- Hewson, R. (1977). Browsing by mountain hares *Lepus timidus* on trees and shrubs in north-east Scotland. *J. Zool.* 182: 168–171.
- Highley, T.L. & Illman, B.L. (1991). Progress in understanding how brown rot fungi degrade cellulose. *Biodet. Abstr.* 5: 231–244.
- Hjältén, J. & Palo, T. (1992). Selection of deciduous trees by free-ranging voles and hares in relation to plant chemistry. *Oikos* 63: 477–484.
- Hjältén, J., Lindau, A., Wennström, A., Blomberg, P., Witzell, J. & Hurry, W. (2007). Unintentional changes of defense traits in GM trees can affect plant-herbivore interactions. *Basic Appl. Ecol.* 8: 434–443.
- Hjältén, J., Lindau, A., Wennström, A., Blomberg, P., Witzell, J. & Hurry, W. (2008). Vole response to unintentional changes in the chemistry of GM poplars. *Chemoecology* 18: 227–231.
- Hofmann, R.R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78: 443–457.
- Holmberg, L.-E. (2005). Sammanställning av stormskador på skog i Sverige under de senaste 210 åren. *Rapport* 9–2005. Skogsstyrelsen. 14 s.
- Holmes, T. P. (1991). Price and welfare effects of catastrophic forest damage from Southern Pine Beetle epidemics. *For. Sci.* 37:500–516.

- Houston, D.R. (1994). Major new tree disease epidemics: beech bark disease. *Annu. Rev. Phytopath.* 32: 75–87.
- Hubbes, M. (1999). The American elm and Dutch elm disease. *For. Chron.* 75: 265–273.
- Hunt, R. S. (1982). White pine blister rust in British Columbia. I. The possibilities of control by branch removal. *For. Chron.* 58: 136–138.
- Hägglund, B. & Lundmark, J-E. (1977). Site index estimation by means of site properties. Scots pine and Norway spruce in Sweden. *Stud. For. Suec.* 138. 38 s.
- Hägglund, B. & Lundmark, J-E. (1982). Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. Del 2. Diagram och tabeller. Skogsstyrelsen. Jönköping
- Härkönen, S. (1998). Effects of silvicultural cleaning in mixed pine-deciduous stands on moose damage to Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Scand. J. For. Res.* 13: 429–436.
- Höglund, S., Eklund, K. & Björkman, C. 1999. Insektsskadegörare i Salixodlingar – bladbaggar. *Växtskyddsnotiser* 63: 20–26.
- Iason, G. & Palo, T. (1991). Effects of birch phenolics on a grazing and a browsing mammal: a comparison of hares. *J. Chem. Ecol.* 17: 1733–1744.
- Jansson, S. & Douglas, C.J. (2007). Populus: a model system for plant biology. *Annu. Rev. Plant Biol.* 58: 435–458.
- Jia, J., Niemelä, P. & Danell, K. (1995). Moose (*Alces alces*) bite diameter selection in relation to twig quality on four phenotypes of Scots pine *Pinus sylvestris*. *Wildlife Biol.* 1: 47–55.
- Johansson, A., Liberg, O. & Wahlström, L.K. (1995). Temporal and physical characteristics of scraping and rubbing in roe deer (*Capreolus capreolus*). *J. Mammal.* 76: 123–129.
- Johansson, K. & Pettersson, N. (1997). Effect of initial spacing on biomass production, butt rot frequency and graded yield of *Picea abies* (L.) Karst. I: Johansson, K. *Effect of early competition on wood properties of Norway spruce. Acta Universitatis Agriculturae Suecia, Silvestria* 19.
- Jukka, L. (red.) 1988. *En bok om skogens hälsa: skogsskador och bekämpning av dem*. ISBN 951-9176-45-4. Helsingfors. 168 s.
- Juzwik, J., Harrington, T.C., MacDonald, W.L. & Appel, D.N. (2008). The Origin of *Ceratocystis fagacearum*, the Oak Wilt Fungus. *Annu. Rev. Phytopathol.* 46: 13–26.
- Jönsson U. (2004). *Phytophthora and Oak Decline – Impact on seedlings and mature trees in forest soils*. Avhandling. Lunds Universitet.
- Kaitera, J. (2002). Short-term effect of thinning on *Pinus sylvestris* damage and sporulation caused by *Cronartium flaccidum*. *Scand. J. For. Res.* 17: 158–165.
- Kaitera, J. (2003). Susceptibility and lesion development in Scots pine saplings infected with *Peridermium pini* in northern Finland. *For. Path.* 33: 353–362.
- Kaitera, J. (2007). Effect of tree susceptibility on *Peridermium pini* lesion development and sporulation on Scots pine. *Balt. For.* 13: 45–53.
- Kaitera, J. & Jalkanen, R. (1992). Disease history of *Gremmeniella abietina* in a *Pinus sylvestris* stand. *Eur. J. For. Path.* 22: 371–378.
- Kaitera, J. & Jalkanen, R. (1994). The history of shoot damage by *Tomicus* spp. (Col., Scolytidae) in a *Pinus sylvestris* L. stand damaged by the shoot-disease fungus *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet. *J. Appl. Entom.* 117: 307–313.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. (2003). *Cronartium flaccidum* produces uredinia and telia on *Melampyrum nemorosum* and on Finnish *Vincetoxicum hirundinaria*. *For. Path.* 33: 205–213.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. (2008). Inoculations of eight *Pinus* species with *Cronartium* and *Peridermium* stem rusts. *For. Ecol. Man.* 255: 973–981.

- Kaitera, J., Hantula, J. & Jalkanen, R. (1997). Development of fruiting bodies of large tree type of *Gremmeniella abietina* var. *abietina* and timing of infection on Scots pine in northern Finland. *Eur. J. For. Path.* 27: 115–124.
- Kallio, T. (1970). Aerial distribution of the root-rot fungus *Fomes annosus* (Fr.) Cooke in Finland. *Acta For. Fenn.* 107: 1–55.
- Kardell, L. (2000). Har vi sett några resultat av ett sekels viltskadedebatt? *Skog & Forskning* 2: 28–34.
- Karlman, M. (1980). Skador på *Pinus contorta* i norra Sverige 1979. *Sveriges Skogsförbunds Tidskrift* 1980–3.
- Karlman, M. (1984). *Pathogens and other threats to Pinus contorta in northern Sweden*. Avhandling. Umeå Universitet. 212 s.
- Karlman, M. (1986). Damage to *Pinus contorta* in northern Sweden with special emphasis on pathogens. *Stud. For. Suec.* 176. 42 s.
- Karlman, M. (2001). Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with respect to pathogens. *For. Ecol. Man.* 141: 97–105.
- Karlman, M., Hansson, P. & Witzell, J. (1994). Scleroderis canker on lodgepole pine introduced in northern Sweden. *Can. J. For. Res.* 24: 1948–1959.
- Karlsson, P. S., Bylund, H. & Tenow, O. (2004). Fjällbjörkskogen – ett helt ekosystem som styrs av en liten fjärril. *Svensk Bot. Tidskr.* 98: 162–172.
- Klingström, A. (1963). *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. – Pine twisting rust: some experiments in resistance-biology. *Stud. For. Suec.* 6. 23 s.
- Klingström, A. (1969). *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. on progenies of *Pinus sylvestris* L. and in relation to growth regulating substances. *Stud. For. Suec.* 69. 76 s.
- Kohh, E. (1964). Om tallens knopp- och grentorka och dess bekämpning. *Skogen.* 51: 200–203.
- Korhonen, K., Capretti, P., Karjalainen, R. & Stenlid, J. (1998). Distribution of *Heterobasidion annosum* intersterility groups in Europe. I: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R. & Hüttermann A. (red.), *Heterobasidion annosum: Biology, ecology, impact and control*. CAB International, s. 93-104.
- Kowalski, T. (2006). *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *For. Path.* 36: 264–270.
- Krokene, P., Solheim, H. & Långström, B. (2000). Fungal infection and mechanical wounding induce disease resistance in Scots pine. *Eur. J. Plant Pathol.* 106: 537–541.
- Krokene, P., Solheim, H. & Christiansen, E. (2001). Induction of disease resistance in Norway spruce (*Picea abies*) by necrotizing fungi. *Plant Pathol.* 50: 230–233.
- Kujala, V. (1950). Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 38: 1–121.
- Kurkela, T. (1973a). Epiphytology of *Melampsora* rusts of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Aspen (*Populus tremula* L.). *Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja.* 79. 68 s.
- Kurkela, T. (1973b). Release and germination of basidiospores of *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. and *M. larici-tremulae* Kleb. at various temperatures. *Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja* 78. 22 s.
- Kurz, W.A., Dymond, C.C., Stinson, G., Rampley, G.J., Neilson, E.T., Carroll, A.L., Ebata, T. & Safranyik, L. (2008). Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature* 452: 987–990.
- Kytö, M. & Korhonen, K. (2001). Energiapuun korjuu ja metsätuhot. I: Nurmi, J. & Kokko, A. (red.): *Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 816: 59–65.
- Kytö, M., Niemelä, P. & Larsson, S. (1996). Insects on trees: Population and individual responses to fertilization. *Oikos* 75: 148-159.

- La Porta, N., Capretti, P., Thomsen, I.M., Kasanen, R., Hietala, A.M. & von Weisenberg, K. (2008). Forest pathogens with higher damage potential due to climate change in Europe. *Can. J. Plant Pathol.* 30: 177–195.
- Laflamme, G. (1991). *Scleroderris* canker on pine. *Information Leaflet LFC 3*. Forestry Canada, Quebec, Canada. 12 s.
- Laflamme, G., Rioux, D., Simard, M., Bussières, G. & Mallett, K. (2006). Resistance of *Pinus contorta* to the European race of *Gremmeniella abietina*. *For. Path.* 36: 83–96.
- Lagerberg, T. 1945. *Skoglig mykologi*. Skoghögskolans Studentkårs Kompendie-kommitté. 229 s.
- Lemmetyinen, J., Keinonen, K. & Sapanen, T. (2004). Molecular prevention of the flowering of a tree, silver birch. *Mol. Breed.* 13: 243–249.
- Lennartsson, T. & Simonsson, L. (2007). Biologisk mångfald och klimatförändringar. *Centrum för Biologisk Mångfald publikationer*. Tillgänglig på: <http://www.cbm.slu.se/publ/annat/bmochklimat.pdf> (datum 2009-01-19).
- Lindelöw, Å. (1993). Svart granbastborren – betydelsefull skadegörare i granplanteringar. *Skogsfakta 2/1993*.
- Lindén, M. & Vollbrecht, G. (2002). Sensitivity of *Picea abies* to butt rot in pure stands and in mixed stands with *Pinus sylvestris* in southern Sweden. *Silva Fenn.* 36: 767–778.
- Lindlöf, B., Lindström, E. & Pehrson, Å. (1974). On activity, habitat selection and diet of the mountain hare (*Lepus timidus* L.) in winter. *Viltrevy* 9: 27–43.
- 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, G., Bishop, K. & Ottosson Löfvenius, M. (2002). Soil frost and runoff at Svartberget, northern Sweden – measurements and model analysis. *Hydrol. Process.* 16: 3379–3392.
- Lohmander, P. & Helles, F. (1987). Windthrow probability as a function of stand characteristics and shelter. *Scand. J. For. Res.* 2: 227–238.
- Longo, N., Moriondo, F. & Longo, B.N. (1980). Some aspects of biology of *Melampsora pinitorqua* Rostr. in Italy, also compared to other European countries. I: Powers, H.R., Grasso, V. & Raddi, P. (red.): Rusts of hard pines. Proceedings of the meeting of IUFRO working group S2.06.10, September 5–7, 1979, Florence, Italy. *Phytopath. Mediterranea* 19: 30–34.
- Longo, N., Moriondo, F. & Naldini, B. (1970). Biology and epidemiology of *Melampsora pinitorqua* (1). *Ann. Accad. Ital. Sci. For.* 19: 83–175.
- Longo, N., Moriondo, F. & Naldini-Longo, B. (1976). Germination of teleospores of *Melampsora pinitorqua* Rostr. *Eur. J. For. Path.* 6: 12–18.
- Lousteau, D. (2004). *Rapport final du projet Séquestration de Carbone dans les grands différents scénarios climatiques et sylvicoles*. (Tillgänglig på: <http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/final-7-01.pdf> (datum 2008-01-19)).
- Lousteau, D., Ogée, J., Dufrière, E., Déque, M., Dupouey, J.-L., Badeau, V., Vivovy, N., Ciais, P., Desprez-Loustau, M.L., Roques, A., Chuine, I. & Mouillot, F. (2007). Impacts of climate change on temperate forests and interaction with management. I: Freer-Smith, P.H., Broadmeadow, B.S.J. & Lynch, J.M. (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s.143-150.
- Lovett, G.M., Canham, C.D., Arthur, M.A., Weathers, K.C. & Fitzhugh, R.D. (2006). Forest ecosystem responses to exotic pests and pathogens in Eastern North America. *Bioscience* 56: 395–405.
- Lundquist, J.E. (2005). Landscape Pathology – Forest Pathology in the Era of Landscape Ecology. I: Lundquist, J.E. & Hamelin, R.C (red.), *Forest Pathology – From Genes to Landscapes*, s. 155–165. APS Press.
- Lundqvist, L. 2005. *Blådningsbruk*. SLU, Inst. för skogsskötsel. *Rapporter* 61. ISSN 0348-8969.

- Långström, B. (1981). Märgborreskadorna – ett skogsskyddsproblem. *Skogsfakta* 2/1981.
- Långström, B. (1991). Märgborreskadornas inverkan på tallens tillväxt och fysiologi. *Skogsfakta* 19/1991.
- Långström, B. (1992). Märgborreskadorna och tillväxtförluster efter tre års lagring av obarkat barrvirke. *Skogsfakta* 15/1992.
- Långström, B. (2006). Insekts- och svampskador efter stormen. I: Agestam, E., Bergquist, J., Bergqvist, G., Johansson, K., Langvall, O., Långström, B. & Petersson, M. Stormskadad skog – föryngring, skador och skötsel. *Meddelande* 9–2006, s. 43–60. Skogsstyrelsen.
- Långström, B. (2006). Insektskadorna, svampsjukdomar och brand. I: Stormen 2005 – en skoglig analys. *Meddelande* 1–2006, s. 79–84. Skogsstyrelsen.
- Långström, B. & Solheim, H. (2001). Vem dödar trädet – märgborren eller dess blånadssvamp? *Fakta Skog* 11/2001.
- Magnusson, T. (2008). Skogsbruk – mark och vatten. *Skogsskötselserien* nr 13. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.
- Mahmood, S., Finlay, R.D. & Erland, S. (1999). Effects of repeated harvesting of forest residues on the ectomycorrhizal community in a Swedish spruce forest. *New Phytol.* 142: 577–585.
- Martinsson, O. & Nilsson, B. (1987). The impact of *Cronartium flaccidum* on the growth of *Pinus sylvestris*. *Scand. J. For. Res.* 2: 349–357.
- Martinsson, O. (1980). Testing Scots pine for resistance to pine twist rust. I: Weisenberg, K. von & Kurkela, T. (red.): Proceedings of the meeting of the IUFRO working party S2.05, resistance in pines to *Melampsora pinitorqua*, June 1979, Suonenjoki, Finland. *Folia Forestalia* s. 25-31.
- Martinsson, O. (1985). The influence of pine twist rust (*Melampsora pinitorqua*) on growth and development of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Eur. J. For. Path.* 15: 103–110.
- Martinsson, O. (1987). Scots pine resistance to pine twist rust – conformity between the resistance found in an artificial environment and field trials. *Silv. Gen.* 36: 15–21.
- Mattila, U., Jalkanen, R. & Nikula, A. (2001). *For. Ecol. Manage.* 142: 89–97.
- Mattsson, L., Boman, M. & Ericsson, G. (2008). Jakten i Sverige – Ekonomiska värden och attityder jaktåret 2005/06. *Adaptiv förvaltning av vilt och fisk: Rapport* nr 1.
- Mattson-Mårn, L. & Nenzell, G. (1941). Studier över snöskytteangrepp inom tallföryngringar. *Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr.* s. 160-191.
- McCracken, A. & Dawson, M. (1997). Growing clonal mixtures of willow to reduce effect of *Melampsora epitea* var. *epitea*. *Eur. J. For. Path.* 27: 319–329.
- McCracken, A., Dawson, M. W. & Carlisle, D. (2005). Short-rotation coppice willow mixtures and rust disease development. I: Pei, M.H. & McCracken, A. (red.), *Rust Diseases of Willows and Poplars*. CABI Publishing, s. 185-194.
- McDonald, B.A. & Linde, C. (2002). Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40: 349–379.
- Mellander P.-E., Laudon, H. & Bishop, K. (2005). Modelling variability of snow depths and soil temperatures in Scots pine stands. *Agric. For. Meteorol.* 133: 109–118.
- Molnar, A. C. & Sivak, B. (1964). *Melampsora* infection of Pine in British Columbia. *Can. J. Bot.* 42: 145–58.
- Morse, A.P., Gardiner, B.A. & Marshall, B.J. (2002). Mechanisms controlling turbulence development across a forest edge. *Boundary-Layer Meteorol.* 103: 227–251.
- Mortensen, N.G., Landberg, L., Troen, I. & Petersen, E.L. (1998). *Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP)*. RisØ National Laboratory, Roskilde, Danmark.

- Motta, R. & Nola, P. (1996). Fraying damages in the subalpine forest of Paneveggio (Trento, Italy): a dendroecological approach. *For. Ecol. Manage.* 88: 81–86.
- Müller, M., Heinonen, J. & Korhonen, K. (2007). Occurrence of *Heterobasidion* basidiocarps on cull pieces of Norway spruce left on cutting areas and in mature spruce stands. *For. Path.* 37: 374–386.
- Mårtensson, S. (2007). Förekomst av rotticka i första generationens lärk på tidigare betes- och åkermark. *Examensarbete*. Institutionen för Sydsvensk skogsvetenskap, SLU, Alnarp. 20 s.
- Nabatov, N.M. (1968). Influence of grass cover on expanding of pine pathology caused by *Melampsora pinitorqua* Rostr. in pine cultures. *Lesovedeije*, s. 91–94.
- Nielsen, C.N. (2003). *Adaptive physiology and tree management*. KVL, Köpenhamn, Danmark. 140 s.
- Niemelä, P., Lindgren, M. & Uotila, A. (1992). The effect of stand density on the susceptibility of *Pinus sylvestris* to *Gremmeniella abietina*. *Scand. J. For. Res.* 7: 129–133.
- Nikula, A., Hallikainen, V., Jalkanen, R., Hyppönen, M. & Mäkitalo, K. (2008). Modelling the factors predisposing Scots pine to moose damage in artificially regenerated sapling stands in Finnish Lapland. *Silva Fenn.* 42: 587–603.
- Nilsson, C. (2008). *Windstroms in Sweden – variations and impacts*. Meddelanden från Lunds universitets Geografiska institution. Avhandlingar 179.
- Nilsson, C., Stjernquist, I., Barring, L., Schlyter, P., Jönsson, A.M. & Samuelsson, H. (2004). Recorded storm damage in Swedish forests 1901–2000. *For. Ecol. Manag.* 199: 165–173.
- Nordén, B., Götmark, F., Tönning, M. & Ryberg, M. (2004). Dead wood in semi-natural temperate broadleaved woodland: contribution of coarse and fine dead wood, attached dead wood and stumps. *For. Ecol. Manage.* 194: 235–248.
- Nordlander, G. (1987). Doftfällor för snytbaggas – en möjlighet att förutsäga skaderisker? *Skogsfakta*, serien Biologi Skogsskötsel 39/1987: 6 s.
- Nordlander, G., Bylund, H., Örlander, G. & Wallertz, K. (2003). Pine wee-vil population density and damage to coniferous seedlings in a regeneration area with and without shelterwood. *Scand. J. For. Res.* 18: 438–448.
- Nordlander, G., Nordenhem, H. & Hellqvist, C. (2009). A flexible sand coating (Conniflex) for the protection of conifer seedlings against damage by the pine weevil, *Hylobius abietis*. *Agr. For. Entomol.* 11: 91–100.
- Olofsson, E. (1985). Tallsteklarna – våra vanligaste barrätande insekter. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 2-1985.
- Olofsson, E. (1988). Virusbekämpning av röda tallstekeln – förutsättningar och möjligheter. *Skogsfakta* 54/1988.
- Olofsson, E. (1989). Röda tallstekeln – biologi, skoglig betydelse, åtgärder. *Skogsfakta* 58/1989.
- Olofsson, E. (2006). Supporting management of the risk of wind damage in south Swedish forestry. *Acta Univ. Agric. Suec.* 46.
- Ottosson Löfvenius, M. (1993). *Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area*. SLU, inst. för skogsekologi. Avhandling.
- Palm, S. & Ryman, N. (2006). Ekologiska effekter av GMO. En kunskapssammanställning med fokus på genspridning från raps, skogsträd och fisk. Naturvårdsverket. *Rapport* 5597.
- Palo, T., Anderson, S.K. & Iason, G. (1993). Niche separation in two species of hare. Metabolic costs of plant phenolics. *Chemoecology* 4: 153–157.
- Parry, D., Herms, D.A. & Mattson, W.J. (2003). Responses of an insect folivore and its parasitoids to multiyear experimental defoliation of aspen. *Ecology* 84: 1768–1783.

- Pasonen, H.-L., Degefu, Y., Brumós, J., Lohtander, K., Pappinen, A., Timonen, S. & Seppänen, S.-K. (2005). Transgenic *Betula pendula* expressing sugar beet chitinase IV forms normal ectomycorrhizae with *Paxillus involutus* in vitro. *Scand. J. For. Res.* 20: 385–392.
- Pasonen, H.-L., Seppänen, S. K., Degefu, Y., Rytönen, A., von Weissenberg, K. & Pappinen, A. (2004). Field performance of chitinase transgenic silver birches (*Betula pendula*): Resistance to fungal diseases. *Theor. Appl. Gen.* 109: 562–570.
- Patton R.F., Spear, R.N. & Blenis, P.V. (1984). The mode of infection and early stages of colonization of pines by *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Path.* 14: 193–202.
- Peltola, H., Kellomäki, S., Hassinen, A. & Granander, M. (2000). Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. *For. Ecol. Manag.* 135: 143–153.
- Persson, P. (1975). Stormskador på skog – Uppkomstbetingelser och inverkan på skogliga åtgärder. Skogshögskolan, inst. för skogsproduktion. *Rapporter* 36, 294 s.
- Petersson, M. (2009). Storskaligt försök med mekaniska plantskydd mot snytbagge – slutrapport. *Rapport nr 1-2009 SLU*. Asa försökspark, 23 s.
- Petersson, M. & Örlander, G. (2003). Effectiveness of combinations of shelterwood, scarification, and feeding barriers to reduce pine weevil damage. *Can. J. For. Res.* 33: 64–73.
- Petersson, M., Örlander, G. & Nilsson, U. (2004). Feeding barriers to reduce damage by pine weevil (*Hylobius abietis*). *Scand. J. For. Res.* 19: 48–59.
- Petersson, M., Örlander, G. & Nordlander, G. (2004). Soil features affecting damage to conifer seedlings by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forestry* 78: 83–92.
- Petersson, M., Örlander, G. & Nordlander, G. (2005). Soil features affecting damage to conifer seedlings by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forestry* 78: 83–92.
- Petersson, B. & Samuelsson, H. (1995). *Skador på barrträd*. Skogsstyrelsens förlag. 304 s. ISBN 91-88462-22-6.
- Petersson, M., Rönnberg, J., Vollbrecht, G. & Gemmel, P. (2003). Effect of thinning and *Phlebiopsis gigantea* stump treatment on the growth of *Heterobasidion parviporum* inoculated in *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 18: 362–367.
- Piri, T. (1998). Effects of vitality fertilization on the growth of *Heterobasidion annosum* in Norway spruce roots. *Eur. J. For. Path.* 28: 391–397.
- Piri, T. (2003). *Silvicultural control of Heterobasidion root rot in Norway spruce forests in southern Finland*. PhD thesis, Helsinki Univ., Finland.
- Piri, T., Korhonen, K. & Sairanen, A. (1990). Occurrence of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed spruce stands in southern Finland. *Scand. J. For. Res.* 5: 113–125.
- Pratt, J.E. & Thor, M. (2001). Improving mechanised stump protection against *Fomes* root rot in Europe. *Quart. J. For.* 95: 119–127.
- Pukkala, T., Möykkynen, T., Thor, M., Rönnberg, J. & Stenlid, J. (2005). Modeling infection and spread of *Heterobasidion annosum* in even-aged Fennoscandian conifer stands. *Can. J. For. Res.* 35: 74–85.
- Quine, C. P. (1995). Assessing the risk of wind damage to forests: practice and pitfalls. I: *Wind and Trees*. Coutts, M.P. & Grace, J. (red.). Cambridge, Cambridge University Press, s. 379–403.
- Read, D. J. (1968). Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenicity in an epidemic disease of pines. *New Phytol.* 67: 39–48.
- Reese, H., Nilsson, M., Sandström, P. & Olsson, H. (2002). Applications using estimates of forest parameters derived from satellite and forest inventory data. *Computers and Electronics in Agriculture* 37: 37–55.

- Rishbeth J. (1951). Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations. II. Spore production, stump infection and saprophytic activity in stumps. *Ann. Bot.* 15: 1–21.
- Rishbeth, J. (1959). Dispersal of *Fomes annosus* Fr. and *Peniophora gigantea* (Fr.) Masee. *Transact. Brit. Mycol. Soc.* 42: 243–260.
- Rizzo, D.M., Garbelotto, M., Davidson, J.M., Slaughter, G.W. & Koike, S. (2002). *Phytophthora ramorum* as the cause of extensive mortality of *Quercus* spp. and *Lithocarpus densiflorus* in California. *Plant Dis.* 86: 205–214.
- Rizzo, D.M., Garbelotto, M. & Hansen, E.M. (2005). *Phytophthora ramorum*: integrative research and management of an emerging pathogen in California and Oregon forests. *Annual Rev. Phytopathol.* 43: 309–335
- Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. (1973). *Scleroderris lagerbergii* in Norway. Hosts, distribution, perfect and imperfect state, and mode of attack. *Medd. Norske Skogsforsoksvesen* 30: 442–459.
- Rosvall, O. (2007) Produktionspotentialen är betydligt högre än dagens tillväxt. I: Skogsskötsel för framtiden. *KSLAs tidskrift* nr 4, årgång 146, s. 13–30.
- Rouault, G., Candau, J.-N., Lieutieur, F., Nageleisen, L.-M., Martin, J.-C. & Warzé, N. (2006). Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Ann. For. Sci.* 63: 613–624.
- Rummukainen, M., Bergström, S., Persson, G., Rodhe, J. & Tjernström, M. (2004). The Swedish Regional Climate Modelling Programme, SWECLIM: a review. *Ambio* 33: 176–182.
- Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelsson, P. & Willén, U. (2004). European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Clim. Dynam.* 22: 13–31.
- Rönnerberg, J. (1999). Incidence of root and butt rot in consecutive rotations, with emphasis on *Heterobasidion annosum* in Norway spruce. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae – Silvestria* 96.
- Rönnerberg, J. & Vollbrecht, G. (1999). Early infection by *Heterobasidion annosum* in *Larix × eurolepis* seedlings planted on infested sites. *Eur. J. For. Path.* 29: 81–86.
- Rönnerberg, J., Vollbrecht G. & Thomsen I.M. (1999). Incidence of butt rot in a tree species experiment in Northern Denmark. *Scand. J. For. Res.* 14: 234–239.
- Rönnerberg, J., Petrylaité, E., Nilsson, G. & Pratt, J. (2006). Two studies to assess the risk to *Pinus sylvestris* from *Heterobasidion* spp. in southern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 21: 405–413.
- Rönnerberg, J., Berglund, M. & Johansson, U. (2007). Incidence of butt rot at final felling and at first thinning of the subsequent rotation of Norway spruce stands in South-Western Sweden. *Silva Fenn.* 41: 639–648.
- Samuelsson, H. & Örlander, G. (2001). Skador på skog. *Rapport* 80–2001. Skogsstyrelsen.
- Saville, P.S. (1983). Silviculture in windy climates. *For. Abs.* 44: 473–488.
- Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.J. & Schuck, A. (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9: 1620–1633.
- Schwartz, F.W., Engels, J. & Matheck, C. (2000). *Fungal strategies of wood decay in trees*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 185 s.
- Selander, J. (1993). Survival model for *Pinus sylvestris* seedlings at risk from *Heterobasidion abietis*. *Scand. J. For. Res.* 8: 66–72.
- Seifert, T. (2007). Simulating the extent of decay caused by *Heterobasidion annosum* s.l. in stems of Norway spruce. *For. Ecol. Manage.* 248: 95–106.
- Seppänen, S.K., Syrjäälä, L., von Weissenberg, K., Teeri, T.H., Paajanen, L. & Pappinen, A. (2004). Antifungal activity of stilbenes in in vitro bioassays and in

- transgenic *Populus* expressing a gene encoding pinosylvin synthase. *Plant Cell Rep.* 22: 584–593.
- Sinclair, B.J., Vernon, P., Klok, J.C. & Chown, S.L. (2003). Insects at low temperatures: an ecological perspective. *Trends Ecol. Evol.* 18: 257–262.
- Sipura, M. (2000). *Herbivory on willows: abiotic constraints and trophic interactions*. Joensuu Universitet. Doktorsavhandling i Biologi 4. 128 s.
- Skarpaas, O., & Økland, B. (2009). Timber import and the risk of forest pest introductions. *J. Appl. Ecol.* 46(1): 55–63.
- Skilling D.D. & Riemenschneider, D.E. (1984). Screening conifers for resistance to *Gremmeniella abietina*. I: Manion, P.D. (red.) *Scleroderris Canker of Conifers*. Proceedings of an international symposium, Syracuse, N.Y., USA, June 21–24, 1983. Martinus Nijhoff - Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, s. 189–196.
- Skogsdata 2004. (2004). *Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen*. SLU, Inst. f. resurshushållning och geomatik. 124 s.
- Skogsstyrelsen. (2006). Stormen 2005 – en skoglig analys. *Meddelande 1–2006*.
- Skogsstyrelsen. (2009). *Skogsvårdslagstiftningen*. Tillgänglig på www.skogsstyrelsen.se (länk: Lagen). Alternativt *Skogsvårdslagen – Handbok*. Skogsstyrelsens förlag. 2006.
- Skogsstyrelsen. (2008). Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. Skogsstyrelsen. *Meddelande 2-2008*.
- Solheim, H. (2005). White rot fungi in living Norway spruce trees at high elevation in southern Norway with notes on gross characteristics of the rot. I: Solheim, H. & Hietala, A.H. (red.). *Forest pathology research in the Nordic and Baltic countries 2005. Aktuellt fra skogforskningen 1/2006*: 5–12.
- Solomon, A.M. & Freer-Smith, P.H. (2007). Forest Responses to Global Change in North America: Interacting Forces Define a Research Agenda. I: Freer-Smith, P.H. m. fl. (red.): *Forestry and climate change*. CABI, Oxfordshire, UK. s. 151–159.
- Sommerville, A. (1980). Wind stability: forest layout and silviculture. *New Zeal. J. For. Sci.* 10: 476–501.
- Sonesson, J. & Almquist, C. (2002). Mellansvenska klonskogsbruksprojektet. Från klonskogsbruk till bulksticklingar. *Skogforsk, Resultat 6–2002*. 4 s.
- Statens jordbruksverk. (2006). Holländsk almsjuka. *Jordbruksinformation 2-2006*.
- Stener, L-G. (2007). Studie av klonskillnader i känslighet för askskottsjuka. *Skogforsk, Arbetsrapport nr 648*.
- Stenlid, J. & Redfern, D.B. (1998). Spread within the tree and stand. I: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R. & Hüttermann A. (red.), *Heterobasidion annosum: Biology, ecology, impact and control*. CAB International, s. 125–142.
- Stenlid, J. (1987). Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 2: 187–198.
- Stenlid, J. & Bendz-Hellgren, M. (1996). Påverkar kalkning granens känslighet för rotröta? I: Staaf, H., Persson, T. & Bertils, U. (red.). *Skogsmarkskalkning. Resultat och slutsatser från Naturvårdsverkets försöksverksamhet. Naturvårdsverket rapport 4559*: 183–188.
- Strazzullo, A., Mugnai, L. & Naldini, B. (1993). Observations on the survival of *Melampsora pinitorqua* teliospores during overwintering. *Petria* 3: 73–79.
- Stubblefield, C.H., Lundquist, J.E. & Van der Kamp, B. (2005). Forest Disease Impacts on Wildlife: Beneficial? I: Lundquist, J.E. & Hamelin, R.C (red.), *Forest Pathology – From genes to landscapes*. s. 95–103. APS Press.
- Swedjemark, G. & Karlsson, B. (2004). Genotypic variation in susceptibility following artificial *Heterobasidion annosum* inoculation of *Picea abies* clones in a 17-year-old field test. *Scand. J. For. Res.* 19: 103–111.

- Swedjemark, G. & Stenlid, J. (1995). Susceptibility of conifer and broadleaf seedlings to Swedish S and P strains of *Heterobasidion annosum*. *Plant Pathol.* 44: 73–79.
- Sylvén, N. (1917). Om tallens knäckesjuka. *Medd. Statens Skogsförsöksanstalt* (13–14): 1077–1140.
- Söderström, V. (1978). *Ekonomisk skogsproduktion. Del 3. Beståndsvård*. LT:s förlag. Stockholm.
- Tamm, O. (1959). *Studier över klimatets humiditet i Sverige*. Kungl. Skogshögskolans skrifter. Nr 32.
- Terho, M. & Hallaksela, A.-M. (2005). Potential hazard characteristics of *Tilia*, *Betula*, and *Acer* trees removed in the Helsinki City Area during 2001–2003. *Urban Forestry & Urban Greening* 3: 113–120.
- Thomsen, I.M., Skovsgaard, J.P., Barklund, P. & Vasaitis, R. (2007). Svampesygd om er årsag til toptørre i ask. *Skoven* 5: 234–236.
- Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. (2004). Räkna med rotröta – nytt hjälpmedel för skoglig planering. *Skogforsk. Resultat* nr 13–2004.
- Thorsén, Å., Mattsson, S. & Weslien, J. (2001). Influence of stem diameter on the survival and growth of containerized Norway spruce seedlings attacked by pine weevils (*Hylobius abietis*). *Scand. J. For. Res.* 16: 54–66.
- Thrall, P.H. & Burdon, J.J. (2003). Evolution of virulence in a plant host-pathogen metapopulation. *Science* 299: 1735–1737.
- Thureson, T., Samuelsson, H. & Claesson, S. (2003) Konsekvenser av ett förbud mot permertrinbehandling av skogsplantor. *Meddelande* 2-2003. Skogsstyrelsen.
- Tikkanen O.-P., Rousi M., Ylioja T. & Roininen H. (2003). No negative correlation between growth and resistance to multiple herbivory in a deciduous tree, *Betula pendula*. *For. Ecol. Man.* 177: 587–592.
- Toome, M., Heinsoo, K. & Luik, A. (2006). Abundance of willow rust (*Melampsora* sp.) on different willow clones in Estonian energy forest plantations. *Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol.* 55: 308–317.
- UNECE/FAO. (2000.) *Effects of the December 1999 storms on European timber markets. Forest products and market review*. Economic Commission for Europe, Food and Agriculture Organization of the United Nations, s. 23–37.
- Uotila, A. & Petäistö, R.-L. (2007). How do the epidemics of *Gremmeniella abietina* start? *Acta Silv. Hung., Spec. Edition*, s. 147–151.
- Uotila, A. (1988). The effect of climatic factors on the occurrence of *Scleroderris* canker. *Folia Forestalia* 721: 1–23.
- Uotila, A. (1992). Mating system and apothecia production in *Gremmeniella abietina*. *Eur. J. For. Path.* 22: 410–417.
- Valenzuela, S., Balocchi, C. & Rodriguez, J. (2006). Transgenic trees and forestry biosafety. *Electr. J. Biotech.* 9: 355–359.
- Valinger, E. & Fridman, J. (1999). Models to assess the risk of snow and wind damage in pine, spruce, and birch forests in Sweden. *Env. Man.* 24: 209–217.
- Valinger, E. & Lundqvist, L. (1992). The influence of thinning and nitrogen fertilization on the frequency of snow and wind induced stand damage in forests. *Scott. For.* 46: 311–320.
- Valinger, E. & Pettersson, N. (1996). Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Picea abies* in southern Sweden. *Forestry* 69: 25–33.
- Valinger, E., Ottosson Löfvenius, M., Johansson, U., Fridman, J., Claesson, S. & Gustafsson, Å. (2006). Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun. *Rapport* nr 8-2006. Skogsstyrelsen.
- Wallertz, K. (2009). Pine weevil feeding in Scots pine and Norway spruce regenerations. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 60.

- Wallertz, K., Örlander, G. & Luoranen, J. (2005). Damage by pine weevil *Hylobius abietis* to conifer seedlings after shelterwood removal. *Scand. J. For. Res.* 20: 412–420.
- Wallertz, K., Nordlander, G. & Örlander, G. (2006). Feeding on roots in the humus layer by adult pine weevil *Hylobius abietis*. *Agric. For. Entomol.* 8: 273–279.
- Van der Kamp, B.J. (1991). Pathogens as agents of diversity in forested landscape. *For. Chron.* 67: 353–354.
- Wang, H. (2004). The state of genetically modified forest trees in China. I: *FAO Forest Genetic Resources Working Paper* 59.
- Vartiamaäki, H., Hantula, J. & Uotila, A. (2009). Effect of application time on the efficacy of *Chondrostereum purpureum* treatment against the sprouting of birch in Finland. *Can. J. For. Res.* 39: 731–739.
- Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I.M., Barklund, P. & Dahlberg, A. (2008). Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fenn.* 42: 457–483.
- Vasiliauskas, R. (2001). Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. *Forestry* 74: 319–332.
- Vauramo, S., Pasonen, H.-L., Pappinen, A. & Setälä, H. (2006). Decomposition of leaf litter from chitinase transgenic silver birch (*Betula pendula*) and effects on decomposer populations in a field trial. *Appl. Soil Ecol.* 32: 338–349.
- Venn, K. & Solheim, H. (1994). Root and butt rot in first generation of Norway spruce affected by spacing and thinning. I: Johansson, M. & Stenlid, J. *Proceedings of the 8th International Conference on Root and Butt Rots*. Wik, Sweden and Haikko, Finland, August 9-16, 1993. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, s. 642-645.
- Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Heikinheimo, M., Kellomäki, S., Peltola, H., Strandman, H. & Väisänen, H. (2001). Impact of climate change on soil frost under snow cover in a forested landscape. *Clim. Res.* 17: 63–72.
- Weslien, J. (1998). Vad kostar snytbaggeskadorna? *KSLAs Tidskrift* 137: 19–22.
- Viiri, H. & Piri, T. (2008). Metsien terveys ja tuhot. I: Kuusinen, M. & Ilvesniemi, H. (red.). Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset. *Rapport Tapio och Metla*, Finland.
- Wilke, W. (1874). En parasitsvamp på tall. *Tidskr. f. Skogshushålln.* 2: 247.
- Wingfield, M. (2003). Increasing threat of disease to exotic plantation forests in the Southern hemisphere. Lessons from *Cryphonectria* canker. *Austral. Plant Pathol.* 32: 133–139.
- Witzell, J. (1999). Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with special attention to *Gremmeniella abietina* and North American rusts. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae - Silvestria* 89.
- Witzell, J. (2001). Formation and growth of stem cankers caused by *Gremmeniella abietina* on young *Pinus contorta*. *For. Path.* 31: 115–127.
- Witzell, J. (2008). Balanserad näringstillförsel i ungskogar - ekologiska interaktioner i ett bestånds- och landskapsperspektiv. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, SLU, Alnarp. *Arbetsrapport* 38. ISBN: 978-91-85911-45-5.
- Witzell, J. & Martín, J.A. (2008). Phenolic metabolites in the resistance of northern forest trees to pathogens – past experiences and future prospects. *Can. J. For. Res.* 38: 2711–2727.
- Witzell, J., Bernhold, A. & Hansson, P. (2006). Survival and vitality of *Gremmeniella abietina* on *Pinus sylvestris* slash in northern Sweden. *For. Path.* 36: 406–412.
- Witzell, J. & Karlman, M. (2000). Importance of site type and tree species on disease incidence of *Gremmeniella abietina* in areas with harsh climate in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 15: 202–209.

- Vivås, H. J. & Sæther, B-E. (1987). Interactions between a generalist herbivore, the moose *Alces alces*, and its food resources: an experimental study of winter foraging behaviour in relation to browse availability. *J. Anim. Ecol.* 56: 509–520.
- Vollbrecht, G., Gemmel, P. & Pettersson, N. (1995). The effect of precommercial thinning on the incidence of *Heterobasidion annosum* in planted *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 10: 37–41.
- Vollbrecht, G., Johansson, U., Eriksson, H. & Stenlid, J. (1995). Butt rot incidence, yield and growth pattern in a tree species experiment in southwestern Sweden. *For. Ecol. Man.* 76: 87–93.
- von Sydow, F. & Örlander, G. (1994). The influence of shelterwood density on *Hylobius abietis* (L.) occurrence and feeding on planted conifers. *Scand. J. For. Res.* 9: 367–375.
- Wulff, S., Hansson, P. & Witzell, J. (2006). The applicability of national forest inventories for estimating forest damage outbreaks – Experiences from a *Gremmeniella* outbreak in Sweden. *Can. J. For. Res.* 36: 2605–2613.
- Yanchuk, A. (2002). The role and implications of biotechnology in forestry. *For. Gen. Res.* 30: 18–22.
- Åhman, I. & Larsson, S. (1999). Resistensförädling i *Salix* för energiproduktion. *Växtskyddsnotiser* 63: 17-19.
- Åhman, I. (2001). Management of pests and diseases in biomass willow. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift* 111: 98–103.
- Åström, B. & Ramstedt, M. (1994). Stem cankers on Swedish biomass willows caused by *Cryptodiaporthe salicella* and other fungi. *Eur. J. For. Path.* 24: 264–276.
- Økland, B. & Berryman, A. (2004). Resource dynamic plays a key role in regional fluctuations of the spruce bark beetles *Ips typographus*. *Agric. For. Entom.* 6: 141–146.
- Økland, B. & Bjørnstad, O. N. (2006). A resource depletion model of forest insect outbreaks. *Ecology* 87: 283–290.
- Örlander, G. & Karlsson, C. (2000). Influence of shelterwood density on survival and height increment of *Picea abies* advance growth. *Scand. J. For. Res.* 14: 341–354.
- Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scand. J. For. Res.* 14: 341–354.
- Örlander, G. & Nordlander, G. (1998). Skärmar, markberedning och andra skogsskötselåtgärder – kan de minska snytbageskadorna? *KSLAs Tidskr.* 137: 57–67.
- Örlander, G., Nilsson, U. & Nordlander, G. (1997). Pine weevil abundance on clear-cuttings of different ages: A 6-year study using pitfall traps. *Scand. J. For. Res.* 12: 225–240.
- Örlander, G., Nordlander, G., Wallertz, K. & Nordenhem, H. (2000). Feeding in the crowns of Scots pine trees by the pine weevil, *Hylobius abietis*. *Scand. J. For. Res.* 15: 194–201.
- Örlander, G., Nordlander, G., Wallertz, K. (2001). Extra food supply decreases damage by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Scand. J. For. Res.* 16: 450–454.