

A large green and grey harvester is shown working in a dense forest of tall, thin trees. The harvester is positioned in the center of the frame, with its long boom extended upwards. The forest floor is covered in fallen branches and debris. The background is filled with the green and brown tones of the forest.

Hyggesfritt skogsbruk

En kunskapssammanställning från Sverige och Finland

Mats Hannerz, Annika Nordin, Timo Saksa (redaktörer)

Future Forests Rapportserie 2017:1

Hyggesfritt skogsbruk
En kunskapsammansättning från Sverige och Finland

Mats Hannerz (redaktör), Annika Nordin och Timo Saksa (redaktionsråd)

Författare:
Anges för respektive artikel.

Adress:
SLU, Future Forests
Skogsmarksgränd, 901 83 Umeå

mars 2017
SLU, Future Forests

Future Forests Rapportserie 2017:1
ISBN: 978-91-576-9264-1 (tryck), 978-91-9265-8 (pdf)

Vid citering uppge:
Hannerz, M., Nordin, A. & Saksa, T. (red.) (2017). Hyggesfritt skogsbruk. Erfarenheter från Sverige och Finland. Future Forests Rapportserie 2017:1. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, 74 sidor.

Rapporten kan laddas ned från
www.slu.se/futureforests

Epost:
annika.nordin@slu.se, timo.saksa@luke.fi

Ansvarig utgivare: Annika Nordin, programchef Future Forests

Finansiärer:
Future Forests (med stöd från Mistra, SLU, Umeå universitet, Skogforsk, svenskt skogsbruk)

Grafisk form: Jerker Lokrantz/Azote

Layout, översättning och textredigering: Mats Hannerz/Silvinformation.

Framsida: Hyggesfritt skogsbruk är ett begrepp som innefattar många skötselmodeller, bland annat blädning i granskog. Skötsel och avverkning i den blädade skogen ställer planerare och entreprenörer inför nya utmaningar, till exempel hur enstaka stora träd kan avverkas rationellt men utan att skada andra stammar eller föryrgringen. Bilden är tagen från en av Lukes försöksytor med flerskiktad skog i södra Finland. Foto Erkki Oksanen/Luke.



Några av de forskare som möttes i Tuusula, Finland. Övre raden från vänster: Markku Nygren, Adam Felton, Sauli Valkonen, Riikka Piispanen. Mekkersta raden: Jari Hynynen, Erkki Kauhanen, Seppo Nevalainen, Tomas Lundmark. Främre raden: Johan Sonesson, Annika Nordin, Urban Nilsson och Timo Saksa. Foto Mats Hannerz.

Forskningen om hyggesfria system för skogsskötsel är på uppåtgående i både Finland och Sverige. Båda länderna har en likartad skoglig historia och till stora delar jämförbara naturtyper. Genom att föra samman kompetenser och dela resultat och experimentella data kan båda länderna vinna ökad kunskap om hyggesfria skötselmetoders inverkan på virkesproduktion, skador, klimat, flora och fauna, rekreation och ekonomi. Med det motivet tog Future Forests/SLU och Forests and Silviculture in the Future research program/Luke initiativ till ett gemensamt seminarium i Tuusula utanför Helsingfors i april 2016. Vid seminariet deltog ett 15-tal forskare från Luke, SLU och Skogforsk med

målsättningen att sammanfatta “state-of-the-art” för kunskapen om hyggesfri skogsskötsel. Mötet enades också om att sammanfatta delar av forskningen i en gemensam rapport. Under hösten och vintern 2016/2017 har forskarna arbetat fram manus eller levererat vetenskapliga artiklar, vilka har bearbetats och översatts till svenska av en redaktör. Det är vår förhoppning att denna rapport bidrar till ökade kunskaper och en nyfikenhet på de hyggesfria alternativen.

Umeå och Suonenjoki i mars 2017

Annika Nordin, Future Forests/SLU

Timo Saksa, Luke

Innehåll

Förord.....	3
Hyggesfritt skogsbruk - ett ämne för fortsatt forskning.....	5
Hyggesfritt skogsbruk i Sverige och Finland - metoder och omfattning.....	8
Föryngring och inväxning i flerskiktade skogar.....	17
Fröproduktion i flerskiktade granskogar.....	25
Virkesproduktion i flerskiktade och enskiktade granskogar.....	29
Virkeskvalitet i flerskiktade skogar.....	33
Drivningskostnader i hyggesfritt skogsbruk.....	38
Virkesproduktion och ekonomi för olika exempel på hyggesfri skogsskötsel.....	42
Effekter på biodiversiteten av hyggesfritt skogsbruk.....	48
Risk för skador i flerskiktad skog.....	51
Hyggesfritt skogsbruk och klimatet.....	71

Hyggesfritt skogsbruk - ett ämne för fortsatt forskning

Av Annika Nordin och Timo Saksa

Den här rapporten speglar ett urval av den forskning som pågår om hyggesfri skogsskötsel i Finland och Sverige. Den spänner över en rad forskningsfält, från traditionell skogsskötsel, via skador, virkeslära och biologisk mångfald, till ekonomi och klimat.

I en parallell rapport från Future Forests har vi också tittat på hur hyggesfritt har rapporterats i media (Espmark, 2017). Vid sidan av dessa rapporter finns även en nyligen sammanställd översikt om dynamik, inväxning och tillväxt i blädningsbrukad granskog (Lundqvist, 2017).

Syftet med rapporten var att visa på kunskapsläget om hyggesfritt skogsbruk så som det har hanterats av forskningen i Finland och Sverige. En sådan sammanställning visar också på luckor där fortsatt forskning behövs. Här ska vi försöka sammanfatta vad vi tror om forskningsbehovet.



Det handlar mycket om människan

En erfarenhet från inte minst Future Forests forskning är att hyggesfritt skogsbruk handlar mycket om människors upplevelser och ovilja att se kalhyggen. Kalhyggen och deras påverkan på den biologiska mångfalden är visserligen också motiv för att låta skogar vara kontinuerligt bevuxna, men det är inte givet att hyggesfritt skogsbruk *per se* alltid gynnar artrikedomen. Mycket beror på hur skogsbruket bedrivs och vilken hänsyn som lämnas. För känsliga arter kan avsättningar av sammanhängande skogsområden ha större betydelse.

Forskning om samspelet mellan människan och hennes upplevelser av skogen är ännu bara i sin linda. Med ökad kunskap kan nya skötselmodeller tas fram som tillfredsställer både känslan av "kalhyggesfritt" och ett rationellt skogsbruk. Här finns det en hel palett av metoder som sträcker sig från luckhuggning, hyggens utformning och skiktade skogar i ett skärmskogsbruk, till de klassiskt blädade skogarna.

Det gemensamma är att de inte associeras med de negativa upplevelser som människor kan känna av att möta ett stort hygge eller en vägg av träd i en tät ungskog. På köpet kan intressen som rennäring och mångfald gynnas.

Vi forskare behöver förstå mer vad människor önskar, och hur deras relationer till skogen påverkas av deras bakgrund och värderingar. Boende på landsbygden kan ha en djupt rotad känsla för sin skog och känna en stark sorg när något de har tagit för givet

Vilken skog vill människor ha? Vi behöver lära oss mer. Foto Mats Hannerz.

Hyggesfritt skogsbruk - forskning

plötsligt försvinner och blir ett hygge. Skogen kan rymma mytiska berättelser som har förmedlats vidare i generationer. För storstadsbon kan skogen vara mer av en ”lekplats” där han eller hon utövar sport och friluftsliv, eller också en oas för meditativ avkoppling.

Drivkrafterna bakom människors preferenser är helt enkelt ett område vi behöver forska mer om, och det är ett område där naturvetare måste samverka med samhällsvetare, humanister och beteendevetare.

Föryngring och tillväxt

Hyggesfritt skogsbruk handlar om att skogen behåller ett mer eller mindre tätt trädskick under alla tider. Det finns ingen omloppstid och inte heller någon särskild föryngringsfas som i det traditionella trakthyggesbruket. I ett olikåldrigt bestånd växer nya träd in varje år, och avverkningen anpassas så att den långsiktigt balanserar inväxning och tillväxt i beståndet.

Långliggande fältförsök i Norden visar att nyföryngringen i flerskiktade granskogar oftast är tillräcklig. Det fröfall som behövs för nya plantor tillfredsställs normalt från överbeståndet, men den finska forskningen visar dock att föryngringen gynnas om beståndet innehåller grövre och starkt fröproducerande träd. Några sådana bör därför alltid lämnas vid avverkningen.

Forskningen visar också att inväxningen varierar stort mellan och inom bestånd. Här behövs mera forskning om varför inväxningen varierar och hur den kan påverkas. ”Big data” och GIS-baserad information kan öppna upp nya möjligheter att förutspå den spatials fördelningen av ny inväxning.

Den nordiska forskningen visar också att tall och lövträd i flerskiktade bestånd kräver större luckor än vad gran gör. Föryngringen i dessa luckor eller under skärmträd skiljer sig inte principiellt från föryngringen i trakthyggesbruket. Däremot behövs mera forskning kring tillväxten hos de nya träden i luckorna, och hur den påverkas av närheten till större träd.

Enligt finska studier bör volymen i flerskiktade skogar vara relativt låg (i södra Finland 100–150 m³ per hektar efter avverkning) för att föryngring och inväxning ska säkerställas. Efter avverkning behöver de kvarvarande träden tid för att acklimatisera sig till de nya förhållandena. Enligt studier i fasta försöksytor tar det flera år (5–10) innan granar som vuxit i skugga kommer att växa lika snabbt som granar i solljus.

Den lägre stående volymen och långsamma reaktionen hos träd efter avverkning bidrar till lägre volymtillväxt i flerskiktade skogar jämfört med enskiktade. Slutsatserna bygger på långliggande fältförsök som dock har en del svagheter. Det är långtifrån alltid som skötseln har anpassats optimalt för de olika skötselmodeller som jämförs. Här behövs mer forskning om inväxning och beståndstillväxt i olika skötselssystem.

Avverkning och ekonomi

De sammanlagda avverkningskostnaderna under en omloppstid är högre i ett flerskiktat än ett enskiktat bestånd, trots att de avverkade stammarna är grövre i de flerskiktade skogarna. Det visar de studier som har gjorts i både Sverige och Finland. Andra konsekvenser handlar om att ingreppen måste göras relativt ofta, och att uttagen av stora träd riskerar att skada både andra träd och föryngringen. En ytterligare konsekvens är att uttaget av skogsbränsle försvåras eller omöjliggörs.

Det är uppenbart att den teknik som idag är utvecklad för trakthyggesbruket behöver anpassas om hyggesfri skogsskötsel kommer att växa i omfattning. Det kan handla om anpassning av maskiner, men också om nya arbetssätt som ökar produktiviteten och minskar risken för skador på mark och träd.

Modifierade former av hyggesfri skogsskötsel som luckhuggning och överhållen skärm behöver inte ha dessa nackdelar. Här kan väl beprövad skogsteknik kombineras med ett skogslandskap som upplevs som kalhyggesfritt.

Virkesförsörjning och virkeskvalitet

I det hyggesfria skogsbruket kommer andelen sågtimmer att öka och massaveden att minska jämfört med trakthyggesbruket. Mängden skördat skogsbränsle kommer också att minska. Om andelen skog som sköts med hyggesfria metoder ligger på en låg nivå (mindre än 10-20 %) så påverkas inte den nationella virkesförsörjningen så drastiskt, men lokalt kan det få betydelse för skogsindustrin.

De finska studierna av virkeskvalitet i flerskiktade skogar är bland de första som har gjorts. De visar att virkeskvaliteten i genomsnitt är likvärdig med trakthyggesbrukets, men att variationen mellan och inom stammar är högre. Exemplet med överhållen tallskärm visar dock att det går att skapa högkvalitativt tallvirke med delvis andra metoder än i det traditionella trakthyggesbruket. Alla dessa resultat måste dock följas upp med fler studier med större material.

Skaderisker

Den genomgång om skaderisker som presenteras i rapporten visar att många risker sannolikt är lägre i de hyggesfria skötselalternativen, till exempel risken för vindfällning och skador av barkborrar. Ett undantag är avverkningskadorna, som ofta är högre i de flerskiktade skogarna. Ett annat är risken för rotröta, särskilt om rötan redan etablerad i beståndet. Klimatförändringen kan påverka vilka skador som får betydelse i framtiden. Granbestånd på torrare marker kan till exempel bli mer utsatta i ett varmare klimat.

Biologisk mångfald

Arter som är beroende av skoglig kontinuitet gynnas sannolikt av hyggesfria alternativ. Det är dock långtifrån självklart att hyggesfritt alltid är bra. Även i den hyggesfria skogen behöver hänsyn tas till död ved, gamla träd och biologiskt viktiga trädslag. Den forskning som är gjord om hyggesfri skogsskötsel och biodiversitet bygger ofta på ögonblicksstudier

eller på ekologiska teorier och modeller. Här finns behov av mer och uthållig forskning för att hitta sätt att anpassa naturhänsynen i de nya skötselsystemen. Ett landskap som kombinerar avsättning av orörd skog, hyggesfritt skogsbruk och genomtänkt naturhänsyn i trakthyggesbruket kan sannolikt gynna fler arter än en övergång till hyggesfritt skogsbruk på hela arealen.

Ta vara på praktiska erfarenheter

Det finns mycket ”dold kunskap” som generationer av skogsägare har samlat på sig om olika skötselmetoder. Eftersom hyggesfritt skogsbruk varit så begränsat saknas den breda kunskap som finns om trakthyggesbruk, som ju har varit helt dominerande i både Sverige och Finland sedan efterkrigstiden. I takt med att fler provar kommer dock nya erfarenheter.

Forskningen kan inte vara med och göra experiment överallt, och här behövs en aktiv kommunikation mellan praktiker och forskare för att ta tillvara nyvunna insikter från fältet. I Finland är ”learning-by-doing” ett etablerat sätt att utveckla nya tekniker och metoder i det hyggesfria skogsbruket. Skötsel och avverkning i flerskiktade och luckhuggna skogar ställer ju entreprenörer och skogsägare inför nya utmaningar, och här måste de ofta prova sig fram. Den svenska Skogsstyrelsens pågående projekt om adaptiv skogsskötsel, där Future Forests deltog i utformningen, är ett annat verktyg. Där kan privata bland annat lägga in egna försök och erfarenheter i Skogsägares försöksportal.

Referenser

- Espmark, K. 2017. Debatten om hyggesfritt skogsbruk i Sverige. En analys av begrepp och argument i svenskt pressmaterial 1994-2013. Future Forests Rapportserie 2017:2. 92 s.
- Lundqvist, L. 2017. Tamm Review: Selection system reduces long-term volume growth in Fennoscandic uneven-aged Norway spruce forests. *Forest Ecology and Management* 391, 362-375.

Hyggesfritt skogsbruk i Sverige och Finland - metoder, omfattning och regelverk

Av Mats Hannerz, Timo Saksa och Tomas Lundmark

I Future Forests rapport om hyggesfritt skogsbruk används en mängd begrepp för olika skogsskötselåtgärder. Ibland används olika termer för samma typ av skog eller skötselmetod. I den här artikeln ger vi en kort beskrivning och förklaring till de vanligast använda begreppen. Dessutom beskriver vi metodernas omfattning och de regelverk som styr deras användning i Finland och Sverige. Vi avslutar med några kommentarer kring utvecklingen i framtiden.

Många begrepp men bara två system

Hyggesfritt skogsbruk är ett vitt begrepp med många tolkningar. I denna rapport använder vi det som en övergripande term för skogsbruk utan (stora) kalhyggen. Den gemensamma nämnaren är att skogen i en trakt eller ett bestånd aldrig är helt kal, utan det finns hela tiden kvar ett mer eller mindre kontinuerligt trädskikt. Metoder med små hyggen (luckhuggning eller kanthuggning) som förnygras på naturlig väg brukar också räknas som hyggesfritt skogsbruk.

Skogsskötsel kan beskrivas på olika nivåer: åtgärder, metoder och system. Plantering, röjning och gallring är exempel på **skogsskötselåtgärder**, förnygring under skärm är exempel på en **skogsskötselmetod**, medan trakthyggesbruk är ett exempel på **skogsskötselssystem** (tidigare kallat skogsbrukssystem).

Det finns i princip bara två system för att sköta skog uthålligt – **trakthyggesbruk** och **blädning**. Blädning, som kräver en fullskiktad skog, är en klassisk hyggesfri metod. Det finns dock flera metoder i trakthyggesbruket som kan kallas hyggesfria.

Dit hör **skärmskogsbruk** med en överhållen skärm som avverkas först när förnygringen nått en viss höjd. Dit kan också räknas **luckhuggning** och **kanthuggning**.

Terminologin kring hyggesfritt skogsbruk påverkas av vilka motiv som anförs av den som uttolkar begreppen. Ett vanligt motiv är att människor vill slippa se kalhyggen, och att marken hela tiden ska upplevas som skogsbevuxen. Med upplevelseargumenten kan metoder som överhållen skärm och små hyggen ("gläntor") accepteras.

Ett annat motiv är bevarandet av biologisk mångfald. Skogen hyser många arter som är beroende av skoglig kontinuitet, en kontinuitet som bryts när skogen kalavverkas. I en skog med lång kontinuitet ska det finnas miljöer och strukturer som gamla träd, skugga, fuktighet och död ved av olika nedbrytningsgrader som säkerställer känsliga arters överlevnad. Om motiven är att bevara arter begränsas metoderna till blädning och liknande metoder där enskilda träd plockhuggs.

Internationellt används begreppet "**continuous-cover forestry**" som ett samlingsbegrepp för skog utan hyggen (exv. Mason m.fl. 1999).

Skogsfilosofier

Utöver de olika skogsskötselssystemen finns metoder som ibland beskrivs som "skogsfilosofier", med grundläggande moraliska och filosofiska riktlinjer för hur skogsbruket ska bedrivas. Exempel är **New Forestry** (Franklin och Forman 1987), **Nature-based forestry** (Diaci 2006) och **ProSilva**. I Sverige finns metoden **Naturkultur**, som har fått stor uppmärksamhet (Hagner 2004).

Naturkultur är dock inte självklart en hyggesfri metod, eftersom den också kan leda till kalavverkning beroende på ekonomiska betingelser för den aktuella skogen. **Naturnära**

skogsskötsel är en svensk benämning på Nature-based forestry.

Från kontinuitetsskogsbruk till hyggesfritt skogsbruk

Den svenska Skogsstyrelsen använde begreppet **kontinuitetsskogsbruk** i några rapporter i början av 2000-talet. Det skulle beteckna skog som inte har varit kalmark, och man försökte sig också på en definition som i förkortad form uttrycks som: "(...)områden som varit kontinuerligt trädbevuxna utan väsentliga trädslagsbyten sedan år 1700" (Skogsstyrelsen 2004). Dessa skogar bedömdes särskilt värdefulla för bevarande av arter med höga krav på trädkontinuitet.

När diskussionen om kontinuitetsskogsbruk tog fart blev det svårt att hålla isär begreppen. Det blev ofta missförstånd där kontinuitetsskogsbruk tolkades som bruk av skogar med lång kontinuitet med höga bevarandevärden. För att undvika den typen av missförstånd införde Skogsstyrelsen begreppet **hyggesfritt skogsbruk** vilket syftade på utveckla alternativ till det traditionella trakthyggeskogsbruket.

På sin hemsida beskriver Skogsstyrelsen begreppet som "Hyggesfritt skogsbruk är skogsbruksmetoder som inte kallägger marken. Det innefattar olika former av blädning, luckhuggning, skärmar med mera. Metoderna innebär att skogsbruket inte leder till kala hyggen och att skogskänslan blir kvar." (Skogsstyrelsen 2017). I en annan rapport be-

skrivs också att "med hyggesfritt skogsbruk menas vidare lite förenklat ett brukande utan att skogen kalavverkas. Det vill säga skogen har kontinuerligt träd på marken och en viss minsta slutenhet" (Cedergren 2008).

Ålder och skiktning

Beteckningarna likåldrig och olikåldrig är flitigt använda för att särskilja "hyggesfria" från traditionella trakthyggesmetoder. I Finland används de som nyckelbegrepp för att dela in de officiella skogsskötselrekommendationerna från Tapio (Äijälä 2014). Den **olikåldriga skogen** kan skötas med blädning eller luckhuggning (där dock varje "lucka" blir likåldrig), medan den **likåldriga skogen** kan brukas med kalhuggning och plantering eller med olika former av skärmar. I de finska rekommendationerna beskrivs också "**teghuggning**" som en form av likåldrigt skogsbruk. I denna avverkas smalare "tegar" (kanthuggning) som beskogas med frö från omgivande skog.

Skiktningen i ett bestånd beskriver hur träden är fördelade i höjddled. I ett traditionellt skött trakthyggesbruk är beståndet **enskiktat**, det vill säga med ett dominerande trädskikt. Ett bestånd kan också vara **tvåskiktat** eller **flerskiktat**. Om det finns träd i alla höjddklasser, men mest i de lägre höjddklasserna, så är beståndet **fullskiktat**. Det kan då brukas med blädning.



Figur 1. Olika begrepp för hyggesfritt skogsbruk. Kontinuitetsskogsbruk omfattar den högra halvan av figuren. Det handlar då om att kontinuerligt bruka en flerskiktad skog. Illustration efter idé av Nils Fagerberg.

Många namn för plockhuggning

De metoder som utan diskussion betraktas som hyggesfria bygger alla på **plockhuggning** av enskilda träd, som oftast är de dominerande, grövsta träden. Ett annat namn på plockhuggning är **selektiv avverkning** ("selection cutting"). De numera baktalade **dimensionshuggningarna** som var vanliga i norra Sverige i början av 1900-talet är också en form av plockhuggning, med skillnaden att de var mer exploaterande och inte tog hänsyn till skogens långsiktiga utveckling.

Urvalet kan göras efter olika principer. I blädning eftersträvas att skogen ska vara fortsatt fullt skiktad, vilket betyder att träd kan behöva tas ut i olika storleksklasser för att behålla en jämn diameterfördelning. I **måldiameterhuggning** avverkas träd som nått en viss minsta diameter, medan Naturkultur går ut på att avverka de ekonomiskt mogna träden (vilket oftast, men inte alltid, är de grövsta träden).

Tabell 1. Antalet artiklar med olika sökord under åren 1994–2013 i svensk tryckt press eftersökning i Mediearkivet (Espmark 2017). *före eller efter innebär att även längre ord där beteckningen ingår fångades in i sökningen.

Beteckning	Antal artiklar
blädning*	152
hyggesfri	382
"naturnära skogsbruk"	60
plockhuggning	114
naturkultur	132
"selektiv avverkning"	21
dimensionshuggning	12
kontinuitetsskogs*	268
naturskogsbruk	17
"kontinuerligt skogsbruk"	28
kontinuitetsbruk	23
"skonsam gallring"	14
kulturskogsbruk	1
dimensionsavverkning	7
åldersklassskogsbruk	1
plockskogsbruk	2
måldiameteravverkning	1

Det finns också namn som snarare är varumärken än definierade metoder, och som används av olika företag som marknadsför sin skötselmetod. Hit hör **Lübeckmodellen**.

De olika begreppen används också blandat i media. Tabell 1 visar antalet artiklar i svenska tidningar för några sökord (Espmark 2017).

Går det att enas om en definition?

Vad som räknas som hyggesfria metoder påverkar lagstiftning och certifiering. I arbetet med en ny skogsbruksstandard i FSC (Forest Stewardship Council) föreslås att en del av avsättningen för naturvård kan ersättas med hyggesfri skötsel (FSC 2016). Det får då betydelse om bara blädningssliknande metoder räknas, eller om överhållen skärm eller luckhuggning ingår.

Skogsstyrelsens beskrivningar (se ovan) tyder på att den svenska myndigheten ser skärm-skogsbruk och luckhuggning som hyggesfria metoder. Budskapet upprepas i Skogsstyrelsens Kunskapsplattform för skogsproduktion: "Exempel på hyggesfritt skogsbruk är blädning, plockhuggning och måldiameterhuggning. Anpassningar inom trakthyggesbruket såsom överhållen högskärm kan också inräkas." (Bergquist m.fl. 2016).

Delar av det svenska skogsbruket diskuterar om det går att hitta en definition av vad som kan räknas som hyggesfritt skogsbruk. En förslag har kommit från Sveaskog (figur 2).



Figur 2. Sveaskogs förslag på definition av hyggesfritt skogsbruk: Höjd - träden i huvudbeståndet får inte understiga 2 meter, vid luckhuggning får en ny lucka intill en befintlig inte tas upp innan trädhöjden i den befintliga luckan överstiger 2 m; Täthet - beståndet får inte vid något tillfälle passera §5-kurvan i skogsvårdslagen, då inträder föryngringsplikt; Storlek - luckorna får inte vara större än 0,5 hektar. (Lundmark 2017).

Omfattningen av hyggesfritt skogsbruk i Finland och Sverige

Trots att både den finska och svenska skogspolitiken uppmuntrar hyggesfritt skogsbruk och en mer varierad skogsskötsel används metoderna i mycket begränsad skala, åtminstone i den klassiska formen med blädning i skiktade skogar. Om all form av naturlig förnygring med fröträd eller skärmar räknas in blir förstås omfattningen större.

Finland

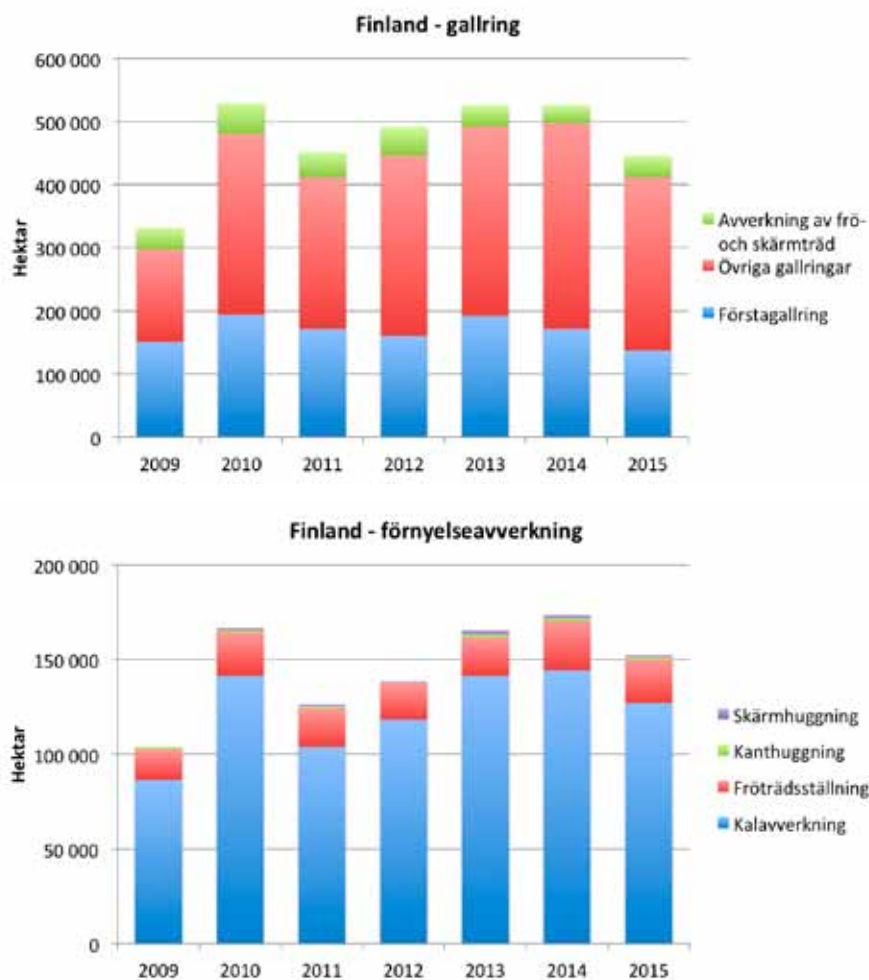
Enligt statistik från avverkningsanmälningar (Metsäkeskus 2016) genomfördes selektiv avverkning eller luckhuggning på 5 000 hektar 2014 och 5 200 hektar 2015. Det motsvarar 1,0-1,2 % av den sammanlagda gallringsarealen, som uppgår till cirka 500 000 hektar per år.

Under samma tid har ungefär 150 000 hektar ”förnyelseavverkats” årligen (figur 3).

Sverige

I Sverige gallras ungefär 350 000 hektar per år, och 150 000 hektar slutavverkas (figur 4). Däremot finns inga uppgifter på arealer som plockhuggs eller blädas, eftersom det inte finns någon skyldighet att anmäla olika former av gallring. Riksskogstaxeringens mätningar har också svårt att följa upp vad som är en gallring och en blädning. Skogsägarens långsiktiga intentioner går ju inte att se vid ett enstaka taxeringstillfälle. Det är därför svårt att skatta omfattningen.

Den nämnda kunskapsplattformen (Bergqvist m.fl. 2016) bedömde att hyggesfritt skogsbruk tillämpas på en mycket liten areal. De största arealerna bedöms vara till exempel skötsel



Figur 3. Årlig areal av gallring ("intermediate cuttings") och förnyelseavverkning ("regeneration fellings") i Finland 2009-2015. Källa Finnish Forest Centre (Metsäkeskus) 2016.

Hyggesfritt - metoder och omfattning

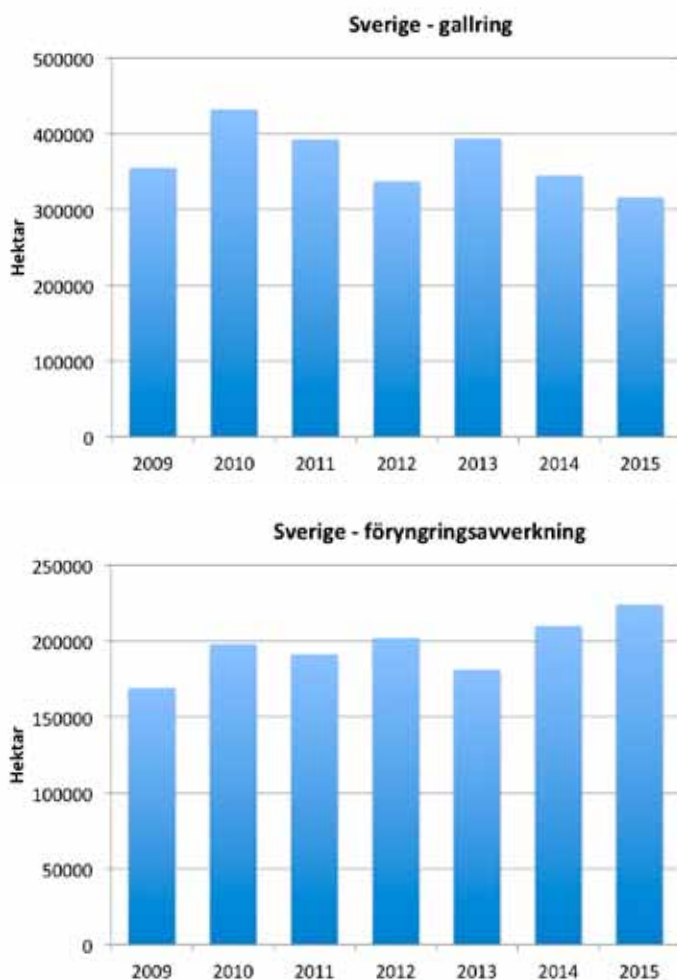
av ekoparker eller NS-bestånd (bestånd med målklass Naturvård med skötsel). En enkät till storskogsbruket kom fram till att cirka 17 000 hektar (utanför formellt eller frivilligt avsatt produktion skogsmark) kommer att brukas med hyggesfritt skogsbruk under de närmaste 10 åren. Det motsvarar knappt 2 procent av den areal som förnygringsavverkas under samma period.

I utredningen ”Skogspolitiken inför 2000-talet” (SOU 1992:76) gjordes en beräkning med hjälp av Riksskogstaxeringen. Den kom fram till att det då fanns cirka 1 miljon hektar fullskiktad granskog, varav 600 000 hektar hade mer än 150 m³sk/ha och därmed passade för blädning. Huvuddelen av arealen låg i Västerbottens inland, Jämtland och Småland. Enligt denna skattning är det då ungefär 2-4 % av den totala skogsmarksarealen som är möjlig att bläda. Till detta kommer den skog som skulle

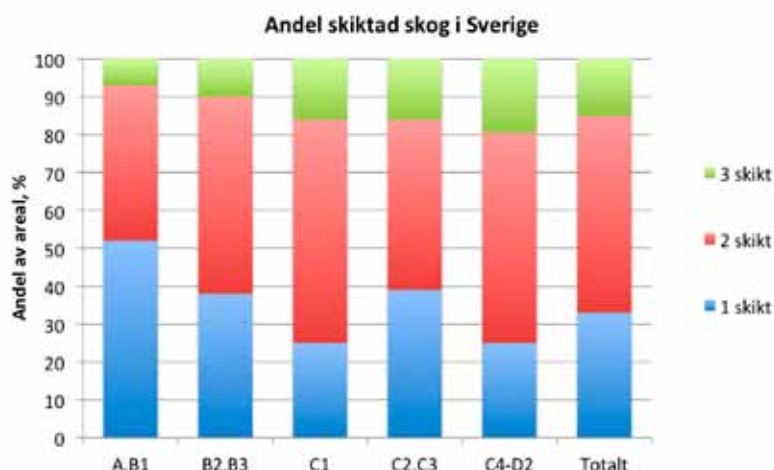
kunna omformas till fullskiktad skog under överskådlig tid, några decennier.

Om vi bortser från kravet på att skogen ska vara fullskiktad så är en betydligt större andel skiktad enligt Riksskogstaxeringens mätdata (figur 5). Två tredjedelar av skogen når upp till kravet att minst två skikt ska ha vardera minst 500 stammar per hektar eller en grundyta på minst 5 m² per hektar. För det översta skiktet (överståndare) räcker det med 10 stammar per hektar (SLU 2003).

I Skogsstyrelsens rapport om kontinuitetsskogsbruk (Cedergren 2008) beräknades att Sverige har 1,8 miljoner hektar möjlig och 0,4 miljoner hektar trolig kontinuitetsskog utanför formella reservat, enligt Skogsstyrelsens definition. Dessa skogar finns främst i Norrland och utgörs till 40 % av granskog, 30 % av tallskog och 30 % av bland- och lövskog.



Figur 4. Årliga gallrings- och slutavverkningsarealer i Sverige. Källa Skogsdata, SLU 2016.



Figur 5. Andel skiktad skog i olika huggningsklasser i Sverige enligt Riksskogstaxeringen. Huggningsklass A=ka-lmark., B1-B3=plant- och ungskog, C1-C4=gallringsskog, D1-D2: slutavverkningsskog. Källa Skogsdata, SLU 2003.

Lagstiftning och regler

Såväl den svenska skogsvårdslagen som den finska skogslagen ger stora friheter för den skogsägare som vill bedriva hyggesfritt skogsbruk. I båda länderna uttrycker skogspolitiken en önskan om ett mer variationsrikt skogsbruk, och hyggesfria skötselalternativ uppmuntras därför.

Finland

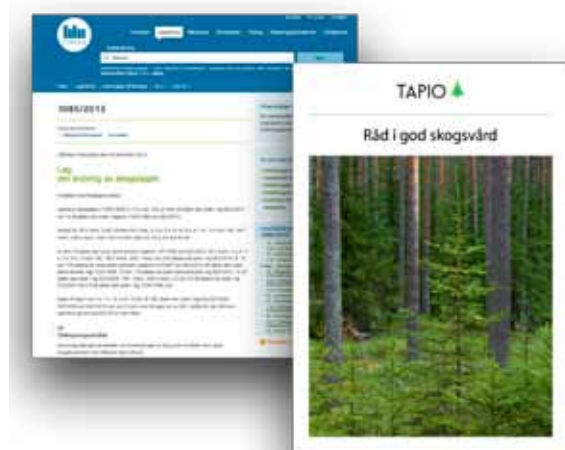
Den finska skogslagen kom i ny tappning 2014 (Lag om ändring av skogslagen 1085/2013). En skillnad från den tidigare lagen var att den nya ger större handlingsfrihet, men också större ansvar för skogsägaren. Den gamla lagen innehöll rikligt med detaljerade regler medan

den nya lagen bara anger ramarna för skogens skötsel. Syftet med lagen är att den ska trygga en hållbar skötsel och mångfald. Skogens ska skötas med skogsägarens egna mål som utgångspunkt, och tanken är att det ska leda till en större variation av skötselmetoder.

I skogslagen jämföras hyggesfria metoder med traditionella metoder i trakthyggesbruket. Den tillåter selektiv avverkning av enskilda träd (plockhuggning) och luckhuggning med små luckor. För att räknas som luckhuggning får luckan inte vara större än 0,3 hektar. Såväl plockhuggning som luckhuggning räknas som beståndsvårdande ingrepp som inte kräver aktiv föryngring. Det enda kravet är att det

kvarvarande beståndet ska vara tillräckligt tätt. Efter selektiv avverkning och luckhuggning måste den kvarvarande grundytan vara minst 5-10 m² per hektar (8-10 m² på "frisk mo" eller bördigare), och då räknas bara träd med minst 7 cm brösthöjdsdiameter in. Gränsen för grundytan varierar beroende på huvudträdsdrag, markens bördighet och läge i landet.

I Finland ansvarar Skogsbrukets utvecklingscentral Tapio för att omsätta lagen i skogsvårdsrekom-



Figur 6. Den finska skogslagen är en ramlag med stora frihetsgrader. I Råd i god skogsvård ges detaljerade rekommendationer om skötseln.

Hyggesfritt - metoder och omfattning

mendationer (figur 6, Råd i god skogsvård, Äijälä m.fl. 2014). Dessa är dock bara rekommendationer, inte tvingande regler.

”Det är historiskt att kalhyggesfritt skogsbruk nu tas med i Råd i god skogsvård. Att skogsvårdsmetoderna nu blir mångsidigare är dock mycket mera än kalhyggesfritt skogsbruk. Även i likåldriga skogar kan skogsvårdsmetoderna modifieras så att de motsvarar skogsägarens mål.”
(från Företal i Råd i god skogsvård)

Rekommendationerna skiljer på två skogsvårdsprinciper – likåldriga och olikåldriga skogar. I de olikåldriga är marken alltid skogbevuxen och där finns träd av alla åldrar: små planter, unga träd, äldre träd och ”stockträd”. De likåldriga kan vara både en- och tvåskiktade.

I den olikåldriga skogen rekommenderas plockhuggning i grandominerade bestånd på bördiga marker och i naturligt förnygrade tallskogar i norra Finland. Det selektiva uttaget görs med 15–25 års mellanrum, och uttaget kan variera från 70–100 m³ per hektar.

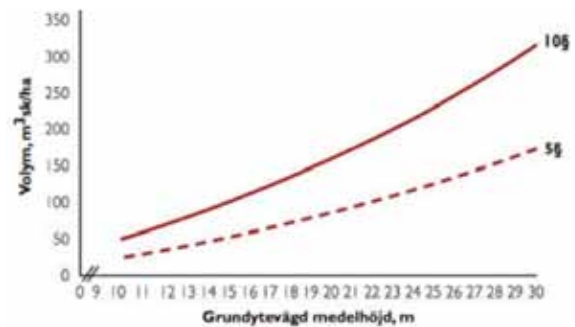
Luckhuggning rekommenderas i första hand i talldominerade bestånd där det finns goda förutsättningar för naturlig förnyring, i första hand på svaga marker och torvmarker. Om förnyringen lyckas kan luckan successivt utökas. Om det fungerar väl är hela det gamla beståndet avverkat efter en tredje huggning, och då har vi fortfarande kvar en olikåldrig skog där den först upptagna luckan kan börja gallras.

Sverige

Den svenska skogspolitiken uppmuntrar, på samma sätt som den finska, en mer varierad skogsskötsel där olika hyggesfria metoder ingår. Skogsvårdslagen har inget förbud mot hyggesfri skogsskötsel, däremot finns det begränsningar för hur stora uttagen får vara med hänsyn till beståndets långsiktiga produktion och möjligheter till förnyring.

Gränserna sätts av den så kallade §10-kurvan (skogsvårdslagen §10) som anger nivån för hur lågt virkesförrådet tillåts vara vid en viss medelhöjd på beståndet (figur 7). Virkesförrådet har i många studier visat sig vara starkt kor-

relerat med löpande tillväxt, och kurvan togs fram för att reglera hur hårt en gallring kan göras. När virkesförrådet når ner till kurvan så är den löpande tillväxten efter gallring ungefär 55–60 % av tillväxten i ogallrad skog (Lundqvist 2012). I undantagsfall kan volymen tillåtas sjunka under kurvan, till exempel vid skärmställning på mark som är lämplig för naturlig förnyring.



Figur 7. 10§ anger den nivå som virkesförrådet inte får understiga, och vid kurvan i 5§ inträder förnyringsplikt.

I en fullsluten skog som sköts med blädning är kurvan sällan ett problem, eftersom virkesförrådet ofta ligger ovanför kurvan efter avverkning. I en fullskiktad skog sjunker inte bara virkesförrådet efter avverkning utan också den grundtyevägda medelhöjden. I praktiken betyder det att man kan hugga hårdare i en fullskiktad skog än vid en gallring i en enskiktad skog (Lundqvist 2012).

Den svenska skogsvårdslagen är otydlig när det kommer till luckhuggning. Förnyringsavverkning som överstiger 0,5 hektar ska anmälas till Skogsstyrelsen, och det inträder krav på återbeskogning. Vid luckhuggning handlar det om mindre arealer i varje lucka, men det är oklart vilka krav som gäller för anmälningsplikten. Ett tänkbart scenario är att skogsägaren måste lägga samman arealen av alla luckor i ett och samma bestånd, och att det då krävs en anmälan om de tillsammans överstiger 0,5 hektar (där det enligt skogsvårdslagen krävs en avverkningsanmälan). För detta scenario talar en regel om att delområden belägna högst 100 meter från varandra ska behandlas som en enhet (Föreskrift 3:14 till SVL 14§).

Sammanfattande kommentarer

Både Sverige och Finland uppmuntrar en ökad användning av hyggesfria metoder men trots de tillåtande regelverken är metoderna fortfarande bara marginellt använda. Det finns flera förklaringar, enligt vår uppfattning. Den främsta är förmodligen att trakthyggesbruket har visat sig fungera väl, ge god och säker skogstillväxt och dessutom en bra ekonomi för skogsägaren. Dagens arbetssätt och maskiner är också utvecklade för trakthyggesbruket. Entreprenörer och planerare ”kan” trakthyggesbruk och känner sig trygga med skötselssystemet, och med en allt högre grad av naturhänsyn vid avverkning har miljöargumenten blivit något mindre starka för alternativa metoder.

Det finns dock många skogsägare som gärna vill se ett alternativ, och även från samhällets sida finns en önskan om ett mer variationsrikt skogsbruk och en större hänsyn till rennärning, friluftsliv och andra behov som missgynnas av kalavverkning.

Mångbruk, varierad skogsskötsel och sociala värden framhålls i allt fler politiska dokument. Den svenska Skogsstyrelsen anser till exempel att: *”hyggesfritt skogsbruk bör öka i omfattning, till exempel i tätortsnära skogar, i skogar med naturvärden knutna till lång trädkontinuitet och på skogsmark med stor risk för ras eller skred.”* (Bergqvist m.fl. 2016). Regeringen beslutade 2014 om ett etappmål i miljömålssystemet för ett mer variationsrikt skogsbruk (Naturvårdsverket 2016). I detta nämns hyggesfritt skogsbruk som en viktig metod som behöver öka i omfattning för att uppnå målet.

I delrapporterna för Nationellt skogsprogram (2016) finns rekommendationer om ökat mångbruk och ökad variation i brukandet (delrapport 1) och mer rådgivning om utförande och effekter av bland annat hyggesfritt skogsbruk (delrapport 2). Regeringen har också gett i uppdrag åt Skogsstyrelsen och Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) att utveckla modeller för adaptiv skogsskötsel med mål att öka variationen i brukandet av skogs-

landskapet. I det nya förslaget till FSC-standard som varit ute för konsultation under november 2016 finns möjligheten att ersätta avsättning för fri utveckling mot dubbla arealen kontinuitetsskogsbruk (FSC 2016).

Samma diskussion förs i Finland. I den nationella skogsstrategin 2025 (Jord- och skogsbruksministeriet 2015) är ett av målen att introducera mer naturnära skötselformer i det dagliga, praktiska skogsbruket. De gällande skötselrekommendationerna innehåller riktlinjer för skötsel av olikåldriga skogar, och det finns samtidigt diskussioner om skötselmetodernas betydelse för biologisk mångfald och andra ekosystemtjänster. Forskningen har också fokuserat allt mer på att jämföra skogsskötselssystem och att utveckla nya modeller och riktlinjer för hyggesfritt skogsbruk.

Sammantaget är vi övertygade om att efterfrågan på kunskap kommer att öka kraftigt under de närmaste åren. Det behövs också nya affärsmodeller som ger markägaren möjlighet att få ekonomisk ersättning för de alternativa ekosystemtjänster som ett hyggesfritt skogsbruk kan erbjuda. Parallellt med att praktiken provar sig fram och skaffar sig erfarenheter jobbar också forskningen med nya frågor om olika hyggesfria metoders genomförande och konsekvenser på virkesproduktion, miljö och andra värden. Här bidrar både svenska och finska forskare med studier om metodernas påverkan på ekonomi, tillväxt, klimatpåverkan och konsekvenser för miljön.

En fråga som också kommer att diskuteras mer är hur hyggesfritt skogsbruk ska definieras. Som vi har sett kan hyggesfritt skogsbruk vara mycket mer än blädning i fullskiktad skog. Alternativ som överhållen skärm eller luckhuggning kan vara metoder som bevarar ”skogskänslan” men som ändå går att kombinera med ett rationellt virkesuttag. I en annan artikel i denna rapport (Sonesson 2017) beskrivs till exempel de spännande försök med avverkning i schackrutor och med skärmar. Frågan om metoderna ska räknas som hyggesfria eller inte beror på vilka

utgångspunkterna och motiven är, till exempel om det är människans upplevelser, renens bete eller skoglig kontinuitet för den biologiska mångfalden som står i centrum.

Oaktat definitionen kommer dessa metoder i alla fall att bidra till ett mer variationsrikt skogsbruk. De innebär samtidigt utmaningar för lagstiftning och andra regelverk.

Referenser

- Bergquist, J., Edlund, S., Fries, C., Gunnarsson, S., Hazell, P., Karlsson, L., Lomander, A., Näslund, B.-Å., Rosell, S. & Stendahl, J. 2016. Kunskapsplattform för skogsproduktion. Tillståndet i skogen, problem och tänkbara insatser och åtgärder. Skogsstyrelsen Meddelande 1: 2016.
- Cedergren, J. 2008. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Skogsstyrelsen, Meddelande 1/2008.
- Diaci, J. 2006 (ed.). Nature-based forestry in Central Europe. Alternatives to industrial forestry and strict preservation. *Studia Forestalia Slovenica* Nr. 126.
- Espmark, K. 2017. Debatten om hyggesfritt skogsbruk i Sverige: En analys av begrepp och argument i svenskt pressmaterial 1994–2013. *Future Forests Rapportserie* 2017:2.
- Finnish Forest Centre, 2016. Metsäkeskus, www.metsakeskus.fi.
- Franklin, J. & Forman, R. 1987. Creating landscape patterns by forest cutting: Ecological consequences and principles. *Landscape Ecology* 1, 5-18.
- FSC, 2016. Revision av skogsbruksstandarden (konsultation september-november 2016).
- Hagner, M. 2004. Naturkultur. Mats Hagners bokförlag.
- Jord- och skogsbruksministeriet. 2015. Finlands nationella skogsstrategi 2025. Statsrådets principbeslut 12.2.2015. Publikationer av Jord- och skogsbruksministeriet 6a/2015.
- Lag om ändring av skogslagen 1085/2013. www.finlex.fi
- Lundmark, T. 2017. Sveaskog och hyggesfritt skogsbruk. Sveaskog, stencil.
- Lundqvist, L. 2012. Virkesproduktion och inväxning i skiktad skog efter höggallring. Skogsstyrelsen, Rapport 11.
- Mason, B., Kerr, G. & Simpson, J. 1999. What is continuous cover forestry? Forestry Commission, Information Note.
- Nationellt skogsprogram, 2016. Underlagsrapporter till arbetet med det nationella skogsprogrammet. Regeringskansliet.
- Naturvårdsverket, 2016. Sveriges 24 etappmål. Sveriges miljömål.
- Skogsstyrelsen, 2004. Kontinuitetsskogar – en förstudie. Skogsstyrelsen, Meddelande 1/2004.
- Skogsstyrelsen, 2016. Skogsvårdslagstiftningen. Gällande regler 1 januari 2016.
- Skogsstyrelsen, 2017. www.skogsstyrelsen.se
- SLU, 2003. Skogsdata 2003. Tema Skogens struktur. SLU, Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik, Umeå.
- SLU, 2016. Skogsdata 2016. SLU, Inst. för skoglig resurshushållning, Umeå.
- Sonesson, J. 2016. Virkesproduktion och ekonomi för olika exempel på hyggesfri skogsskötsel (denna rapport)
- SOU, 1993. Regeringens proposition 1992/93:226 om en ny skogsolitik.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (red.) 2014. Råd i god skogsvård. Skogsbrukets utvecklingscentral Tapio.

Föryngring och inväxning i flerskiktade skogar

Av Sauli Vätkonen och Lars Lundqvist

I en flerskiktad skog som sköts med någon form av blädningshuggning är frågan om föryngring och plantetablering egentligen underordnad. Det intressanta är inväxningen av unga träd som kan ersätta de enstaka större stammar som avverkas. Resultat från vetenskapliga fältförsök i Sverige, Norge och Finland visar att inväxningen sällan är ett problem i en fullskiktad granskog.

I en praktiskt skött blädningsskog kan dock inväxningen vara en begränsande faktor. En orsak kan vara att skogen inte är fullskiktad, det vill säga den innehåller inte tillräckligt mycket träd i alla storleksklasser. I takt med att de större träden avverkas måste nya rekryter hela tiden växa upp underifrån. Om de saknas kommer till slut skogen att bli så gles att den tappar tillväxt. En annan orsak i den praktiska skogen är att föryngring och små träd skadas av de upprepade avverkningarna.

Den här artikeln ger en kondenserad sammanfattning av vad vi känner till om föryngring och inväxning i flerskiktade gran- och tallskogar, och dessutom vilken betydelse det har för praktiskt skogsbruk och skogspolitik.

Artikeln bygger på vetenskapliga studier i fältförsök med flerskiktade skogar i Sverige, Finland och Norge, slutsatser från annan forskning samt erfarenhet både hos författarna och andra. Den som vill fördjupa sig och hitta källor kan ta del av litteraturen i referenslistan. En lättillgänglig sammanfattning finns också i Skogsskötselserien (Lundqvist m.fl. 2014).

En avgränsning

Hyggesfritt skogsbruk är ett diffust samlingsbegrepp för en mängd olika skötselmodeller med olika mål och förutsättningar för plantetablering och inväxning. Såväl skötsel som föryngringsmetoder i hyggesfria metoder är under utveckling. Skötselmodellerna innebär därför en osäkerhet, men också flexibilitet för skogs-



Figur 1. Föryngringen kommer, men den kommer långsamt under de större granarna. Foto Mats Hannerz.

Hyggesfritt - föryngring och inväxning

ägaren att prova nya bruknings sätt. I artikeln fokuserar vi på de skötselmodeller som vi känner bäst från forskning och praktik. Det handlar om selektiv avverkning av enskilda träd i fullskiktade skogar (blädning) och luckhuggning med gran. Sammanställningen kompletteras med en kort sammanfattning om flerskiktad skogsskötsel med tall.

Blädning

Varför behövs föryngring?

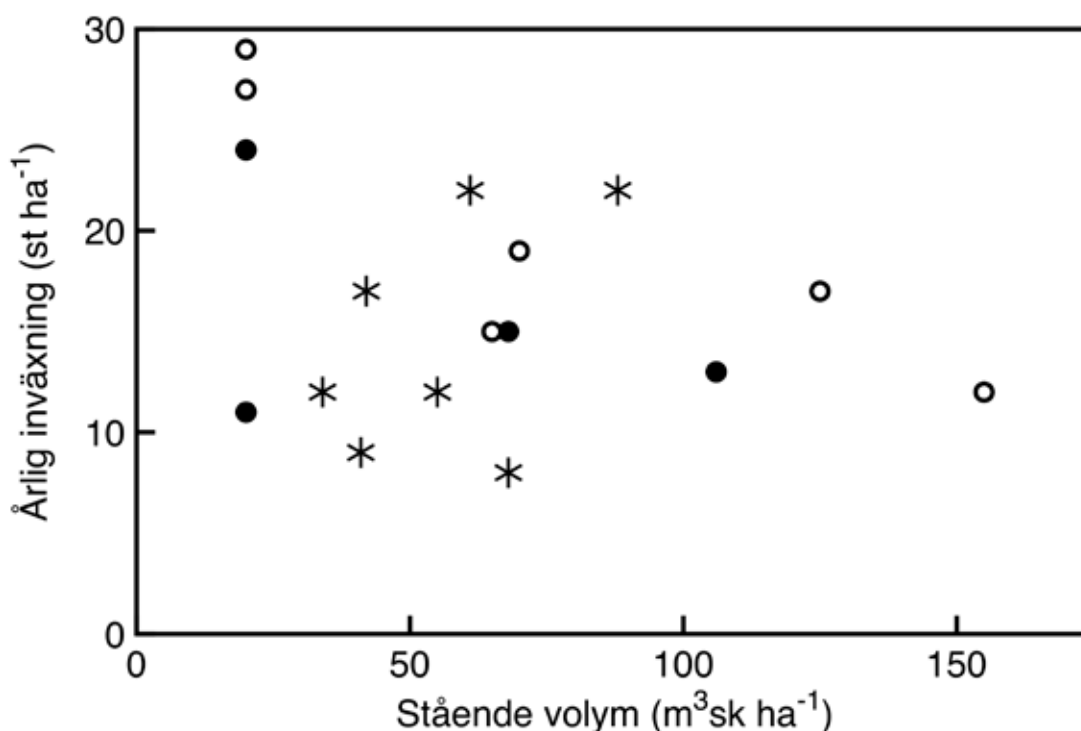
Vid blädning avverkas enskilda träd mer eller mindre likformigt i intervaller på tio till tjugو år. Avverkningen syftar till att ge ett ekonomiskt utbyte samtidigt som de kvarvarande träden ska kunna utvecklas. De återkommande huggningarna kräver att skördade träd hela tiden ersätts med ny inväxning underifrån – små träd som får chans att växa upp och bli nya gagnvirkesträd. För att trygga inväxningen krävs därför ett förråd av små träd, vilket i sin tur kräver ett kontinuerligt tillskott av naturligt föryngrade plantor.

Inväxning

Inväxning är den process när plantor eller små träd passerar en given minimidiameter så att de därmed blir en del av trädskiktet i beståndet. Vilken diameter som används varierar med praktiska, tekniska eller forskningsmässiga förutsättningar. En vanlig gräns i forskningen är att träden ska ha nått 5–8 cm i brösthöjdsdiameter (1,3 meters höjd).

I blädningsskogar med gran varierar inväxningen mellan cirka 30 och 60 träd per år och hektar om gränsen sätts till 10 cm höjd. Med en högre gräns (5–8 cm diameter i brösthöjd) är inväxningen naturligtvis lägre, ofta omkring 5–40 träd per år och hektar.

Inväxning och föryngring är sällan jämnt fördelad. I stället är den ofta samlad i grupper, medan andra delar i beståndet kan ha en svag eller utebliven inväxning. Det behöver dock inte vara ett problem eftersom olika trädskikt också är grupperade. Om grupperna ska glesas ut eller inte vid avverkningen är fortfarande en öppen fråga.



Figur 2. Sambandet mellan stående volym och mängden inväxning är långt ifrån glasklart. Cirklarna är från fasta försök (ofyllda från Jämtland, fyllda från Norrbotten) (Lundqvist m.fl. 2007). Stjärnorna är praktiskt skötta bestånd i Västerbotten (Lundqvist 2004).

Hyggesfritt - föryngring och inväxning

Huggningens inverkan på inväxningen varierar mellan olika studier. I kontrollerade försöksytor är det vanligen ett negativt samband mellan stående volym (eller grundyta) och mängden inväxning, det vill säga att inväxningen ökar ju mer beståndet glesas ut (figur 2). Det gäller dock inte i praktiskt skötta bestånd. En förklaring kan vara att intensivare huggningar leder till mer skador på de yngre träden, skador som lättare kan undvikas i kontrollerade försök.

I de långsiktiga fältförsöken är inväxningen normalt tillräckligt stor för att bibehålla både stamantal, virkesförråd och tillväxt i trädskiktet, förutsatt att avverkningen anpassas till takten på inväxningen.

Underväxt

Det krävs en tillräcklig mängd små träd och plantor (underväxt) för att inväxningen ska säkerställas. Både inväxning och underbestånd är beroende av att det rekryteras nya plantor som dessutom överlever och växer. I en fullskiktad granskog växer plantor och småträd mycket långsamt. Under nordiska förhållanden tar det i genomsnitt 40–60 år att nå brösthöjd, men det är en stor variation mellan bestånd

och träd. Än så länge har vi inga instrument för att förutsäga vilka delar av underväxten som kommer att få betydelse som framtida gagnvirkesträd. Det motiverar att avverkningen görs försiktigt så att skador på underväxten minimeras.

Hur många plantor som krävs för en viss inväxning är omöjligt att slå fast eftersom variationen mellan bestånd är så stor för faktorer som frögroning, plantetablering, tillväxt och dödlighet. Om alla plantor och små träd skulle överleva är det tillräckligt med en planta för att ersätta ett avverkat träd. I verkligheten räcker det förstås inte, många plantor dör av sjukdomar, torkstress, växtätare med mera. Det behövs därför ett överskott av plantor. Dessutom skadas plantor och småträd av huggningarna. De studier som finns tyder på att skadorna på underväxten ökar exponentiellt med huggningsintensiteten.

Ett exempel på en ståndort med goda betingelser för inväxning är tidigare dikade torvmarker, där beståndsunderväxten består av plantor som etablerades före dikning. Dessa beståndstyper kombinerar ofta en oregelbunden



Figur 3. Underväxten är ofta gruppställd i ett flerskiktat bestånd. Foto Erkki Oksanen/Luke.

Hyggesfritt - föryngring och inväxning

beståndsstruktur med goda förutsättningar för blädningsartat skogsbruk.

Plantetablering

Antalet planter vid ett tillfälle är ingen bra indikator på om föryngringen lyckats eller inte. Fröplantornas groning, överlevnad och tillväxt är en väldigt dynamisk process i de flerskiktade bestånden, en process som varierar stort mellan år och inom och mellan bestånd.

Ett exempel från den finska ERIKA-försöken illustrerar plantetableringen. Varje år gror ungefär 2000 nya granplanter, det vill säga totalt omkring 50 000 per hektar under en 25-års period. De flesta groddplanter kommer dock att dö under sitt första år, och en liten del kommer att nå höjden 10-30 cm, en storlek när de kan betraktas som etablerade och en del av beståndsunderväxten. I genomsnitt hittas 5 000-25 000 granplanter (11-130 cm höga) per hektar i ERIKA-seriens bestånd. Variationen är stor mellan bestånd, år och avverkningsmetod. Dessutom är plantorna ojämnt fördelade inom beståndet. Ungefär hälften av de 4 kvadratmeter stora provytorna i försöksserien har inga granplanter, trots att genomsnittet i

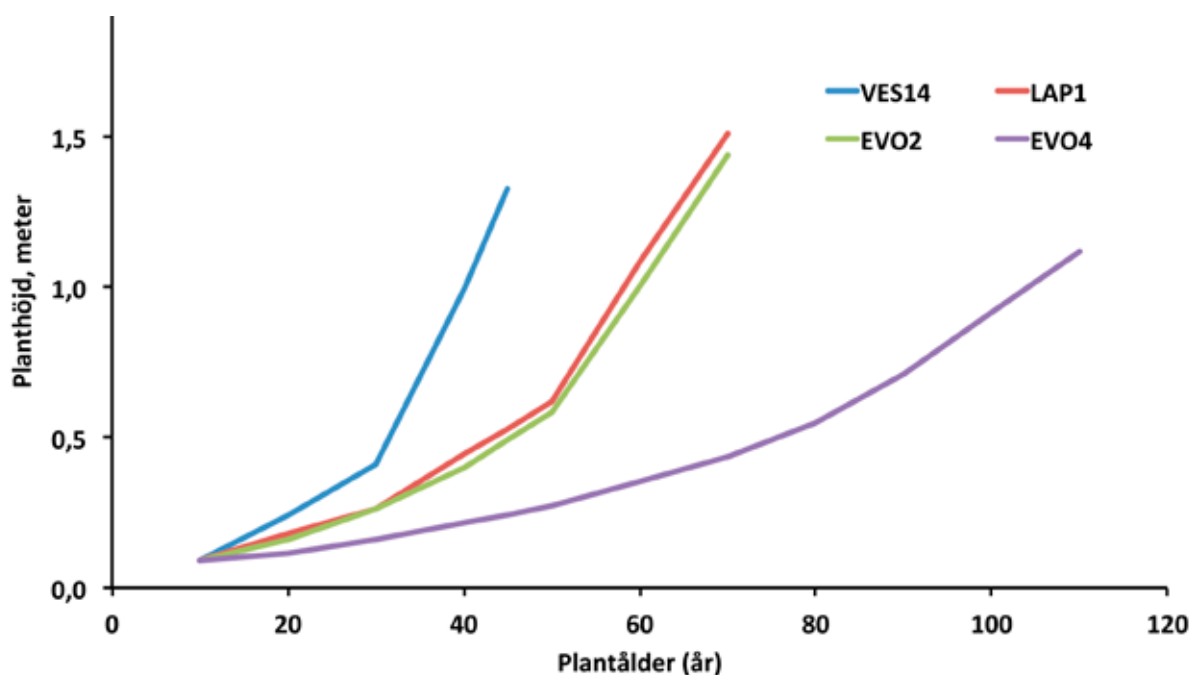
beståndet kan vara högt.

Föryngring kan utgöra en begränsning för beståndens inväxning i nordliga områden med låga temperaturer, små och oregelbundna fröfall, och tjocka humuslager. En fördel i de nordliga skogarna är dock att torrperioder under frögroningen inte är ett lika allvarligt problem som i sydligare delar av Sverige och Finland.

Ett uppenbart och bevisat faktum är att pionjärträdsdrag missgynnas i de flerskiktade granskogarna. Hit hör till exempel tall, björk, asp, ek och ask. Om den selektiva avverkningen kombineras med luckhuggning kan även dessa arter få en möjlighet även i den flerskiktade skogen.

Slutsatser om blädning

En generell slutsats från befintliga långliggande fältförsök med blädningsbruk är att det i praktiken är omöjligt att styra föryngring och inväxning i fullskiktad granskog enbart med själva blädningsingreppen. En förutsättning för att inväxningen ska räcka till är därför att avverkningsnivån anpassas till den förväntade in-



Figur 3. Granplantorna växer långsamt i blädningssskogen. Figuren visar exempel på genomsnittlig höjdtillväxt i fyra av försöksbestånden i den finska ERIKA-serien. VES14 respektive EVO4 är två extremer, medan LAP1 och EVO2 är genomsnittliga. Figuren omritad från Eerikäinen m.fl. 2014.



Figur 4. Pionjärträdsdrag kan gynnas av luckhuggning. Luckorna måste vara tillräckligt stora eftersom kanteffekterna i de små luckorna är stora. Foto Erkki Oksanen/Luke.

växningen, och att avverknings- och drivningsåtgärder utförs så att skador på underväxt och plantor minimeras.

Luckhuggning

Avverkning i små luckor har en del fördelar jämfört med avverkning av utspridda enskilda träd:

1. Det gynnar föryngringen och planttillväxten, särskilt när ett jämnårigt bestånd ska konverteras till ett flerskiktat bestånd.
2. Det skapas förutsättningar även för vissa pionjärträdsdrag att bli en del av det nya beståndet.
3. Det blir lättare att planera och utföra avverkningen.

I den finska skogsvårdslagen betraktas luckor på upp till 0,3 hektar (cirka 60 meter i diameter) som hyggesfritt skogsbruk. Optimalt bör dock luckorna i granskog vara mindre (30–50 meter) i södra Finland men större i norra, och dessutom kan de vara större på magra marker där det är mindre problem med hyggesvegetation.

Föryngringen ofta tillräcklig

Finska fältförsök med luckhuggning har visat att föryngringen ofta blir tillräcklig. Det gäller såväl fastmark i södra Finland som fastmark och dikade torvmarker i mellersta-norra Finland. I genomsnitt hittas 5 000–30 000 granplantor per hektar, och dessutom många plantor av andra trädsdrag. Målet vid föryngring av gran är ofta omkring 2 000 plantor per hektar.

I en uppföljning av fältförsök med luckhuggning var plantantalet 1 300–1 700, vilket är ungefär vad som brukar registreras i ordinarie trakthyggesbruk med plantering. Resultaten varierar mer mellan luckhuggna bestånd än mellan planterade, men helt misslyckade föryngringar är ovanliga.

Markberedning behövs ibland

Markberedning har visat sig förbättra groning och plantetablering (5–15 % fler huvudplantor), men det är osäkert om markberedning verkligen behövs vid luckhuggning. Normalt kan man avstå från markberedning på magra blåbärsristyper och i norra och mellersta Finland. I finska Lappland kan tjocka humustäcken

vara ett problem för frögroningen och där kan markberedningen dock fylla en funktion, även om det saknas forskningsresultat som styrker det.

Luckstorleken är en viktig faktor. Kanteffekten från omgivande bestånd är stor, och påverkar både frögroning och plantuveckling. Frögroningen är som störst närmast kanten och minskar in mot mitten av luckan, särskilt på bördiga marker. I luckans kanter är trycket från hyggesvegetation mindre, medan det kan utgöra ett problem i luckans centrum. Samtidigt växer plantorna långsamt nära kanten på grund av konkurrens från de större träden. I nordliga områden är kanteffekterna mindre uttalade eftersom det är mindre vegetationsproblem, och konkurrensen från omgivande träd är dessutom lägre.

Mer forskning behövs

Det är uppenbart att plantornas höjdtveckling är låg i självföryngrade luckor jämfört med planttillväxten på hyggen efter plantering. När plantorna väl har etablerats i luckan är nästa steg att vidga luckan så att plantorna får mer resurser för att utvecklas. Här tar dock våra erfarenheter slut. Vi saknar resultat som visar hur de kommande stegen bör se ut och hur luckföryngringen utvecklas långsiktigt.

Erfarenheterna så här långt pekar dock på att luckhuggning är en metod som fungerar och som uppfyller sina mål i de beståndstyper som har beskrivits. Det behövs dock mer forskning i andra områden och på andra typer av ståndorter.

Föryngring i flerskiktad tallskog

I tallskog brukar luckföryngring föreslås som förstahandsval. Preliminära resultat från fältförsök pekar på en tillfredsställande föryngring. Hur det passar in i ett tallskötselkoncept är dock oklart. Forskningen har visat att tallplantorna i luckorna utsätts för stora kanteffekter.

En tänkbar metod är att kombinera luckhuggning med en mer eller mindre oregelbunden tvåskiktad beståndsstruktur. Det övre

skiktet (skärmträden) kan bidra med frö, och underbeståndet kan kontrolleras genom att skärmen stegvis glesas ut. En sådan typ av skogsskötsel kan kombinera ett hållbart skogsuttag med fördelar för rekreation, virkeskvalitet och ekosystemtjänster.

Blädningsartat skogsbruk med avverkning av enskilda träd kan dock fungera i fjällnära skogar i norra delen av Sverige och Finland där föryngringen är långsam men oproblematisksk.

Referenser

Det finns en stor mängd litteratur om föryngring i blädade och luckhuggna skogar. Här är ett urval.

Chrimes, D; 2004; Stand development and regeneration dynamics of managed uneven-aged *Picea abies* forests in boreal Sweden; Thesis, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 304.

Chrimes, D, Nilson, K. 2005. Overstorey density influence on the height of *Picea abies* regeneration in northern Sweden. *Forestry* 78(4): 433-442.

Downey, M. 2015. Post-harvest natural regeneration dynamics across forest gaps in Central Finland. M. Sc. Thesis. University of Helsinki, Department of Forest Sciences.

Eerikäinen, K., Miina, J. & Valkonen, S. 2007. Models for the regeneration establishment and the development of established seedlings in uneven-aged, Norway spruce dominated forest stands of southern Finland. *Forest Ecology and Management* 242(2-3): 444-461.

Eerikäinen, K., Valkonen, S. & Saksa, T. 2014. Ingrowth, survival and height growth of small trees in uneven-aged *Picea abies* stands in southern Finland. *Forest Ecosystems* 1(5). 10 p. doi:10.1186/2197-5620-1-5;

Hanssen K. 2003. Natural regeneration of *Picea abies* on small clear-cuts in SE Norway. *Forest Ecology and Management*. 180: 199-213.

Hanssen K, Granhus A, Brække FH, Haveraaen O. 2003. Performance of sown and naturally regenerated *Picea abies* seedlings under different scarification and harvesting regimens. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18(4): 351-361.

Hökkä H, Repola J, Moilanen M, Saarinen M.

2011. Seedling survival and establishment in small canopy openings in drained spruce mires in Northern Finland. *Silva Fennica* 45(4): 633–645.
- Hökkä H, Repola J, Moilanen M, Saarinen M. 2012. Seedling establishment on small cutting areas with or without site preparation in a drained spruce mire – a case study in Northern Finland. *Silva Fennica* 46(5): 695–705.
- Hökkä H, Mäkelä H. 2014. Post-harvest height growth of Norway spruce seedlings in northern Finland peatland forest canopy gaps and comparison to partial and complete canopy removals and plantations. *Silva Fennica* 48(5): 1–16.
- Jakobsson R. 2005. Growth of retained Scots pines and their influence on the new stand. [Dissertation]. *Acta Univ Agric Suec.* 2005:34. 33 p + 4 appendix papers.
- Lähde, E. 1992. Regeneration potential of all-sized spruce-dominated stands. In: Hagner, M. (Ed.). *Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop, June 22–25 1992 Umeå*, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35: 111–116.
- Lähde, E. 1992. Natural regeneration of all-sized spruce-dominated stands treated by single tree selection. In: Hagner, M. (Ed.). *Silvicultural alternatives Proceedings from an internordic workshop, June 22–25 1992 Umeå*, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35: 117–123.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saks, T. 2002. Development of Norway spruce dominated stands after single-tree selection and low thinning. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 1577–1584.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saks, T. 1995. Undergrowth as a regeneration potential on Finnish peatlands. *Northern Forested Wetlands: Ecology and Management*. Lewis Publishers. London. pp. 121–131.
- Laiho, O., Pukkala, T. & Lähde, E. 2014. Height increment of understorey Norway spruces under different tree canopies. *Forest Ecosystems* 1(4): 1–8.
- Lin, J., Laiho, O. & Lähde, E. 2011. Norway spruce (*Picea abies* L.) regeneration and growth of understorey trees under single-tree selection silviculture in Finland. *European Journal of Forest Research* 131(3): 683–691.
- Lundqvist L. 1989. Blädning i granskog - strukturförändringar, volymtillväxt, inväxning och föryngring på försöksytor skötta med stamvis blädning [Use of the selection system in Norway spruce forests - changes in stand structure, volume increment, ingrowth and regeneration on experimental plots managed with single-tree selection]. [Dissertation]. Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå. 22 p + 4 appendix papers.
- Lundqvist L. 1991. Some notes on the regeneration on six permanent plots managed with single-tree selection. *Forest Ecology and Management* 46, 49–57.
- Lundqvist L. 1993. Changes in the stand structure on permanent *Picea abies* plots managed with single-tree selection. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8, 510–517.
- Lundqvist, L. 1995. Simulation of sapling population dynamics in uneven-aged *Picea abies* forests. *Annals of Botany* 76, 371–380.
- Lundqvist, L. & Fridman, E. 1996. Influence of local stand basal area on density and growth of regeneration in uneven-aged *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11, 364–369.
- Lundqvist, L., Chrimes, D., Elfving, B., Mörling, T. & Valinger, E. 2007. Stand development after different thinnings in two uneven-aged *Picea abies* forests in Sweden. *Forest Ecology and Management* 238, 141–146.
- Lundqvist, L. 2004. Stand development in uneven-aged sub-alpine *Picea abies* stands after partial harvest estimated from repeated surveys. *Forestry* 77, 119–129.
- Nilson K, Lundqvist L. 2001. Effect of stand structure and density on development of natural regeneration in two *Picea abies* stands in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 253–259.
- Øyen, B.-H. & Nilsen, P. 2002. Growth effects after mountain forest selective cutting in southeast Norway. *Forestry* 75: 401–410.
- Øyen, B.-H., Nilsen, P. 2004. Growth and recruitment after mountain forest selective cutting in irregular spruce forest. A case study in Northern Norway. *Silva Fennica* 38(4): 383–392.

Ruuska, J., Siipilehto, J. & Valkonen, S. 2008. Effect of edge stands on the development of young *Pinus sylvestris* stands in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 214-226.

Saksa, T. 2004. Regeneration process from seed crop to saplings - a case study in uneven-aged Norway spruce-dominated stands in southern Finland. *Silva Fennica* 38(4): 371-381.

Saksa, T. & Valkonen, S. 2011. Dynamics of seedling establishment and survival in uneven-aged boreal forests. *Forest Ecology and Management* 261(8): 1409-1414.

Siipilehto J. 2006. Height distributions of Scots pine sapling stands affected by retained tree and edge stand competition. *Silva Fennica* 40(3): 473-486.

Valkonen, S., Ruuska, J. & Siipilehto, J. 2002. Effect of retained trees on the development of young Scots pine stands in Southern Finland. *Forest Ecology and Management* 166(1-3): 227-243.

Valkonen, S. & Maguire, D. 2005. Relationship between seedbed properties and the emergence of spruce germinants in recently cut Norway spruce selection stands in Southern Finland. *Forest Ecology and Management* 210: 255-266.

Valkonen, S., Koskinen, K., Mäkinen, J. & Vanha-Majamaa, I. 2011. Natural regeneration in patch clear-cutting in *Picea abies* stands in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26(6): 530-542.

Valkonen, S. & Siitonen, J. 2016. Tree regeneration in patch cutting in Norway spruce stands in northern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 31: 271-278.

Zenner, E., Lähde, E. & Laiho, O. 2011. Contrasting structural dynamics of even-sized and uneven-sized *Picea abies* dominated stands over 15 years. *Canadian Journal of Forest Research* 41: 289-299.

Fröproduktion i flerskiktade granskogar

Av Markku Nygren, Kaisa Rissanen, Kalle Eerikäinen, Timo Saksa och Sauli Valkonen

Ien flerskiktad skog som bygger på in-
växning efter naturlig föryngring har
naturligtvis fröproduktionen bety-
delse. Utan frön, inga plantor som kan
växa upp till nya träd. Men hur ser frö-
produktionen ut, och finns det en fara
i en skötselmetod som konsekvent av-
verkar de grövsta träden som också är de
viktigaste kottproducenterna?

Det är ett välbekant faktum att granen har en oregelbunden fröproduktion. I södra Finland inträffar goda fröår en eller ett par gånger per årtionde. Fröskördarnas kvalitet varierar också kraftigt, bland annat på grund av insektsskador. Andelen tomfrön kan många gånger överstiga 50%. Variationen är också stor mellan träd i beståndet. Under goda fröår producerar de flesta träd frön, det är bara 2-10 % som saknar kottar.

Under dåliga fröår är andelen icke-blommande träd hela 55-98 % (Koski & Tallqvist 1978).

Mindre frö i flerskiktade skogar

Nästan alla studier av granens fröproduktion är gjorda i likåldriga bestånd. En studie av Saksa (2004) undersökte dock fröskördarna i fem flerskiktade bestånd i södra Finland under perioden 1990-2001. Den konstaterade att variationen mellan fröår var ungefär lika stor i likåldriga och i olikåldriga bestånd men att den totala fröskörden bara var ungefär hälften så stor i de flerskiktade bestånden. En förklaring är att det finns färre stora träd (brösthöjdsdiameter >25 cm) i de flerskiktade skogarna.

Erfarenheterna från de tidigare studierna visar alltså att det finns en stor variation mellan år och träd, och att det borde ha betydelse i en skiktad skog där ett mindre antal träd är stora och kan antas vara goda fröproducenter.



Figur 1. Samtliga träd fotograferades och efter bildbehandling kunde kottarna räknas automatiskt. Foton Luke/Markku Nygren.

Inventering i fem granbestånd

Denna fallstudie utnyttjade permanenta försöksytor i fem olika grandominerade bestånd i södra Finland (Nygren m.fl. 2017). Bestånden ligger alla på fastmark med blåbär som dominerande vegetationstyp (*Oxalis-Myrtillus* och *Myrtillus*-typ enligt Cajanders schema). Bestånden är skötta med blädning (uttag av enskilda träd) sedan 1980-talet och har mätts vid upprepade tillfällen sedan 1990-talet.

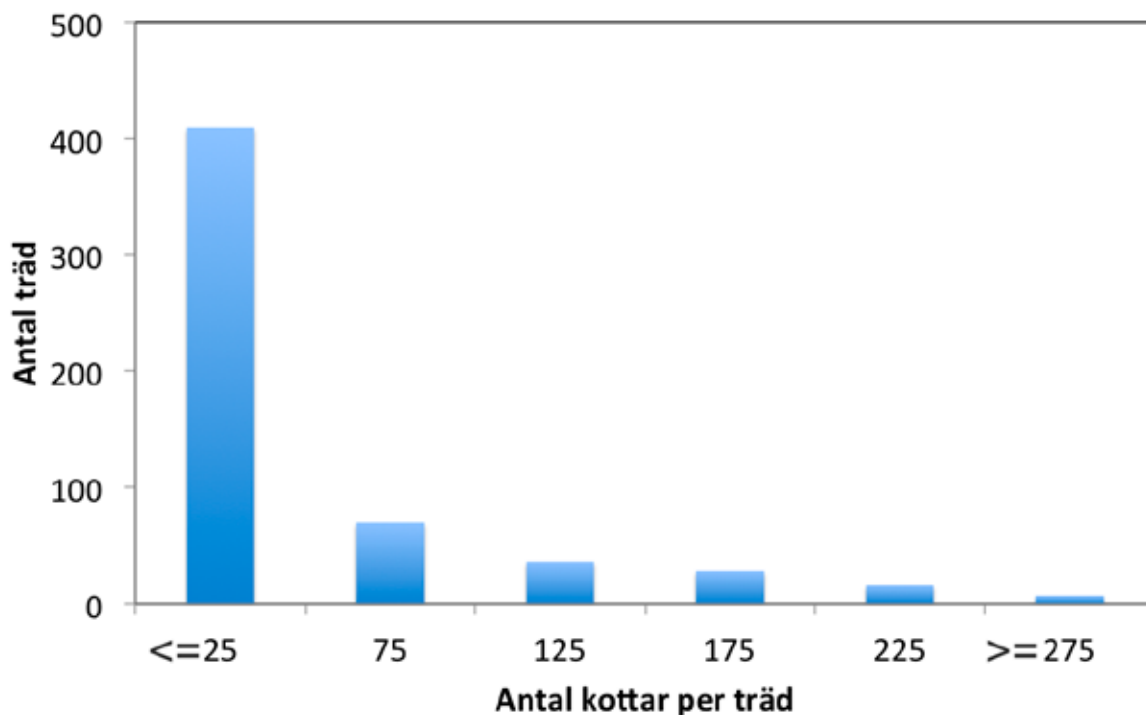
I fasta provytor slumpades träd i olika diameterklasser som undersöktes med avseende på kottproduktion år 2012 och 2014. Efter bortsortering av träd med defekter, till exempel skadade kronor, ingick 639 träd som analyserades. Alla träd fotograferades i juni 2014. Med bildbehandling kunde antalet kottar från olika årgångar beräknas på ett objektivt sätt (figur 1). I ett mindre urval träd (26 träd) samlades kottar in för fröanalys. Inget av de båda åren 2012 och 2014 betraktades som ett bra fröår.

Enstaka dominerande träd bidrar med mest frö

Av de 639 träden var 278 utan kottar år 2014 (270 år 2012) (figur 2). Hos de träd som bar kottar fanns i genomsnitt 92 kottar år 2014 (66 år 2012). Som mest hittades 526 kottar på ett träd år 2014 (364 år 2012). Ungefär en tredjedel av träden i studien hade åtminstone 20 kottar varje år.

Träddiametern var positivt korrelerad med kottförekomsten 2014 – ju grövre diameter, desto fler kottar. Samtidigt fanns ett negativt samband med grundytan i provytan – ju tätare bestånd, desto mindre kottsättning per träd (figur 3).

En jämförelse mellan de två åren 2012 och 2014 visar också att det är viktigt att identifiera de träd som är goda kottproducenter. De träd som hade kottar 2012 hade också väsentligt mer kottar 2014 (figur 4).



Figur 2. Få träd bidrar med större kottmängder, de allra flesta producerar inga eller mycket få kottar. Bilden visar fördelning på antal kottar 2014.

Dålig frökvalitet

Frökvaliteten i de två bestånd som undersöktes var dålig. Av de frön som röntgades efter 2014 års skörd var 44 % tomma och 29 % var skadade av insekter (*Plemeliella abietina*, granfrögallmygga, och *Megastigmus strobilobius*, granfröstekel). Endast 25 % var fyllda och grobara.

Bekräftat tidigare studier

Studien bekräftar att det är de dominerande, grövre, träden som står för huvuddelen av fröproduktionen. Träd i mellanskiktet producerar dock mer kottar än de undertryckta träden.

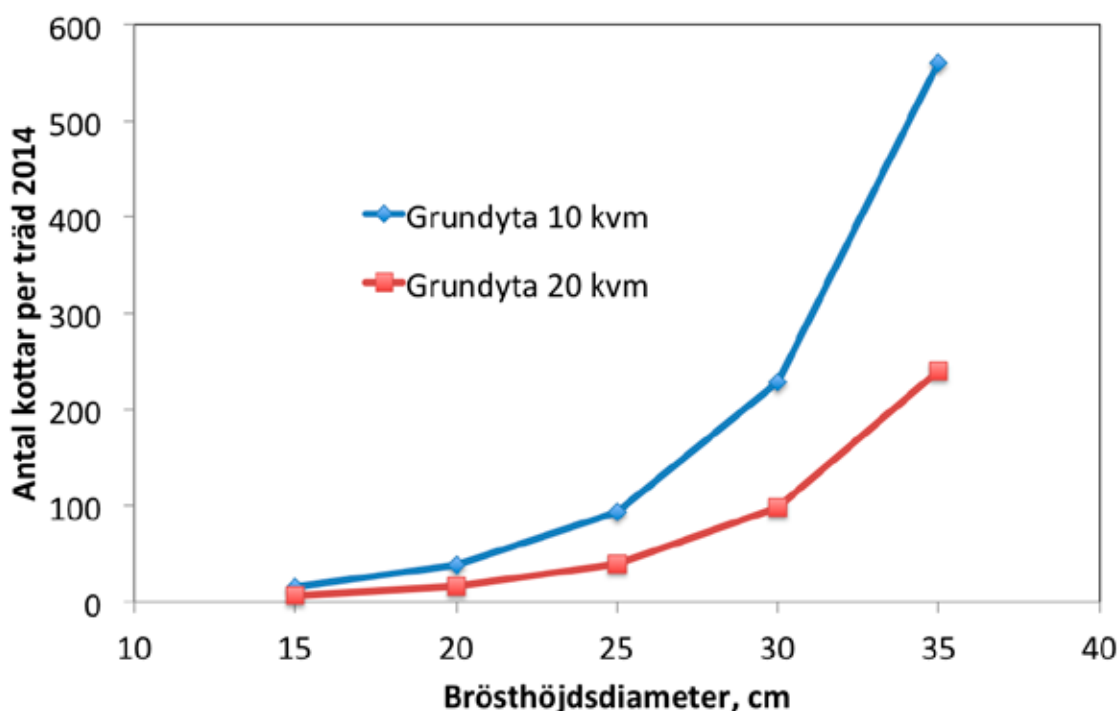
Studien bekräftar också att den individuella variationen är stor och att vissa individer är mer blommingsbenägna än andra. En slutsats är att det är värt att identifiera trädindivider med god kottsättning. Av de träd som hade minst 20 kottar år 2012 var sannolikheten 60 % att de skulle ha kottar även 2014. Av de kottlösa träden 2012 var det bara 9 % som gav kott år 2014.

Resultaten pekar på att om bestånden blir för täta minskar fröproduktionen. I provytor med hög grundyta finns också fler träd helt utan kottar.

Metoden som användes i studien visade sig vara väl fungerande. Tidigare har kottar inventerats med kikare från marken, en metod som påverkas av den mänskliga faktorn, väder och beståndets täthet. Fotografering och automatisk bildbehandling gav en mer rättvisande bild av antalet kottar, och med färgernas hjälp kunde nya och gamla kottar lätt åtskiljas.

Slutsatsen – spara och gynna de viktigaste kottproducenterna

En slutsats av studien är att det är viktigt att spara tillräckligt många stora träd i blädningsskogen för att säkerställa frötillgången. Om de största träden avverkas konsekvent minskar kottproduktionen. Det kan därför löna sig att identifiera individer med god kottproduktion och låta dessa stå kvar som fröträd



Figur 3. Ju grövre träd, desto fler kottar. De två linjerna visar antalet kottar vid inventeringen 2014 fördelat på två nivåer på beståndets grundyta, och det visar att fröproduktionen minskar när beståndet är tätare.

Hyggesfritt - fröproduktion

för att säkerställa föryngringen i beståndet. De kan också behöva friställas något för att gynna fröproduktionen. Detta är dock en balansgång, eftersom ett alltför glest bestånd riskerar att sänka pollenproduktionen.

Referenser

Hagner, S. 1965. Om fröproduktion, fröträdsval och plantuppslag i försök med naturlig föryngring. *Studia Forestalia Suecica* Nr 27.

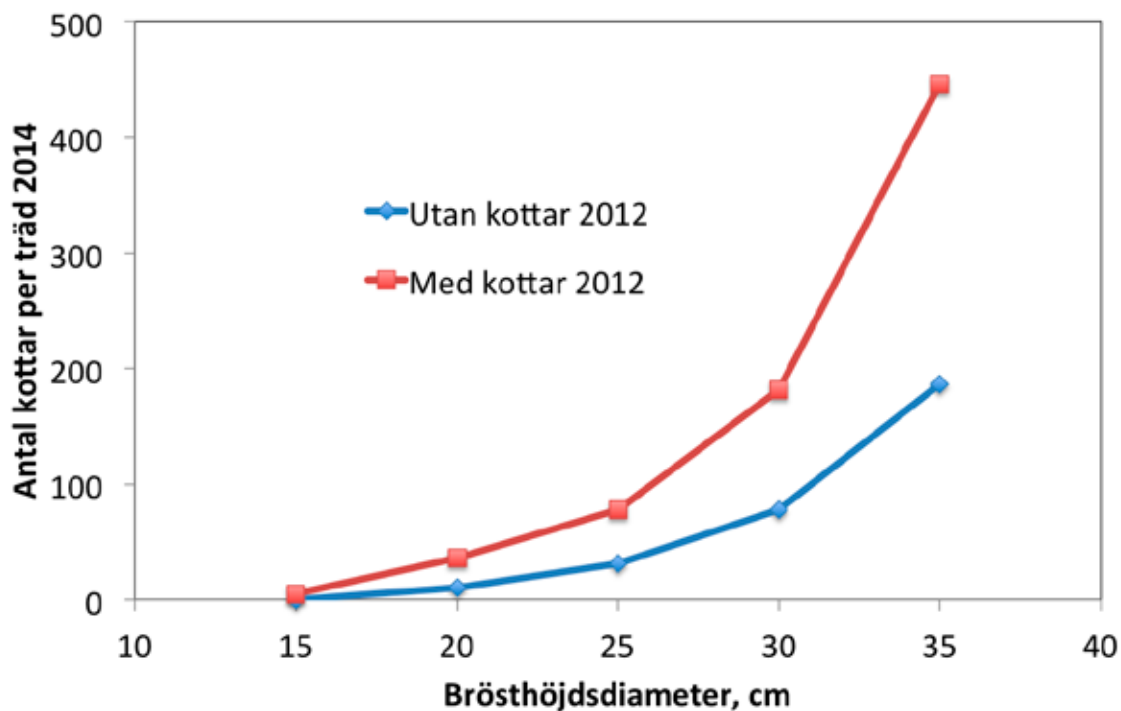
Nygren, M., Rissanen, K., Eerikäinen, K., Saksa, T. & Valkonen, S. 2017. Norway spruce cone crop in uneven-aged stands in southern Finland: A case study. *Forest Ecology and Management* (in press).

Saksa, T. 2004. Regeneration process from seed crop to saplings – a case study in uneven-aged Norway spruce-dominated stands in southern Finland. *Silva Fennica* 38, 371–381.

Tirén, L. 1951. Om hyggesgranen och dess betydelse för den norrländska granskogens föryngring. *Medd. Stat. Skogsforskn. Inst.* 39:8.



Figur 5. Granblomma på väg att bli befruktad. Foto Mats Hannerz.



Figur 4. Om träden hade kottar 2012 var sannolikheten också högre att de har kottar 2014. Det visar vikten av att identifiera de kottproducerande individerna.

Virkesproduktion i flerskiktade och enskiktade granskogar

Av Jari Hynynen

Flerskiktade, olikåldriga skogar har en lägre virkesproduktion än likåldriga skogar. Efter gallring reagerar träden i den likåldriga skogen snabbare med ökad tillväxt, medan undertryckta träd i den flerskiktade skogen behöver en omställningsperiod innan de börjar växa bra. Det är några av flera slutsatser från en jämförande studie av tillväxt i likåldriga och olikåldriga granskogar i Finland.

Den finska skogsvårdslagen ger stor frihet för de 350 000 skogsägarna att själva bestämma vilken skogsskötsel som uppfyller deras mål. Hyggesfritt skogsbruk med flerskiktade skogar är ett av många skötselsystem som är möjliga. I den finländska debatten föreslås hyggesfritt skogsbruk ibland som ett sätt att stärka den biologiska mångfalden, landskapsbilden, kolinlagringen och även lönsamheten. Det saknas dock mycket praktisk och vetenskaplig erfär-

enhet för att kunna avgöra de faktiska effekterna av hyggesfritt skogsbruk.

En viktig fråga är hur hyggesfria metoder påverkar virkesproduktionen, en fråga som har stor betydelse för försörjningen av en växande bioekonomi. Denna artikel gör en jämförelse av virkesproduktionen i likåldriga och olikåldriga skogar, med fokus på granskogar i södra delen av Finland.

Skötselprinciper i likåldriga och olikåldriga skogar

Det finns flera grundläggande skillnader mellan trakthyggesbruk med likåldriga bestånd och hyggesfria metoder med olikåldriga, flerskiktade bestånd.

Den första berör föryngring. Likåldriga granbestånd föryngras normalt med markberedning och plantering av täckrotsplantor medan de flerskiktade bestånden bygger på självföryngring. En annan skillnad handlar om röjning. Medan de likåldriga bestånden röjs i ungskoogsfasen till lämpligt förband, oftast handlar det



Figur 1. Den flerskiktade granskogen har en lägre virkesproduktion än den enskiktade, enligt de finska studierna. Foton Mats Hannerz.

om lövröjning, så behövs röjning oftast inte i flerskiktade skogar.

Beståndsvården i den likåldriga skogen handlar om att utveckla ett enskiktat bestånd där huvudstammar och nyttiga bistammar gynnas genom gallring. I den flerskiktade skogen ligger fokus på tillväxten hos enskilda träd och på inväxningen av nya träd (jämför figur 1). Det ställer krav på god kontroll av beståndets täthet. Om beståndet blir för tätt missgynnas mindre träd och träd i mellanskiktet som ska ta över när de grövsta träden avverkas. Många av de träd som lämnas efter en avverkning har varit undertryckta tidigare, vilket sannolikt påverkas deras förmåga till tillväxt.

Studie av tillväxt i likåldriga och olikåldriga skogar

I studien jämförs likåldriga och olikåldriga granbestånd i södra Finland med avseende på:

1. Skillnad i grundytetillväxt vid en given virkesvolym
2. Skillnad i grundytetillväxtens reaktion efter avverkning (plockhuggning jämfört med gallring).

Studien är i sin helhet presenterad i Hynynen (2016). Två olika dataset användes (tabell 1). Det ena utgjordes av 24 gallringsförsök i likåldriga, enskiktade granskogar som har följts under 13-52 år med 3-10 mätningar per försök. Det andra var en serie om 26 försöksytor (bestånd) där olika former av flerskiktad skogsskötsel utförts. Denna försöksserie har följts under 5-20 år med 2-5 mätningar per bestånd. Samtliga försök återfinns i södra halvan av Finland i granskogar med *Oxalis-Myrtillus* (OMT) och *Myrtillustyp* (MT), ungefär motsvarande lågört med ris och blåbärsristyp i det svenska vegetationstypsschemat. De är därmed representativa för över 80 % av alla granskogar i södra Finland.

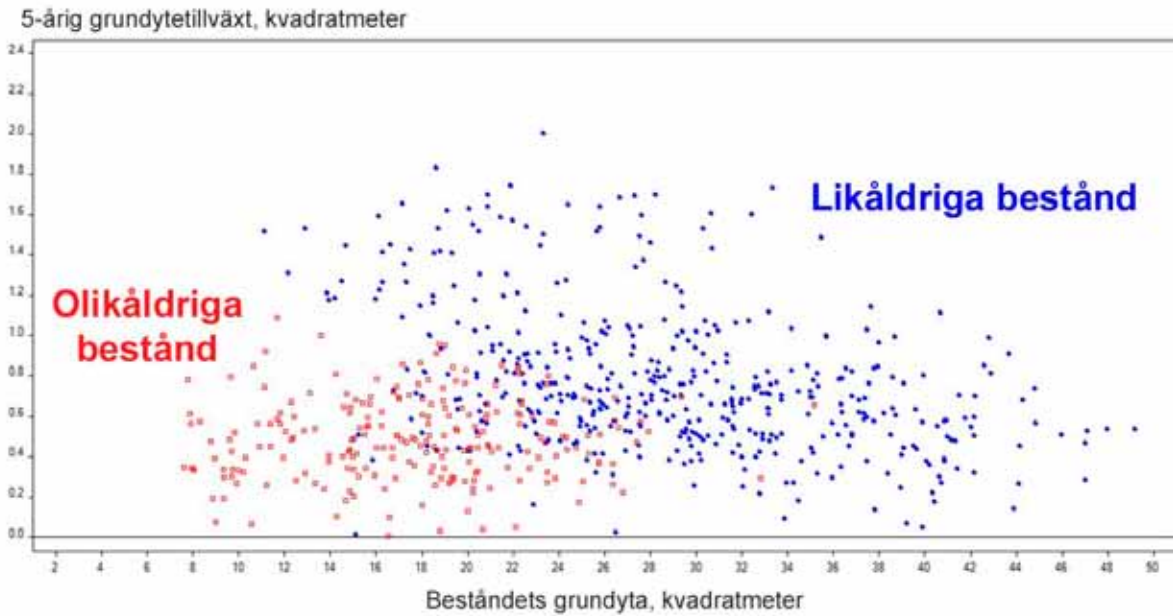
I modellerna som utvecklades användes 5-årig grundytetillväxt som förklarande variabel.

Högre grundytetillväxt i likåldriga försök

Grundytetillväxten var i genomsnitt 60 % högre i de likåldriga jämfört med de olikåldriga bestånden. En del av tillväxtskillnaden kan förklaras med att de likåldriga bestånden låg

Tabell 1. Data för de två uppsättningarna av försök.

Ståndort	Likåldriga bestånd	Olikåldriga bestånd
Temperatursumma, daggrader	1221	1178
Vegetationstyp		
Oxalis-Myrtillus	319 (70 %)	46 (20 %)
Myrtillus	125 (30 %)	184 (80 %)
Betåndsdata		
Grundyta, m ² /hektar	28,8	17,7
Beståndsvolym, m ³ /hektar	288	174
Medelhöjd, grundytävåg, meter	21,6	20,9
Medeldiameter d_w , grundytävåg, cm	22,3	25,7
Medeldiameter d_a , aritmetisk, cm	21	11,5
Kvot d_a/d_w	0,94	0,45
Tillväxt		
Grundytetillväxt, m ² per hektar och år	0,78	0,49
Volymtillväxt, m ³ per hektar och år	12	5,9
Avverkning		
Avverkad grundyta m ² per hektar	6,9	7,8
Avverkning, % av grundytan	21,3	28,8



Figur 2. Femårig grundytetillväxt i bestånd med olika täthet (grundyta) i likåldriga och olikåldriga försöksytor. De olikåldriga hade i genomsnitt en lägre täthet, men även vid samma täthet var tillväxten högre i de likåldriga bestånden.

på bördigare marker, 70 % återfanns i den högre bördighetsklassen. Bland de olikåldriga bestånden fanns 80 % i den lägre bonitetsklassen. Virkesvolymerna var också högre i de likåldriga bestånden, vilket förstärker tillväxtskillnaden. Här var det dock tydligt att tillväxten var högre i de likåldriga även vid samma beståndstäthet (figur 2).

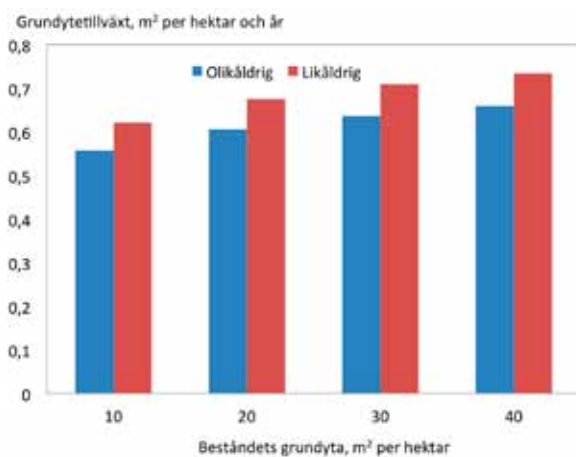
Grundytetillväxten efter avverkning var högre ju tätare beståndet var (figur 3). Vid samma grundyta var tillväxten 11 % högre i de

likåldriga än i de olikåldriga bestånden.

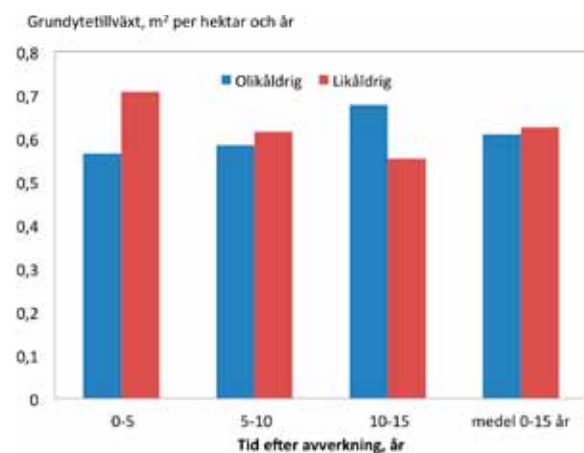
Snabbare "gallringsreaktion" i likåldriga försök

I de likåldriga bestånden hade de kvarvarande träderna en kraftig tillväxtreaktion redan de första åren efter gallring, men därefter minskade den relativa tillväxten.

I de olikåldriga bestånden kom tillväxtreaktionen senare. De första åren var tillväxten



Figur 3. Genomsnittlig grundytetillväxt under 15 år efter avverkning i likåldriga och olikåldriga granbestånd vid olika täthet på beståndet



Figur 4. Grundytetillväxt under olika perioder efter avverkning i likåldriga och olikåldriga bestånd.

cirka 25 % lägre än i de likåldriga bestånden, därefter ökade den. Under perioden 10–15 år efter avverkning var grundytetillväxten till och med 20 % högre än i de likåldriga bestånden. Under hela 15-årsperioden var dock den samlade grundytetillväxten högre i de likåldriga än i de olikåldriga bestånden (figur 3).

Långsiktigt lägre tillväxt

Studien visar att beståndstillväxten i medelålders, likåldriga, bestånd är högre än i olikåldriga bestånd vid samma beståndstäthet. Dessutom reagerar det likåldriga beståndet snabbare på en gallring än vad olikåldriga gör på en selektiv avverkning. En förklaring är att den olikåldriga skogen har mer undertryckta träd som behöver tid för att ställa om till nya förhållanden efter avverkning. Observationerna i denna studie stämmer överens med de förväntade resultaten.

Tillväxten i de olikåldriga granbestånden ligger i linje med tidigare försöksresultat. I denna studie var tillväxten i snitt 5,9 m³ per hektar. Andra studier har landat på tillväxter på 4,6–6,6 m³ per hektar (Lähde m.fl. 2001, Lähde m.fl. 2010, Laiho m.fl. 2011).

I de likåldriga bestånden var tillväxten i genomsnitt 12,0 m³ per hektar. Siffran representerar dock medelålders, fullslutna bestånd och kan inte jämföras med tillväxten i de olikåldriga eftersom den inte tar hänsyn till den lägre tillväxten i plant- och ungskogsfasen eller den sjunkande tillväxten vid högre åldrar.

Som ett genomsnitt för hela omloppstiden kan de likåldriga bestånden förväntas ha en tillväxt på cirka 7 m³ per hektar på *Myrtillus*-typ och 8,7 m³ per hektar på *Oxalis-Myrtillus*-typ. Simuleringar med verktyget MOTTI pekar på att planterade granskogar i södra Finland har en medeltillväxt på 7,7 respektive 10,0 m³ per hektar på respektive MT och OMT-typer.

Beroende av inväxningen

En jämförelse av den långsiktiga tillväxten hos olikåldriga och likåldriga bestånd är beroende av hur väl inväxningen av nya träd fungerar och hur snabbt unga träd kommer att nå avverkningsbar storlek. Nordiska resultat (se Valkonen och Lundqvist i denna rapport) pekar på att förnygring och inväxning i normala fall är tillräcklig, men att det finns en stor variation från plats till plats. Tillväxten hos naturligt förnygrade plantor är väldigt låg i de flerskiktade skogarna. Det kan ta 20–100 år att nå 1,3 meters höjd. Ju tätare bestånd, desto lägre tillväxt hos underbeståndet.

Balansakten i det olikåldriga skötselsystemet handlar om att hålla beståndet tillräckligt tätt för att inte tappa tillväxt, men också tillräckligt gles för att nya träd kan växa upp. En slutsats, baserat på denna och andra studier, är att den långsiktiga tillväxten kommer att vara lägre i olikåldriga bestånd.

Referenser

- Hynynen, J., Eerikäinen, K., Mäkinen, H. & Valkonen, S. 2017. Stand basal areal growth and growth response to cuttings in even-aged and uneven-aged Norway spruce stands in southern Finland. Submitted manuscript.
- Laiho, O., Lähde, E. & Pukkala, T. 2011. Uneven- vs even-aged management in Finnish boreal forests. *Forestry* 84, 547–556.
- Lähde, E., Laiho, O. & Norokorpi, Y. 2001. Structure transformation and volume increment in Norway spruce-dominated forests following contrasting silvicultural treatments. *Forest Ecology and Management* 151, 133–138.
- Lähde, E., Laiho, O. & Lin, J. 2010. Silvicultural alternatives in an uneven-sized forest dominated by *Picea abies*. *Journal of Forest Research* 15, 14–20.

Virkeskvalitet i flerskiktade skogar

Av Riikka Piispanen och Sauli Valkonen

Det finns en allmän föreställning om att virke från flerskiktade, olikåldriga, skogar har bättre kvalitet än virke från traditionellt skötta, likåldriga skogar. Uppfattningen har dock svagt stöd i vetenskap och praktik. Det finns helt enkelt få studier som direkt jämför skötselmodellernas inverkan på virkeskvaliteten.

Några av de studier som trots allt finns redovisas i denna artikel. Det är forskning från Luke som har genomförts dels i flerskiktade granskogar, dels i en oregelbundet tvåskiktad äldre tallskog. Resultaten visar att virkeskvaliteten i flerskiktade granskogar varierar stort både inom och mellan träd.

Det är möjligt att hitta stockar med utomordentlig kvalitet men det är också vanligt att stockarna har problem med tjurved eller ojämn årsringsutveckling, vilket ökar risken att de vrider sig efter sågning och torkning.

I genomsnitt är kvaliteten mellan likåldriga och olikåldriga granskogar likvärdig, men de likåldriga skogarnas sågtimmerkvalitet är mer förutsägbar. De likåldriga skogarnas kvalitet har också studerats mer intensivt, och det finns ett flertal modeller som kan förutsäga deras kvalitet.

I en äldre tallskog som har fått växa upp i flera skikt hittar man riktigt fint kvalitetsvirke. Här handlar det om stammar som har fått trängas och kvistrensas i ungdomen. När de sedan vuxit upp i det översta trädsiktet har de i stället fått växa fritt.

Om studierna

Gran i flerskiktade bestånd

Studierna i de olikåldriga granbestånden bestod av två delar, båda med material från försöksserien ERIKA, som innehåller 25 fältförsök i södra Finland. Serien är anlagd för att utvärdera effekterna av skogsskötsel med selektiv avverkning i skiktade bestånd.



Figur 1. Trädstammarnas inre kvalitet avslöjas i analyserna. Foto Riikka Piispanen.

Hyggesfritt - virkeskvalitet

Tabell 1. Data om träden i densitetsstudien i flerskiktad granskog, medelvärden.

Skogsskötselsystem	Antal träd	Ålder, år	Brösthöjdsdiameter, cm	Höjd, meter
Flerskiktad, olikåldrig	96	66	18	18
Likåldrig	27	49	21	21

I en densitetsstudie (Piispanen m.fl. 2013) undersöktes stamtrissor från totalt 96 träd i fem olika flerskiktade, olikåldriga bestånd (tabell 1). Som en jämförelse fälldes 27 granar från likåldriga bestånd skötta enligt trakthyggesprinciper. Jämförelsebestånden valdes ut i både södra Sverige och södra Finland, och representerade normalt skött skog i medelålders till äldre gallringsfas. Vedegenskaperna undersöktes med instrumentet SilviScan i Stockholm i samarbete med Innventia AB.

Studien är den första som fokuserar på densitet i olikåldriga granbestånd. Det är tidigare känt att låg tillväxt ofta leder till högre densitet, och att höggallring i gran medför att det kvarvarande beståndet har högre densitet än efter en låggallring. Hur densiteten varierar beroende på tillväxthastighet, position i beståndet och ålder hade däremot inte undersökts tidigare.

Studiens syfte var att undersöka effekten av flerskiktad skogsskötsel på diametertillväxt och veddensitet, sambandet mellan årsringsbredd

och densitet, samt veddensitet och diameter-tillväxt jämfört med likåldriga bestånd.

I ett andra steg undersöktes de mekaniska egenskaperna hos virke från flerskiktade bestånd. Här valdes 60 träd ut i bestånd från samma försöksserie som i densitetsstudien (Piispanen m.fl., manuskript). Träden valdes i två storleksklasser, 20–30 cm samt >30 cm i brösthöjdsdiameter. Från träden sågades både rotstockar och en stock från övre delen av stammen. Stockarnas kvalitet bedömdes först visuellt med avseende på egenskaper enligt systemet Nordiskt Trä – sorteringsregler, 1994 (Blå boken). Efter genomsågning enligt Nordiska regler och torkning till en fuktkvot på 12 % undersöktes de totalt 522 plankornas skevning och kompressionsved, och hur skevningen (vridningen) påverkades av faktorer som fibervinkel, grenantal och storlek, tillväxtvariationer och årsringsbredd.

Tall i tvåskiktat bestånd

Studien av flerskiktad tallskog gjordes i ett 181-årigt oregelbundet tvåskiktat tallbestånd i södra Finland (figur 2). I denna pilotstudie fälldes och sågades 14 träd från vardera från över- och underbeståndet. Det äldre överbeståndet var grovt, 40–60 cm i brösthöjdsdiameter. Resultaten har publicerats i en studentuppsats (Kulmala 2016).

Efter sågning och torkning till en fuktkvot på cirka 13 % undersöktes totalt 337 plankors



Figur 2. Gamla och medelålders tallar studerades Foto Riikka Piispanen.

densitet, kvistighet och elasticitetsmodul (med akustiska metoder). Plankorna graderades enligt Blå boken.

Ojämn densitet inom och mellan träd

Densiteten är en nyckelegenskap hos virke eftersom den påverkar både sågtimrets hållfasthet och massavedens utbyte. Gran i flerskiktade bestånd har normalt en hög densitet och smala årsringar nära mörgen i nedre delen av stammen. Orsaken är den långsamma tillväxten under trädens ungdomsfas.

Densiteten i den olikåldriga skogen sjunker snabbt från den innersta delen kring mörgen ut till ungefär den 20:e årsringen (figur 3). Därefter ökar den igen ut till barken. I de allra yttersta årsringarna minskar densiteten igen. I ett jämnårigt bestånd ökar däremot densiteten relativt kontinuerligt från mörgen ut till barken.

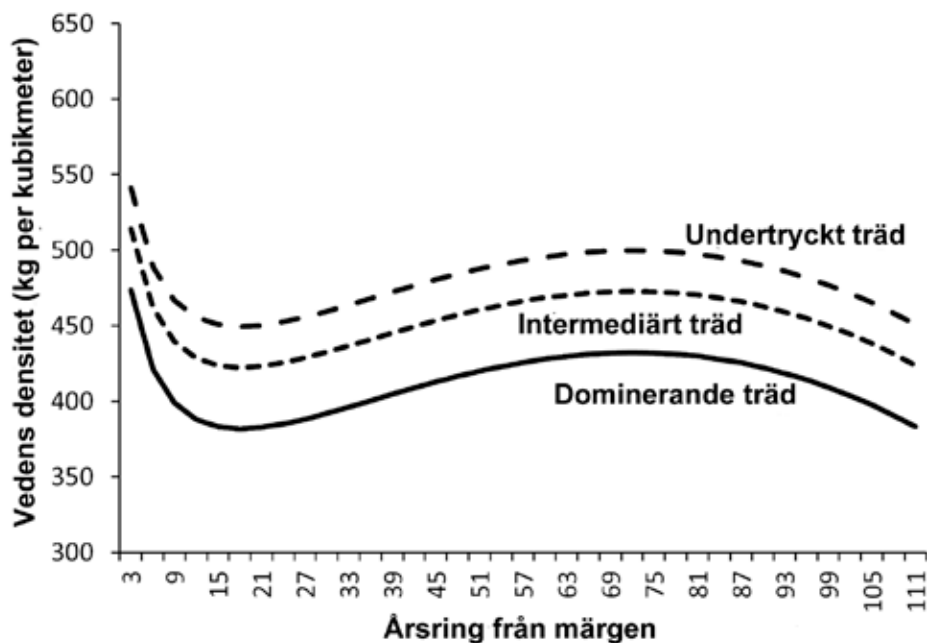
Den genomsnittliga densiteten skiljer sig dock inte mycket mellan likåldriga och olikåldriga bestånd. Den stora skillnaden är att densiteten varierar stort både inom och mellan träd i

det flerskiktade beståndet. Trädens diameter-tillväxt påverkas starkt av trädens position i ett olikåldrigt bestånd. I undertryckta träd är densiteten hög, medan dominerande trädets densitet liknar den i de likåldriga skogarna.

Ökad skevhet och mera kompressionsved

De sågade stockarna från flerskiktade granbestånd klassades enligt Blå boken från A (bäst kvalitet) till D. Inom klasserna görs ytterligare uppdelning, där klass A1 har den allra högsta kvaliteten.

Det mest uttalade problemet med virke från de flerskiktade granskogarna var skevhet, det vill säga att brädorna vrider sig efter sågning och torkning (figur 4). Trä är anisotropiskt, det vill säga att det har olika fysikaliska egenskaper i olika riktningar vilket leder till att det deformeras under torkningen. Skevhet och kvistar är viktiga problem i granvirke som ska användas till snickeriarbeten, paneler och dekorer. För konstruktionsvirke är andra egenskaper också viktiga, som densitet och hållfasthet.



Figur 3. Modell för densitetsutvecklingen från mörge till bark i den flerskiktade granskogen. Densiteten sjunker snabbt från mörgen ner till cirka 20:e årsringen, ökar därefter men minskar igen närmare barken. Resultaten visar att densiteten är högst hos träden i underbeståndet och lägst hos de dominerande träden i överbeståndet. (diagrammet omritat från Piispanen m.fl. 2013).



Figur 4. Skevhet (vridning) av det sågade virket minskar utbytet och värdet för snickeri och byggindustri. Foto Erkki Oksanen/Luke.

Årsringarnas krökning i tvärsnittet och fibervinkeln är egenskaper som påverkas av var i stammen brädan sågas ut. Virkets vridning ökar mot mörgen eftersom fibervinkeln och årsringarnas krökning är som störst där. Den höga densiteten och en abrupt ökning av årsringsbredden tillsammans med minskad densitet gav en generellt ökad skevhet hos virket från de flerskiktade bestånden.

Dessa granar innehöll också en hög andel kompressionsved (tryckved), även om vi inte kunde se att den faktorn direkt påverkade skevheten. Kompressionsveden bidrog dock till att virket graderades i en lägre klass. Det var den främsta förklaringen till att en hög andel av rotstockarna hamnade i klass A4.

Andra egenskaper som bestämde klassstillhörigheten var kvistar och skevhet. Andelen kompressionsved var hög i två av bestånden, men det är också ett vanligt problem i likåldriga granbestånd.

Enskilda stockar med god kvalitet

Våra studier visade att virke från flerskiktade granbestånd inte är bättre än virke från likåldriga granskogar. I genomsnitt ger de båda skötselsystemen en likvärdig kvalitet. Skillnaden är dock att virket från det flerskiktade beståndet varierar mycket mer, både inom och mellan stammar. Här hittar man stockar med hög kvalitet, små kvistar och smala årsringar, medan andra stockar kan ha dålig kvalitet med deformationsproblem och hög andel kompressionsved.

En slutsats är att flerskiktade granskogar kan producera bra virke som passar till paneler och limmade snickeriprodukter, medan de likåldriga bestånden ger virke som passar bättre för bärande konstruktioner.

Om beståndet är påverkat av rotröta påverkas virkesvärdet kraftigt. Rotröta är ett vanligt problem i flerskiktade granskogar i södra

Finland. Om rötfrekvensen är hög kan enda valmöjligheten vara att byta trädslag.

Hög kvalitet i gamla, skiktade tallskogar

I motsats till gran så kan flerskiktad skogsskötsel med tall skapa fina virkeskvaliteter. I pilotstudien konstaterade vi att virkeskvaliteten i det övre, dominerande trädskiktet, var mycket hög. Över 50 % av rotstockarnas furu klassades som klass A1, den bästa klassen. Sextio procent av plankorna från rotstocken tillhörde klass A.

Den enda svagheten i detta bestånd var att träd i överbeståndet tenderade att ha ändsprickor. En förklaring är att de gamla träden med sina tunga kronor har skapat en stress i stammens ved. Dessa 30 meter höga träd hade vuxit halva delen av sitt liv som fristående. I rotstockarna var långvarig mekanisk stress orsak till sprickor och kådlåpor. Å andra sidan gav överbeståndet många plankor med den högsta hållfastheten i centrumutbytena, och dessutom kvistfria plankor från rotstocken.

Flerskiktad skogsskötsel i tall kan alltså vara en metod för att skapa högkvalitativt virke för sågning. Mer forskning behövs dock, bland annat för att utreda de ekonomiska konsekvenserna av sådana skötselsystem.

Referenser

Kulmala, A. 2016. Virkeskvalitet i ett tvåsiktat olikåldrigt tallbestånd. [Erirakenteisen kasvatustavan vaikutus mäntysahatavaran laatuun] Master's Thesis. Häme University of Applied Sciences, Hamk. Degree Program in Forestry, Evo Campus. 40 s.

Nordiskt Trä – sorteringsregler, 1994 (Blå boken), Suomen sahateollisuusmiesten yhdistys.

Piispanen, R., Heinonen, J., Mäkinen, H., Lundqvist, S.-O. & Saranpää, P. 2013. Wood density of Norway spruce in uneven-aged stands. Canadian Journal of Forest Research 44, 136–144.

Piispanen, R., Heikkinen, J., Pyörälä, J. & Valkonen, S. 2017. Wood quality and related wood properties of Norway spruce trees in uneven-aged stands. Manuskript.



Figur 5. Exempel på hög kvalitet. Till vänster plankor från centrumutbytet, till höger en kvistfri sidobräda. Foto Riikka Piispanen.

Drivningskostnader i hyggesfritt skogsbruk

Av Rikard Jonsson och Johan Sonesson

Avverkningsarbetet i det hyggesfria skogsbruket är dyrare och drar mera bränsle jämfört med att gallra och slutavverka i det konventionella trakthyggesbruket. Drivningskostnaden ökar med 28 procent och dieselförbrukningen med 21 procent under en omloppstid.

Det visar en svensk tidsstudie av avverkning och skotning i fyra grandominerade och flerskiktade bestånd spridda från Småland i söder till Ångermanland i norr (figur 1). Bestånden avverkades som blädning, medan närliggande referensbestånd slutavverkades eller gallrades. På det sättet kunde prestationen i blädning jämföras med konventionell avverkning i trakthyggesbruket.

Studien i de blädade försöksytorna omfattade totalt 598 blädade stammar som tidsstuderades på momentnivå, det vill säga skogsmaskinens olika moment som till exempel körning, kranarbete, positionering, kvistning-kapning

och fällning. Skador på träden noterades också.

Eftersom tidsstudien tog hänsyn till trädens volymer och diametrar kunde tidsåtgången för kommande blädningssingrepp också beräknas.

Första och senare blädningssingrepp

En skiktad skog som tidigare inte blädats startar med en så kallad ”inledande blädning”. Vid detta tillfälle huggs till exempel stickvägar upp om det inte redan finns. Stickvägshuggningen kan normalt göras rationellt med metoder som liknar dem i normalt gallringsskogsbruk. Uttaget mellan stickvägarna görs dock som traditionell blädning, där de utvalda mogna träden avverkas.

Vid de återkommande avverkningarna i en blädningsskog använder man bara det stickvägsnät som skapades vid den inledande blädningen. Då avverkas endast de selektivt valda stammarna. Det ökar andelen kranmoment. Eftersom uttaget ofta sker i de övre diameterklasserna så blir antalet avverkade träd per



Figur 1. De fyra bestånden i studien, från övre vänster till nedre höger: Vansbro (Dalarna), Enviken (Gästrikland), Sidensjö (Ångermanland) och Ingatorp (Småland). Foto Rikard Jonsson.

arealenhet lägre trots samma uttag av volymer. Då ökar tidsåtgången per stam.

Lägre prestationer och högre kostnader i blädning

Studien visade att avverknings- och drivningskostnaden är högre vid samma medelstamvolym om man blädar jämfört med både slutavverkning och gallring (figur 2-3). Observera att medelstamvolym i blädning generellt är betydligt grövre än både slutavverkning och gallring i likvärdiga bestånd då främst de grövsta träden tas ut

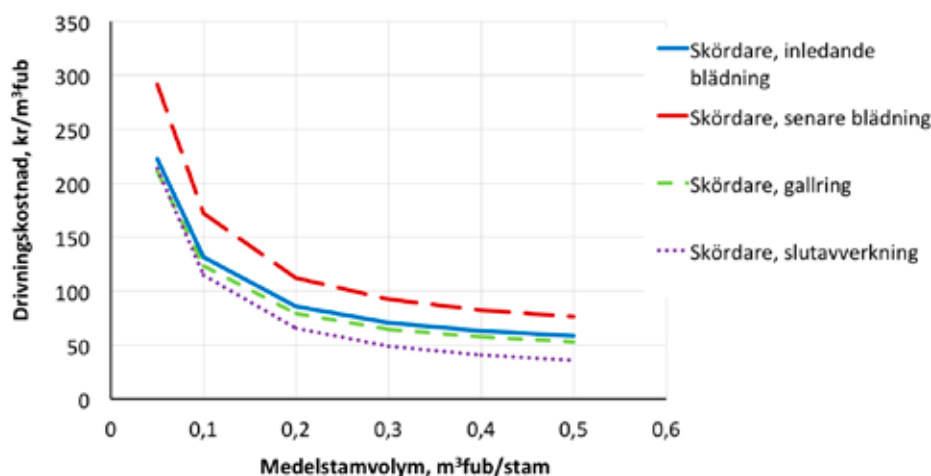
En beräkning för hela omloppstiden visade att drivningskostnaden var i genomsnitt 137 kr per m³fub i blädning och 107 kr per m³fub i slutavverkning. Varje kubikmeter kostade alltså

30 kronor mer att avverka och skota (28 %). Dieselförbrukningen var också 21 % större i blädning jämfört med trakthyggesbruk.

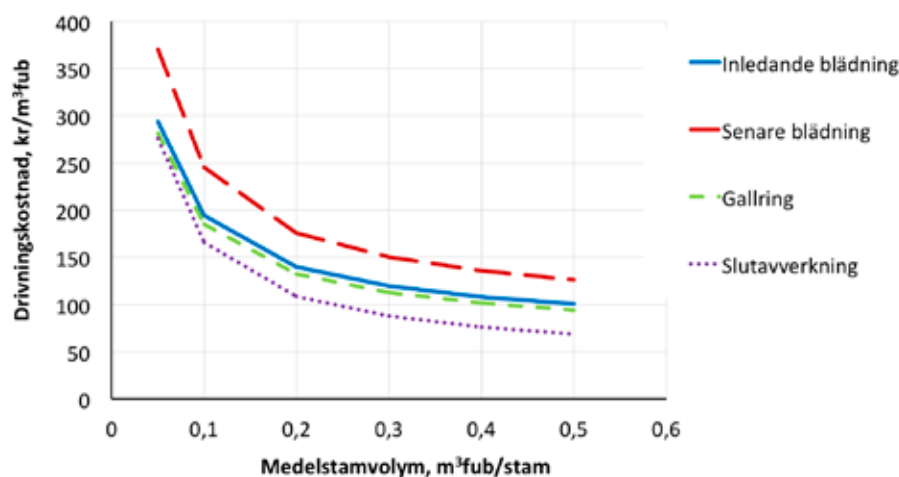
En förklaring till att avverkningen är mera kostsam i blädningsbruket är att den mera liknar gallringsarbete. Tidsåtgången blir större eftersom maskinerna måste ta hänsyn till de kvarstående träden. Vid blädningen används också större skördare eftersom uttagen riktas mot de största träden. I en gallring kan en billigare medelstor skördare användas.

En annan förklaring är att maskinerna i den blädade skogen måste återkomma flera gånger för att skörda de träd som blir mogna.

Studien visade dock att skadorna var få på de kvarvarande stammarna. En del skador noterades dock i det tätaste beståndet.



Figur 2. Kostnaden per m³fub för skördare i förhållande till medelstamvolymen. Åtgärderna görs generellt med väldigt olika medelstamvolymsuttag.



Figur 3. Drivningskostnaden (avverkning plus skotning) per m³fub i förhållande till medelstamvolymen. Åtgärderna görs generellt med väldigt olika medelstamvolymsuttag.

Konsekvenser av blädning i större skala

I studien gjordes en beräkning av konsekvenserna på avverkningsnivå, kostnad och dieselförbrukning om blädning skulle tillämpas på 10 % av landets produktiva skogsmarksareal.

- Tillväxten minskar. En 30 % lägre tillväxt antas realistisk baserat på försöksresultat från SLU. Den årliga tillväxten i dessa skogar sjunker då från 8,0 till 5,6 miljoner m³fub per år.
- Drivningskostnaden ökar med 168 miljoner kronor (förutsatt att blädningen omfattar 5,6 miljoner m³fub/år).
- Dieselförbrukningen ökar med 2470 m³/år.

Slutsatser och praktiska råd

Gallringsnormen kan användas i blädning

När man blädar en skog för första gången, ofta med öppnande av stickvägar (inledande bläd-

ning), överensstämmer tidsåtgången för både skördare och skotare med normal tidsåtgång i gallring. Skördarens prestation i blädning var i studien endast en knapp procent högre än förväntad prestation i gallring (Brunberg 1997). Skotaren låg endast tre procent från gallringsnormen. Däremot visar resultaten att det selektiva stamvalet utanför stickvägsnätet gav 30 procent högre tidsåtgång för skördaren än i inledande blädning.

Det här talar sammantaget för att den befintliga gallringsnormen för skotare (Brunberg 2004) också kan användas för prognos av skotarens prestation i både inledande blädning och senare blädning.

Vid bedömning av skördarens prestation kan blädningsskogens avvikelser från en vanlig, homogen gallringsskog sannolikt fångas genom justering för antal kvarstående stammar, antal uttagna stammar och om skogen har höggallrats.

För skördarens prestation har medelstamvolymen störst inverkan. I en heterogen



Figur 4. Stora skördare behövs i blädningsarbetet eftersom de ska hantera grova träd. Bilden är från försöket i Sidensjö, Ångermanland. Foto Rikard Jonsson.

volymbläddad skog är uttagna stammar betydligt grövre än om skogen hade skötts för att bli homogen och gallrats. Skillnaderna mellan skotning i gallring, inledande blädning och senare blädning kan troligen fångas genom variabler i befintlig norm, bland annat transportavstånd och virkeskoncentration.

Skördarna var för små

Flera förare bedömde att deras skördare var för liten för de grova bestånden, och att det gav en lägre prestation. Under studierna hade alla skördare problem med grova stammar på långa avstånd. Arbetsmetodiken vid skotning borde inte skilja sig från gallring av enskiktad skog, men skördarens arbete påverkas avseende stamval. Skördarförare som är vana vid blädning bör därför kunna uppnå en högre prestation än vad som noterats i denna studie.

Underväxten viktig

Underväxten har varit gles i studiebestånden och slutsatser kan därför inte dras om dess inverkan på prestationen. Men underväxten är avgörande för beståndsutvecklingen, d.v.s. inväxning av nya träd, och för att ta tillräcklig hänsyn till den ökar troligen tidsåtgången eftersom kranarbetet måste göras försiktigare.

Uppföljning krävs

Uttagen volym var i genomsnitt sju procentenheter lägre än målsättningen. Detta beror sannolikt på att förarna i studien inte var vana att bedöma uttag och genomföra stamval i bläd-

ning. Vid blädning är uppföljning av volymuttag för skördarförare minst lika viktigt som vid konventionell gallring, vilket kan underlättas av automatiserad uppföljning, t.ex. Skogforsks beslutsstöd "hprGallring".

Vid blädning rekommenderas:

- stor skördare i kombination med mellanstor skotare
- förare med tidigare erfarenhet av liknande åtgärder, företrädesvis gallring
- att instruera skördarförare i stamval och följ upp volymuttag, med fördel genom metodiken för automatiserad gallringsuppföljning
- att planera stickvägsnätet noggrant.

Referenser

Brunberg, T. 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. Redogörelse nr. 8. Skogforsk.

Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Redogörelse nr 3. Skogforsk.

Jonsson, R. 2015. Prestation och kostnader i blädning med skördare och skotare. Arbetsrapport från Skogforsk nr 863-2015. 28 s.

Virkesproduktion och ekonomi för olika exempel på hyggesfri skogsskötsel

Av Johan Sonesson

Blädning är bara ett exempel på alternativ till kalhyggesbruk. Future Forests har också studerat metoder som luckhuggning och överhållen skärm. I den här artikeln jämförs de olika skötselalternativen inverkan på ekonomi och långsiktig virkesproduktion. I analysen ingår också omföring av enskiktad till flerskiktad skog.

Studien utgår från fyra olika skogsbestånd som sköts enligt någon av följande principer: blädning, omställning till blädning, geometrisk luckhuggning samt överhållen skärm. Bestånden och skötselalternativen är valda för att demonstrera de varierande möjligheter som finns med hyggesfritt skogsbruk, men de ska även representera en geografisk spridning inom Sverige (figur 1).

För varje bestånd har vi simulerat beståndsutvecklingen och ekonomin och jämfört med ett simulerat kalhyggesalternativ. Simuleringarna har sträckt sig över motsvarande en omloppstid. De är gjorda i dataprogrammet Heureka med en aktuell prislista och kostnader baserade på statistik från svenskt skogsbruk. Vi har fokuserat på ekonomi (nuvärde) och långsiktig virkesproduktion för de olika alternativen.

Alla bestånd är skogliga fältförsök som är väl inmätta för att ge korrekta startvärden på simuleringen. Korpmarken ingår i Future Forests nyanlagda serie av blädningsförsök medan de övriga är delar av andra försöksserier.

Följande sidor beskriver resultat för varje bestånd och de alternativ som simulerats.



Figur 1. De fyra bestånden.

Tabell 1. Data för de bestånd som ingick i simuleringen.

	Blädning	Överhållen skärm	Geometrisk luckhuggning	Omställning till blädning
	Korpmarken Jämtland	Örebro Närke	Kälmyrbränna Västerbotten	Asa Småland
Utgångsläge				
Beståndsålder	Olikåldrigt	80	53	28
Tidigare skogsskötsel	Blädning 30-60 år sedan	Gallring 20 år sedan	Gallring 10 år sedan	Röjning 10-15 år sedan
Beståndsstruktur	Flerskiktad	Enskiktad	Enskiktad	Enskiktad
Stamantal	1840	420	877	2912
Grundyta, m ² /ha	33,6	21,1	25,5	35,1
Stående volym, m ³ /ha	284	420	200	278

Korpmarken - blädning



Figur 2. Korpmarken i Jämtland, en flerskiktad granskog som sköts med blädning för 30–60 år sedan. Foto Bo Magnusson.

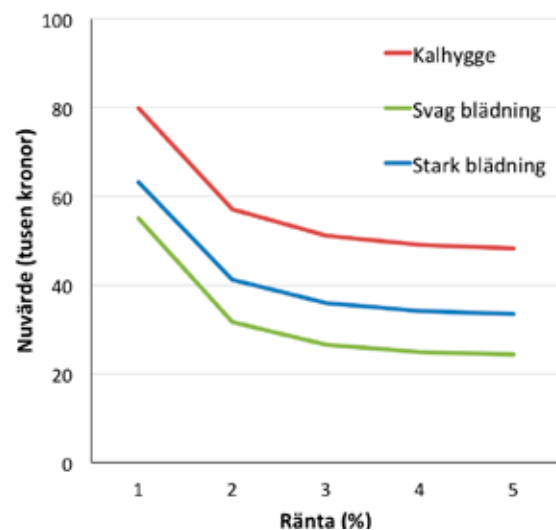
Korpmarken är en äldre och nära på fullskiktad granskog i Jämtland (Lat 62° , 400 möh) med ståndortsindex G20. De alternativ vi simulerat är:

1. Kalhygge omedelbart följt av förnygring med förädlade granplantor. Omloppstid 85 år.
2. Svag blädning, 40 % av grundytan omedelbart och sedan ca 30 % med 20 års intervall.
3. Stark blädning, 60 % av grundytan omedelbart och sedan 60 % med 40 års intervall.

Medeltillväxten för den planterade skogen på hygget blir 4,1 m³sk/ha och år för den kommande omloppstiden. För den svaga blädningen blir den 2,6 m³sk/ha och år och för den starkare blädningen 2,4 m³sk/ha och år.

Nuvärdena är högst för kalhyggesalternativet för alla räntor som vi prövat och den starka blädningen ger högre nuvärden än den svaga

blädningen över hela ränteintervallet (figur 3). Det är framförallt den stora skillnaden i virkeproduktion som även ger utslag i den ekonomiska kalkylen.



Figur 3. Nuvärden för skötselalternativen på Korpmarken vid olika räntor.

Asa - omställning till blädning



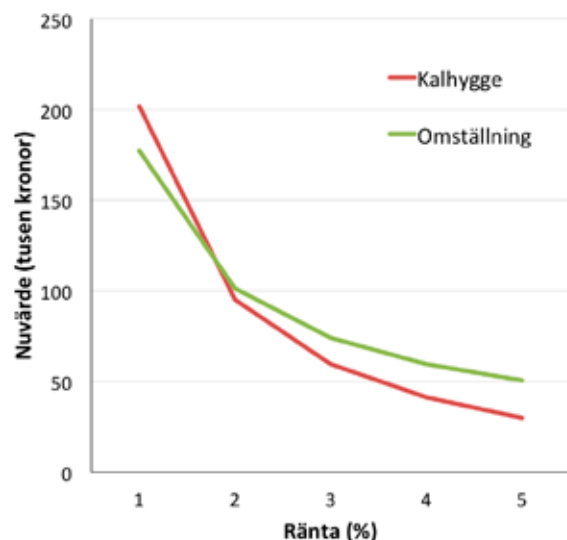
Figur 4. Asa i Småland, ett ungt gallringsbestånd som sköts för att på sikt skapa skiktning och möjliggöra blädning. Foto Lars Klingström.

Beståndet i Asa är ett 28-årigt planterat granbestånd i Småland (Lat 57°, 240 möh) med ståndortsindex G32. De alternativ vi simulerat är:

1. Normal gallring omedelbart och slutavverkning vid 70 års ålder följt av förnying med förädlade granplantor.
2. Omedelbar hård gallring där ca 65 % av grundytan tas ut och sedan fortsatta gallringar med 15 års intervall med succesivt minskande uttag. Trädvalet i gallringarna görs för att öka dimensionsspridningen. Syftet med skötseln är att ställa om beståndet till ett fullskiktat bestånd som sedan kan skötas med blädning. Detta beräknas ta cirka 100 år.

Medeltillväxten för kalhyggesalternativet blir 8,5 m³sk/ha och år för den kommande omloppstiden på 70 år medan omställningen till hyggesfritt ger en medeltillväxt på 8,2 m³sk/ha och år för samma tid. Nuvärdet är högre för

trakthyggesbruket vid räntor under 2 % och för högre räntor är nuvärdet högre för omställningen (figur 5). Det höga virkesuttaget initialt och avsaknaden av förnyingskostnader gör omställningen ekonomiskt bättre vid höga räntor.



Figur 5. Nuvärden för skötselalternativen på Asa vid olika räntor.

Kälmyrbränna - geometrisk luckhuggning



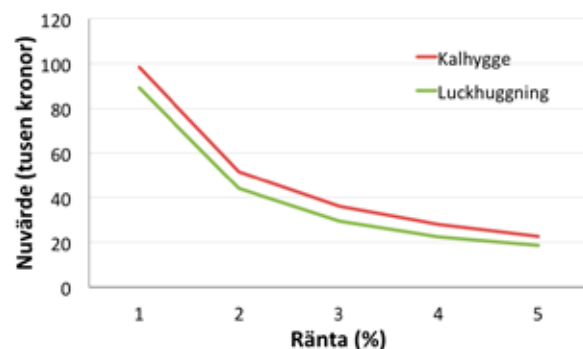
Figur 6. Kälmyrbränna i Västerbotten, ett enskiktat tallbestånd där luckor huggs upp i ett schackrutemönster. Foto Olle Hagner.

Kälmyrbränna är ett 53-årigt enskiktat tallbestånd i Västerbotten (Lat 64°, 225 möh) med ståndortindex T22. De alternativ vi simulerat är:

1. Slutavverkning om 20 år och föryngring med förädlade tallplantor.
2. Hälften av arealen slutavverkas nu i ett geometriskt rutmönster med luckor på 45 x 30 m (figur 6) och föryngras med förädlade tallplantor. Den andra hälften av beståndet överhålls 20 år och avverkas därför om 40 år för att få en halv omloppstids förskjutning mellan de två rutmönstren. Vid den framtida skötseln är det tänkt att hälften av rutorna avverkas vart 40:e år och samtidigt gallrar man den 40-åriga skogen mellan rutorna.

Medeltillväxten i alternativet med konventionellt trakthygge är 5,4 m³sk/ha och år. I luckhuggningen är medeltillväxten under omställningstiden de första 40 åren 4,3 m³sk/

ha och år. När systemet med ett tvådelat rutmönstrat bestånd rullar, mellan år 40 och år 120, så är medeltillväxten 5,2 m³sk/ha och år. Anledningen till den lägre medeltillväxten under omställningstiden är förluster genom inoptimala slutavverkningstidpunkter, för tidigt för halva beståndet och för sent för den andra halvan. Även nuvärden är något lägre för luckhuggningen oavsett ränta, och detta beror i huvudsak på inoptimalförluster vid omställningen (figur 7).



Figur 7. Nuvärden för skötselalternativen på Kälmyrbränna vid olika räntor.

Örebro - överhållen högskärm



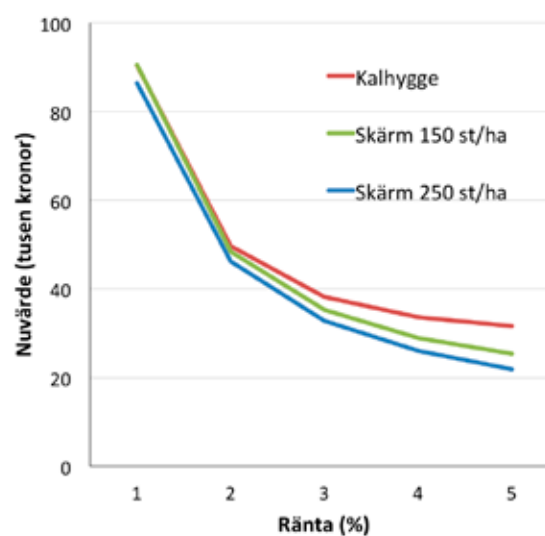
Figur 8. Örebro i Närke, ett tallbestånd som glesas ut till en skärm för att skapa möjligheter för naturlig förnygring. Skärmträden sparas tills det nya beståndet blivit så högt att det upplevs som en skog. Foto Lars Klingström.

Försöket ligger i ett 80-årigt tallbestånd i Närke (Lat 59°, 80 möh) med ståndortsindex T25. De skötselalternativ vi simulerat är:

1. Kalhygge omedelbart följt av förnygring med förädlade tallplantor. Omloppstid 80 år.
2. Gles högskärm (150 st/ha), markberedning och naturlig förnygring av tall. Skärmen avvecklas efter 20 år, omloppstid 80 år.
3. Tät högskärm (250 st/ha), markberedning och naturlig förnygring av tall. Skärmen avvecklas efter 20 år, omloppstid 80 år.

Medeltillväxten för den planterade skogen på hygget blir 6,0 m³sk/ha och år, i den glesa skärmen 5,2 och i den täta 4,6 m³sk/ha och år. Skillnaden beror dels på att förnygringen under skärmen utvecklas lite långsammare än på hygget men också av att kalhygget planteras med förädlade plantor som ger en mertillväxt. Skillnader i nuvärden är relativt små (figur 9).

Den täta skärmen har lägre nuvärde än kalhygget och den glesa skärmen inom hela ränteintervallet. Vid 1-2 % ränta har kalhygget och den glesa skärmen i princip samma nuvärde men med ökande ränta så minskar nuvärdet för den glesa skärmen mer än för kalhygget.



Figur 9. Nuvärden för skötselalternativen på Örebroytan vid olika räntor.

Slutsatser

Det är viktigt att påpeka att detta är exempel på olika bestånd och man kan inte okritiskt generalisera resultaten till att gälla andra bestånd som sköts med liknande skötselsystem. Det finns också svagheter i Heurekas förmåga att simulera utveckling av heterogena skogar över lång tid. Även simuleringen av kanteffekterna i luckhuggningsalternativet är osäker.

De valda skötselprogrammen är inte optimerade, men de omloppstider som valts för kalhyggesalternativen är nära de som tillämpas i skogsbruket och som baseras på beslut ofta baserade på kalkyler med 2-3 % ränta sammanvägt med riskbedömningar.

För de hyggesfria alternativen har vi valt skötselprogram som rekommenderats av andra forskare i olika sammanhang. Våra analyser börjar med ett medelålders eller äldre bestånd och detta gör att vi i vissa fall får stora absoluta skillnader i nuvärde.

Kalkyler som bygger på utgångslägen med yngre skog skulle ge mindre absoluta skillnader och kanske även andra rangordningar av alternativen och förändringar över ränteintervallet.

Trots osäkerheterna kan vi ganska säkert säga att medeltillväxten i de olika hyggesfria alternativen är lägre än i kalhyggesbruket.

Luckhuggningen i Kälmyrbränna är det alternativ som ger den minsta skillnaden mot kalhyggesbruket. Den viktigaste orsaken till detta är att vi i detta alternativ planterar förädlade plantor i luckorna och därmed kan tillgodogöra oss effekten av skogsträdsförädling. Vi har antagit en genetisk vinst i tillväxt på 10 %, men denna minskas något genom att även självföryngrade plantor ingår bland de beståndsbildande.

Blädning i den skiktade granskogen vid Korpmarken är det hyggesfria alternativ som ger lägst tillväxt jämfört med kalhyggesbruket. Nuvärdesanalyserna visar att olika hyggesfria alternativ kan ge olika ekonomiskt utfall som även är beroende av vilken ränta som används. Generellt ger dock de hyggesfria alternativen oftast lägre men ibland likvärdig ekonomisk avkastning som kalhyggesbruket.

Referenser

Sonesson m.fl., The ecosystem service implications of continuous cover forestry alternatives: Insights from Sweden. Manus.



Figur 10. En av luckorna i schackruteförsöket i Kälmyrbränna. Är luckan tillräckligt stor för att skapa hyggeskänsla? Foto Lars Klingström.

Effekter på biodiversiteten av hyggesfritt skogsbruk

Av Adam Felton

Ett vanligt antagande är att hyggesfritt skogsbruk gynnar arter som annars missgynnas av det konventionella trakthyggesbruket. Hyggesfria metoder skulle alltså vara positiva för den biologiska mångfalden. Antagandet visar sig ha stöd i både ekologiska teorier och en del empiriska fältförsök (om än bara ett fåtal).

Avverkningen i en blädad skog med få och återkommande uttag kan liknas vid de naturliga, småskaliga störningar som har varit vanliga i de nordiska skogarna (Kuuluvainen 2009, Kuuluvainen & Aakala 2011). Denna likhet används som ett argument för att öka andelen hyggesfritt skogsbruk (Franklin m.fl. 2002, Lindenmayer & Franklin 2002, Lindemayer & McCarthy 2002, Perera m.fl. 2007).

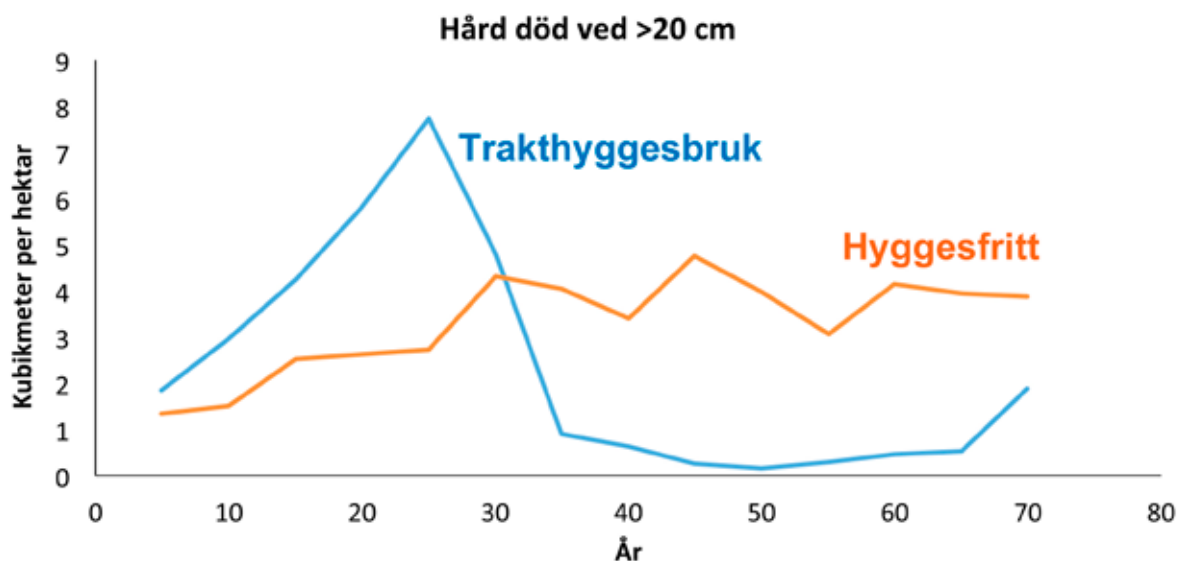
Likheten med naturliga störningar kan innebära att hyggesfritt skogsbruk skapar de strukturer och miljöer som arterna i naturskogen har utvecklats för. Därmed kan den blädade skogen hysa arter och en annan mångfald än den som finns i en skog med kalhyggesbruk (Fries m.fl. 1007, Angelstam 1998, Kuuluvainen 2009).

Gynnar svårspridda arter

Den biologiska mångfalden kan också gynnas av en mer heterogen struktur i skogen, med träd och grenar i många nivåer och med ett intakt krontäcke (Lindenmayer & Franklin 2002). Arter som har svårt att sprida sig eller återkolonisera har därmed större chanser att överleva (Johansson m.fl. 2015). Andra positiva egenskaper i den blädade skogen är fler gamla träd, ett annat mikroklimat och mer grov död ved från de gamla träden (Lähde m.fl. 2002, Atlegrim & Sjöberg 2004). Den blädade sko-



Figur 1. Hyggesfria metoder, framför allt blädning, jämförs ibland med naturliga, småskaliga störningar som när enstaka träd dör och ramlar. Bilden är tagen i Norra Kvills nationalpark. Foto Mats Hannerz.



Figur 2. Ett exempel på hur mängden hård död ved (>20 cm brösthöjdsdiameter) varierar över tid i en blädad skog (röd) och i en traditionellt skött skog med kalhyggesbruk. Nivåerna av död ved når ett högre maximum i kalhyggesbruket på grund av den lämnade naturhänsynen. När skogen blir medelålders sjunker dock mängden. I den blädade skogen är tillgången mer jämn under tiden. Modelleringsdata från Sonesson m.fl. (manus).

gen kommer därför att gynna sena successionarter.

Potentiellt negativa konsekvenser av hyggesfritt skogsbruk innefattar sämre förutsättningar för markvegetationen och föryngring av pionjärträslag av löv (Smith m.fl. 1997, Pommerening & Murphy 2004, Kuuluvainen m.fl. 2012, Redon m.fl. 2014, Felton m.fl. 2016). Man kan alltså förvänta sig färre substrat kopplade till lövträd. Fördelarna för den biologiska mångfalden borde dock överstiga nackdelarna, allt förstås beroende på hur stor andel som brukas med hyggesfria metoder.

12 empiriska studier

Så långt de teoretiska fördelarna med hyggesfritt skogsbruk. De empiriska erfarenheterna (från fältförsök) är dock begränsade. En relativt ny litteraturgenomgång hittade tolv relevanta studier från Skandinavien och Finland (Kuuluvainen m.fl. 2012). Alla studier är gjorda under kort tid och berör huvudsakligen ryggradslösa djur och växter. Studierna bekräftar dock antagandet att hyggesfritt skogsbruk gynnar sena successionarter mer än vad trakt-hyggesbruket gör (Kuuluvainen m.fl., 2012).

Future Forests experiment med små hyggen i schackrutemönster tyder också på att markvegetationens diversitet gynnas jämfört med kalavverkade kontrolltytor eftersom det finns utrymme för arter som både finns i den slutna skogen och i luckor (personlig kommentar Petter Axelsson).

En nyligen genomförd modellstudie (Sonesson m. fl., manus) jämför en rad hyggesfria alternativ. (figur 2) Även denna stöder antagandet att sena successionarter gynnas, främst på grund av att viktiga substrat är vanligare än i kalhyggesbrukets skogar.

Till de hyggesfria skogarnas fördelar hör en ökad strukturell heterogenitet, ökade mängder stora träd och tillgång till grov död ved. Resultaten ska dock tolkas försiktigt, eftersom de beror på många antaganden om skogstillståndet i de hyggesfria alternativen och i referensalternativen, och vilken tidsperiod som modellerna räknar med. Resultaten påverkas också av hur olika egenskaper prioriteras, till exempel maximala nivåer av död ved jämfört med deras tillgänglighet över tid.

Slutsatsen – tummen upp för hyggesfritt

En slutsats av forskningen är att en ökad användning av hyggesfria metoder är positivt för den biologiska mångfalden genom att det ökar mängden tillgängliga substrat. Detta förutsätter dock att hyggesfritt används på en förutsägbar andel av skogsarealen. Om all skogsmark skulle skötas utan hyggen skulle resultaten bli anorlunda eftersom både tidiga successionsarter och markvegetation skulle missgynnas.

Referenser

- Angelstam, P.K., 1998. Maintaining and restoring biodiversity in European boreal forests by developing natural disturbance regimes. *Journal of Vegetation Science* 9, 593–602.
- Atlegrim, O., Sjöberg, K., 2004. Selective felling as a potential tool for maintaining biodiversity in managed forests. *Biodiversity and Conservation* 13, 1123–1133.
- Felton, A., Gustafsson, L., Roberge, J.M., Ranius, T., Hjältén, J., Rudolphi, J., Lindbladh, M., Weslien, J., Rist, L., Brunet, J., Felton, A.M., 2016. How climate change adaptation and mitigation strategies can threaten or enhance the biodiversity of production forests: Insights from Sweden. *Biological Conservation* 194, 11–20.
- Franklin, J.F., Spies, T.A., Pelt, R.V., Carey, A.B., Thornburgh, D.A., Berg, D.R., Lindenmayer, D.B., Harmon, M.E., Keeton, W.S., Shaw, D.C., 2002. Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management* 155, 399–423.
- Fries, C., Johansson, O., Pettersson, B., Simonsson, P., 1997. Silvicultural models to maintain and restore natural stand structures in Swedish boreal forests. *Forest Ecology and Management* 94, 89–103.
- Johansson, V., Felton, A., Ranius, T., 2015. Long-term landscape scale effects of bioenergy extraction on dead wood-dependent species. *Forest Ecology and Management*.
- Kuuluvainen, T., 2009. Forest management and biodiversity conservation based on natural ecosystem dynamics in Northern Europe: The Complexity Challenge. *Ambio* 38, 309–315.
- Kuuluvainen, T., Aakala, T., 2011. Natural forest dynamics in boreal Fennoscandia: a review and classification. *Silva Fennica* 45, 823–841.
- Kuuluvainen, T., Tahvonen, O., Aakala, T., 2012. Even-aged and uneven-aged forest management in Boreal Fennoscandia: A Review. *Ambio* 41, 720–737.
- Lindenmayer, B.D., Franklin, J.F., 2002. *Conserving forest biodiversity: A comprehensive multiscaled approach*. Island Press, Washington.
- Lindenmayer, D., McCarthy, M.A., 2002. Congruence between natural and human forest disturbance: a case study from Australian montane ash forests. *Forest Ecology and Management* 155, 319–335.
- Lähde, E., Eskelinen, T., Väänänen, A., 2002. Growth and diversity effects of silvicultural alternatives on an old-growth forest in Finland. *Forestry* 75, 395–400.
- Perera, A.H., Buse, L.J., Weber, M.G., 2007. *Emulating natural forest landscape disturbances: concepts and applications*. Columbia University Press.
- Pommerening, A., Murphy, S., 2004. A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry* 77, 27–44.
- Redon, M., Luque, S., Gosselin, F., Cordonnier, T., 2014. Is generalisation of uneven-aged management in mountain forests the key to improve biodiversity conservation within forest landscape mosaics? *Annals of Forest Science* 71, 751–760.
- Smith, D.M., Larson, B.C., Kelty, M.J., Ashton, P.M.S., 1997. *The practice of silviculture: applied forest ecology*. John Wiley and Sons, Inc.
- Sonesson, J. m.fl. The ecosystem service implications of continuous cover forestry alternatives: Insights from Sweden. Manus.

Risk för skador i flerskiktad skog

Av Seppo Nevalainen

Hur påverkas risken för skador på skogen vid en övergång från trakthyggesbruk till hyggesfritt skogsbruk med blädning? I den här artikeln redovisas en genomgång av den vetenskapliga litteraturen om skador. Dessutom beskrivs resultaten av en enkätstudie riktad till finska experter på svamp- och insektsskador.

Skogen står inför stora utmaningar. Den ska leverera timmer och bränsle, samtidigt som den ska bidra med biologisk mångfald, kollagring, skydd av vatten, erosionskontroll och en miljö för rekreation och friluftsliv. Ett av de viktigaste målen för ett hållbart skogsbruk är att skogarna har god hälsa med motståndskraft och återhämtningsförmåga efter störningar. I ljuset av klimatförändringen blir skogens hälsa en allt viktigare faktor att ta hänsyn till vid skogens skötsel (se t.ex. La Porta m.fl. 2006, Björkman m.fl. 2015, Subramanian m.fl. 2016).

I Finland har trakthyggesbruk med barrträd dominerat sedan början av 1950-talet. Un-

der 1990-talet vaknade dock intresset för alternativa skötselmodeller. Hyggesfria metoder som blädning, luckhuggning eller olika former av skärmskogsbruk ingår här. En av de bärande idéerna är att de hyggesfria metoderna ska ha mer ”naturnära” skötsel, och att de avverkningar som görs ska efterlikna de naturliga småskaliga störningar som har varit förhärskande i nordiska skogar (se till exempel Kuuluvainen & Grenfell 2012). Bland de ”hyggesfria” metoderna får vi också räkna konvertering av likåldriga, jämna bestånd till flerskiktade skogar.

Flerskiktade skogar är strukturellt mer komplexa än enskiktade. De kan (men behöver inte) ha en större artdiversitet, och normalt brukar man säga att de har en större funktionell diversitet. Det sistnämnda innebär att de kan motstå sjukdomar och skadegörare bättre.

De nordiska skogarna kan huvudsakligen betraktas som naturliga eller seminaturliga, till skillnad från plantageskog där virkesproduktionen är den enda målsättningen. Även i en jämnårig skog skött med trakthyggesbruk har vegetationen och strukturerna stora likheter



Figur 1. Stamskador vid avverkningen, en risk vid plockhuggning i blädade skogar. Foto Mats Hannerz..

med de som finns i naturskogar. En orsak är att skogsskötseln och trädslagen i det svenska och finska skogsbruket är anpassade till ståndorten och oftast bygger på inhemska arter (Parviainen & Västilä 2011). De naturliga skogarna i Norden är dock enkla ekosystem med få arter jämfört med tropiska ekosystem. I teorin kan de därför vara mer utsatta för störningar, till exempel insektsangrepp (FAO 2001).

Vilken skötselmetod som än används så påverkar den risken för skador, såväl abiotiska som biotiska eller sådana orsakade av människan. Den största enskilda faktorn för risken för omfattande epidemier är dock förekomsten av värdmaterial, till exempel ett trädslag. Detta talar för att jämnåriga, likformiga skogar är mer känsliga för utbrott.

Trots att det finns en uppsjö av litteratur som skador i jämnåriga bestånd är det bara enstaka studier som direkt jämför skaderisker i jämnåriga och olikåldriga bestånd. Ett undantag är Björkman m.fl. (2011) som belyser risken för svamp- och insektsskador i Sverige. I avsaknad av fältstudier har i stället simuleringsstudier och modeller använts för att skatta riskerna för skador.

Syftet med denna artikel var att sammanställa litteraturuppgifter om de vanligaste skadorna som kan skilja sig mellan likåldriga och olikåldriga, flerskiktade bestånd. Uppgifterna kompletteras med en enkät till finska experter om hur de bedömer skaderisken med de olika skötselmodellerna.

Vad säger litteraturen om skaderiskerna?

Här kommer jag att redovisa vad litteraturen ger för vägledning om skillnader i skaderisker mellan trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk. Fokus ligger på finska förhållanden.

Rotröta

Heterobasidion parviporum och *H. annosum* (*sensu stricto*) sprids huvudsakligen via basidiosporer till färsk stubbytor, mekaniska stamskador eller skadade rötter, och vegetativt via mycel från rotsystemet till omgivande träd (beskrivning i Korhonen & Stenlid 1998). I orörda skogar saknas oftast stubbar och stamskador. Det är alltså människans skogsbruk som ger en ökad risk för skador av rotröta, inte minst genom avverkning under den varma säsongen och genom stam- och rotskador orsakade av skogsmaskiner (se också Isomäki & Kallio 1974).

När svampen en gång etablerats kan den överleva i århundraden. När ny skog planteras kommer rotrötan att ha slagit till efter ungefär 10 år. Rotröteförekomsten tenderar att öka för varje ny trädgeneration (Holmsgaard m.fl. 1961, Bendz-Hellgren & Stenlid 1998, Piri & Korhonen 2001, Piri 2003, Piri & Korhonen 2007, Rönnberg m.fl. 2007).

I smittade bestånd är den vegetativa spridningen vanligare i gallrade än i ogallrade granbestånd. Den snabba spridningen av gamla rot-röteinfektioner efter en gallring kommer att få stora effekter på förekomsten av röta i de kvarvarande träden (Piri & Korhonen 2008). Stubbar i gallrade bestånd är mer mottagliga för infektioner än stubbar i slutavverkningar och röjningar (Bendz-Hellgren & Stenlid 1998). Små röjningsstubbar kan dock också infekteras och sprida infektionen vidare till andra träd (Gunulf m.fl. 2013). Gallringsfrekvensen har i många studier visat sig korrelera med rot-röteangreppen i såväl gran- som tallbestånd (Vollbrecht & Agestam 1995, Pettersson m.fl. 2003, Möykkynen & Miina 2002, Rönnberg m.fl. 2006).

Planterade granar blir oftare infekterade än naturligt föryngrade granplantor. I Schweiz har man visat att plantering i skugga har minskat risken för rötangrepp, förmodligen på grund av långsammare rottillväxt och färre rotkontakter med infekterade träd (Graber 1997). Bestånd på tidigare jordbruks- eller betesmark är extra utsatta för rotröta (Vollbrecht & Agestam 1995).

Flerskiktade granbestånd som bygger på naturlig förnygring kommer att gynna den sekundära spridningen av *H. parviporum* från de större träden eller från stubbar till nästa grangeneration. I flerskiktade bestånd är arean av samma svampgenotyp större än i vuxna, jämnåriga granbestånd (Piri & Valkonen 2013). Dessutom verkar undertryckning av träd öka mottagligheten för infektion av rottröta hos unga träd (Gibbs 1967). Täta granförnygringar ökar risken för spridning av rottrötan som ett resultat av konkurrensstress och fler rotkontakter. I täta förnygringar kommer också fler avverkade stubbar att finnas, och det ökar risken för infektioner (Johansson & Pettersson 1996).

Den vegetativa spridningen av svampen kan, i teorin, kontrolleras genom att minska antalet rotkontakter mellan värdräd. Det kan göras genom att fler trädslag blandas eller genom att hålla beståndet gles. Det finns rapporter om att skadorna är mindre i blandskogar än i trädslagsrena bestånd av tall och gran (t.ex. Rennerfelt 1946, Enersvedt & Venn 1979, Lindén & Vollbrecht 2002, Piri m.fl. 1990). Andra studier har dock funnit få eller inga skillnader mel-

lan blandskogar och trädslagsrena skogar (Piri & Korhonen 2001). I infekterade bestånd där *H. parviporum* är den vanligaste svampen, har förnygring med lövträd och tall rekommenderats (Korhonen 1978a), även om tall inte är fullt resistent mot *H. parviporum* (Jokinen & Tamminen 1979). I tallbestånd behöver inblandningen av andra arter, till exempel björk, vara minst 50 % för att rottröteangreppen ska begränsas. För att ytterligare begränsa skaderisken vore det idealiskt att växla med en generation björkodling i infekterade tallbestånd (Piri m.fl. 1990).

Åtgärder för att minska riskerna för rottrötespridning, såsom att bara avverka på vintern, undvika mekaniska skador och att behandla stubbarna, kan utföras oavsett skötselmodell. I redan infekterade bestånd kan mer drastiska åtgärder tas till, som bränning, byte av trädslag eller skörd av stubbar. Dessa åtgärder är dock bara möjliga i trakthyggesbruket (t.ex. Kallio 1965, Stenlid 1987, Vasaitis m.fl. 2013). Tyvärr finns väldigt få åtgärder att ta till i redan infekterade flerskiktade bestånd (se diskussion i Piri & Valkonen 2013).



Figur 2. Rottröta är ett kostsamt problem i all granskog. Om svampen har etablerat sig i en blädad granskog är det svårt att bli av med den eftersom kalhuggning och trädslagsbyte inte är ett alternativ. Foto Mats Hannerz.

Hyggesfritt - skador

Gremmeniella abietina

Gremmeniella abietina (anamorf: *Brunchorstia pinea*) kan orsaka skador på barr och grenverk (knopp och grentorka) och dessutom sårskador på stammen (*Scleroderris*). Den europeiska rasen *G. abietina* var. *abietina* finns i hela Europa och angriper såväl tall- som gran, lärk och andra barrträd. Sjukdomen är epidemisk. Svåra epidemier inträffar när värdrädet har nedsatt kondition samtidigt som väder och andra omständigheter är gynnsamt för svampen.

I trakthyggesbruket finns flera faktorer som påverkar risken för skador av *Gremmeniella*. Planterade plantor kan angripas och sprida smittan vidare. I Skandinavien har man konstaterat att sydliga tallprovenienser är mer mottagliga än lokala provenienser. Tall som har flyttats norrut 150–200 km eller mer än 100 daggrader har visat sig signifikant mer mottagliga för infektion (Dietrichson 1968, Uotila 1985).

Om lokala provenienser används är det i stället ståndorten tillsammans med klimatfaktorer som påverkar risken för angrepp. Plantering av tall på bördiga marker kan öka angreppen i jämnåriga bestånd. Plantor som infekterats redan i plantskolan kan vara en smittkälla. Sjukdomen får värre utbrott i svackor och på finkorniga jordar som tidigare har varit granbestånd. Mottagligheten hos tallar ökar i skuggiga och täta bestånd (Read 1968, Niemelä



Figur 3. Tallar angripna av *Gremmeniella abietina*. Foto Andreas Barth/Skogenbild.

m.fl. 1992, Nevalainen 1999). Sjukdomen är också vanligare på bördiga marker, åtminstone på fastmark (Nevalainen 1999). Planterade och sådda bestånd infekteras mer än naturligt förnygrade (Kallio m.fl. 1985).

Eftersom *Gremmeniella* också är en primär parasit på unga granskott (Barklund & Rowe 1981) så kan förhållandena i flerskiktade granbestånd (skugga och undertryckta träd) gynna svampen.

Barkborrar

Granbarkborren (*Ips typographus*) är en av de allvarligaste skadegörarna på gran i Skandinavien, Finland och resten av Europa. De viktigaste faktorerna som bidrar till utbrott är förekomsten av granbarkborrar, tillräckligt mycket yngelmaterial (ved), gynnsamma väderbetingelser och att mottagligheten hos värdräden är nedsatt (Wermelinger 2004,



Figur 4. Granbarkborre, sannolikt ett mindre problem i de flerskiktade granskogarna. Foto Mats Hannerz.

Baier m.fl. 2007). I Finland har man funnit att det sällan är risk för kvarvarande bestånd om det finns färre än 20 vindfällda granar i skogen (Eriksson m.fl. 2007). I Skandinavien finns många exempel på svåra utbrott efter stormar (Christiansen & Bakke 1988, Eidmann 1992, Lindelöw & Schröder 2008).

I flerskiktade, olikåldriga bestånd står de äldre, grova träden glesare. Det skulle tala för att dessa bestånd är mindre känsliga för barkborreangrepp (Klapwijk m.fl. 2016). Sannolikheten för vindfällning är också lägre i flerskiktade bestånd (se nedan). Eftersom förekomsten av granbarkborre är lägre i dessa bestånd minskar också risken för utbrott efter vindfällning (se Kärvemo m.fl. 2014). Dessutom har dessa skogar gott om substrat för granbarkborrens fiender, så som klena döende träd och avverkningsrester från återkommande huggningar. Den högre strukturella diversiteten i en flerskiktad skog kan också gynna granbarkborrens naturliga fiender, även om betydelsen av detta inte har visats.

Den sextandade barkborren (*Pityogenes chalcographus*) kan också angripa äldre träd tillsammans med granbarkborren. Arten kan också angripa ensam och skada eller döda yngre (10-



Figur 5. Märgborreangrepp, här mindre märgborre, kan bli ett större problem i flerskiktade tallskogar. Foto Mats Hannerz.

20 år) granar, särskilt i samband med torka (se Eidmann 1992). Denna art kan potentiellt vara en risk i det flerskiktade beståndet.

Märgborrar (*Tomicus* spp.) är allvarliga skadegörare på tall. Arterna betraktas som sekundära skadegörare som angriper tallar med nedsatt kondition eller stress. Näringsnaget kan medföra att skotten deformeras och att tallarna får nedsatt tillväxt (se Eidmann 1992). Arterna kan kontrolleras med skötselåtgärder genom att lämpliga yngelmaterial plockas ut från skogen eller tillåts torka tillräckligt mycket innan svärmningen på våren. Undertryckta tallar är mer utsatta än andra, och troligen skulle tallar i flerskiktade bestånd kunna vara mer mottagliga än tallar i enskiktade bestånd.

Barrätande insekter

Tallsteklar, i första hand röda tallstekeln (*Neodiprion sertifer*) och vanlig tallstekel (*Diprion pini*) är viktiga skadegörare i nordiska tallskogar. Även om den röda tallstekeln har storskaliga utbrott så är de ekonomiska effekterna större av angrepp av den vanliga tallstekeln, angripna träd attackeras ofta av granbarkborren (Lyytikäinen-Saarenmaa & Tomppo 2002). Det är svårt att avgöra om risken för angrepp skiljer sig mellan de olika skogsskötselsätten blädning och trakthyggesbruk.

De två arterna skiljer sig något åt vad avser värdräd. Den röda tallstekeln födosöker ofta på unga tallar (Larsson & Tenow 1984) medan vanlig tallstekel angriper mer mogna bestånd. Dominerande träd angrips mer i unga bestånd, men inte i medelålders eller äldre bestånd. Det kan tyda på en större risk för angrepp av vanlig tallstekel på dominerande träd i flerskiktade tallskogar, även om någon tydlig effekt av beståndsstrukturen inte kunde observeras av De Somviele m.fl. (2004).

Storskaliga utbrott av röda tallstekeln uppträder mest i homogena tallbestånd. Det finns tecken på att träden klarar angrepp bättre i blandbestånd med björk och tall (Kaitaniemi m.fl. 2007). De Somviele (2004) fann inget entydigt bevis på att trädslagssammansättningen har effekt på angreppen av den vanliga tallstekeln.



Figur 6. Barrskogsnunnan, *Lymantria monacha*, startar ofta sina utbrott i äldre granar eller tallar, men man har inte sett någon skillnad mellan en- och flerskiktade skogar. Foto Vitaman, Wikipedia commons..

I Frankrike har man observerat att angrepp av vanlig tallstekel startar tidigare, pågår längre och ger allvarligare skador i trädslagsrena tallskogar jämfört med blandade bestånd (Geri 1988).

Barrskogsnunnan (*Lymantria monacha*) är en av de fjärilsarter som ger allvarligast skador i Europa tillsammans med lövskogsnunnan (*Lymantria dispar*) (Bejer 1988). Barrskogsnunnan finns i nästan hela Europa inklusive norra delen av Skandinavien och Finland, och arten expanderar norrut (Fält-Nardmann m.fl. 2015). I Finland betraktas arten som sydlig och ännu inte ekonomiskt allvarlig, men dess förekomst har ökat snabbt enligt det finska uppföljningsprogrammet för fjärilar Nocturna.

Barrskogsnunnan födosöker på en mängd olika värdarter och kan utvecklas både på lövträd och barrträd. Utbrott startar ofta i äldre bestånd av gran eller tall. Även om svåra utbrott ofta ses i stora, homogena, granbestånd, verkar det inte finnas något samband med beståndens sammansättning (Bejer 1988), alltså inte heller till skötselregimer.

Älgskador

Älgen är en svår skadegörare på skog i Skandinavien och Finland, särskilt under vintern när älgen betar i unga tallbestånd (Helle m.fl. 1987, Lav Sund 1987, Bergqvist m.fl. 2014).

Det finns inga studier som jämför älgskaderisken i flerskiktade och enskiktade bestånd. Ett trakthyggesbruk som bygger på likåldriga bestånd strävar efter en optimal åldersklassfördelning med en stor andel unga skogar, vilket gynnar älgen (Markgren 1974, Lav Sund m.fl. 2003). På vilket sätt de mer komplexa flerskiktade skogarna eller bestånd med luckhuggning påverkar älgskadorna är dock inte studerat.

I trakthyggesbruket har planterade bestånd drabbats av mer skador än naturligt förnygrade, även om det bara finns knapphändiga resultat som stöder det. Markberedning, som plogning och högläggning, har gett ökade betesskador (Jalkanen m.fl. 2005, Nikula m.fl. 2008, Nevalainen 2016).

Effekten av trädslagssammansättning och ungskogens täthet är oklar. Studier har gett motstri-

diga resultat om dessa faktorer ökar eller minskar skadorna (Heikkilä & Mikkonen 1992, Heikkilä & Härkönen 1996, Ball & Dahlgren 2002). I många studier har en ökad inblandning av lövträd, särskilt asp men också förväxande björk, ökat betesskadorna jämfört med rena tallbestånd (Nikula m.fl. 2008, Härkönen m.fl. 2008, Bergqvist m.fl. 2014, Nevalainen m.fl. 2016). Andra resultat pekar dock på att bortröjning av lövträd kan öka betesskadorna och ge allvarligare skador på de kvarvarande barrträden (Heikkilä & Mikkonen 1992, Lyly & Saksa 1992).

Vindfällning

Risken för vindfällning påverkas av många faktorer vid sidan av vindens hastighet. Topografi, markslag och trädskiktets sammansättning (arter, diameter, höjd och täthet) är några (Dhôte 2005, Zeng m.fl. 2007). Vindfällningsrisken är alltså starkt avhängig vilken skogsskötsel som bedrivs. Risken är störst i bestånd som gränsar till nyupptagna hyggen eller i nygallrade bestånd (Valinger & Pettersson 1996, Gardiner m.fl. 1997, Peltola m.fl. 1999). Små hyggen eller luckor kan minska vindhastigheterna. Risken för skador på bestånds-

och landskapsnivå kan dock vara annorlunda (se Zeng m.fl. 2007 och referenser däri).

Mycket av forskningen om vindskador bygger på mekanistiska modeller (Blennow & Sallnäs 2004, Peltola m.fl. 2013), och det finns få direkta jämförelser mellan olika skogsskötselsystem under nordiska förhållanden. Likåldriga granbestånd har dock visat sig mer utsatta för vindfällning än olikåldriga (Shorohova m.fl. 2008). Den flerskiktade strukturen i silvergran och granbestånd i Schweiz kan vara en förklaring att dessa bestånd har en förhållandevis låg vindfällningsrisk (Hanewinkel m.fl. 2014).

Pukkala m.fl. (2016) har rapporterat att vindfällningsrisken är högst efter skärmhuggning, följt av jämnåriga bestånd med upprepade låggallringar. Enligt dem var risken för vindfällning lägst i selektiv höggallring i flerskiktade bestånd samt vid dimensionsavverkning. Skadorna var också högre i mogna, jämnåriga bestånd än i flerskiktade bestånd.

Det finns ett starkt och linjärt samband mellan gallringsintensitet och risken för skador av vind och snö i granbestånd. Vindskador kunde förutsägas bäst med hjälp av grundytan efter



Figur 7. Stormfällningsrisken är hög efter skärmhuggning Foto Mats Hannerz.



Figur 8. Blädning kan skada både kvarvarande stammar och underväxten Foto Erkki Oksanen/Luke.

gallring samt av beståndsåldern (Valinger & Pettersson 1996).

Mekaniska skador

Oavsett skötselsystem ska avverkningen ge så lite skador som möjligt på det kvarvarande beståndet. En klassisk studie av Isomäki & Kallio (1974) visade att mekaniska skador i jämnåriga granbestånd är en viktig inkörsport för rottröta, och att de dessutom orsakar tillväxtminskning.

Den långsiktiga utvecklingen av ett flerskiktat granbestånd är beroende av förnyring, överlevnad, inväxning och tillväxt hos små träd. De studier som har gjorts av skador i flerskiktade och jämnåriga bestånd visar en del varierande resultat beroende på om skadorna avser uppvuxna träd eller förnyring, och vilka skador som observerades. I allmänhet är skaderisken större för undertryckta träd, och den är beroende av beståndets täthet, avverkningens intensitet, avstånd från närmaste stickväg och det avverkningssystem som har använts.

Avverkning har orsakat skador och död på upp till 30–40 % av de små granarna. I en flerskiktad skog är den årliga avgången bland granplan-

torna i storleksordningen 2–7 %. Det är dock svårt att avgöra hur stor del av dödligheten som beror på avverkningsskador eller på naturlig avgång (Fjeld & Granhus 1998, Granhus & Fjeld 2001, Nilson & Lundqvist 2001, Surakka & Sirén 2007, Surakka m.fl. 2011, Modig m.fl. 2012, Eerikäinen m.fl. 2014).

Övriga skaderisker

Snytbaggen (*Hylobius abietis*) är den allvarligaste skadegöraren på tall- och granplantor i södra Finland, Sverige och Norge. En obehandlad planta löper 75 % risk eller mer att skadas efter plantering (Nilsson m.fl. 2010, Mattsson 2016). Små plantor är mer känsliga.

Snytbaggen förökar sig i stubbar och avverkningsavfall och angriper nyplanterade plantor som vuxna. Den viktigaste faktorn för att begränsa skadorna är därför att minska yngelmaterialet i form av färska stubbar. Det tar mellan två och upp till fem år för en larv att utvecklas till en vuxen skalbagge (se von Sydow 1997, Långström & Day 2004).

I trakthyggesbruk med plantering kan riskerna minskas genom val av plantmaterial, hyggesvila,

markberedning, skärmträd och genom att skydda plantorna med insekticider eller mekaniska skydd (von Sydow 1997, Nordlander m.fl. 2011). Risken för snytbaggaskador är större om planteringspunkterna är omärkberedda eller täckta med humus eller en blandning av humus och mineraljord (t.ex. Petersson m.fl. 2005, Heiskanen & Viiri 2005, Luoranen & Viiri 2012).

I en flerskiktad skog finns färre färska stubbar, och dessa är också skuggade. Det bör minska mängden skalbaggar som ynglar i denna skog. Dessutom fördröjs larvutvecklingen, vilket gör att de är utsatta för parasiter och predatorer under en längre tid (Inward m.fl. 2012).

Sorkskador, till exempel av åkersork (*Microtus agrestis*) och skogssork (*Clethrionomys glareolus*) ger skador på plantor genom gnag på bark och knoppar. Sorkskador kan också göra plantorna mer känsliga för svampskador (t.ex. Henttonen m.fl. 1994). En nationell enkätstudie i Finland visade att ungefär 80 % av sorkskadorna drabbade gran. Sorkskadorna under vintern är beroende av sorkförekomsten under föregående höst (Huitu m.fl. 2009). På de mest utsatta lokalerna bör därför vegetationen bekämpas. Enligt litteraturen är sorkskador vanligare i trakthyggesbruk.

Honungsskivlingar (*Armillaria* spp, *A. borealis*, *A. cepistipes*, *A. solidipes* syn. *A. ostoyae*) är vanliga i nordiska skogar. Svamparna infekterar genom rhizomorpher i marken eller genom rotkontakter från infekterade träd eller stubbar. *A. borealis* och *A. cepistipes* är vanliga i döende och döda träd. Honungsskivlingar är också vanliga i granar med rotröta. I södra Finland har *A. solidipes* dödat små tallplantor (Korhonen 1978b, Hallaksela 1984, Guillaumin m.fl. 1993, Keca & Solheim 2011).

I Kanada har man observerat att skadorna av *Armillaria* är lägre i blandade bestånd och i lövbestånd (Morrison m.fl. 2014). Å andra sidan är lövträdstubbar en risk eftersom de lätt infekteras och kan sprida svampen vidare till plantor eller träd med nedsatt kondition (Risbeth 1978). Stubbskörd är därför en effektiv

åtgärd för att minska risken för skador av *Armillaria*-arter (Vasaitis m.fl. 2013).

Patogena nedbrytande svampar (som *Armillaria borealis*, *Coniophora arida*, *Heterobasidion annosum*, *Onnia leporina*, *O. tomentosa* och *Resinicium bicolor*) spelar en viktig roll i den småskaliga dynamiken också i obrukade skogar (Johannesson & Stenlid 1999).

Plantering i trakthyggesbruket har orsakat jämna ungskogsbestånd som är mer utsatta för tallens gråbarrsjuka (*Lophodermella sulci-gena*) eller knäckesjuka (*Melampsora pinitorqua*). Skaderiskerna ökar också när tall planteras på allt-för bördig mark, vilket gör dem mer utsatta för många patogener (Jalkanen 1985, 1986, Jalkanen & Kurkela 1984, Jalkanen m.fl. 2001).

Gödsling är vanligt i trakthyggesbrukets skötselmodeller. Obalanser genom alltför kraftiga kvävegivor har orsakat barrskador på tall i Lappland (Jalkanen 1990). En balanserad näringsgiva kan dock öka motståndskraften mot sjukdomar (se Jokinen 1983).



Figur 9. Risken för snytbaggaskador är betydligt mindre i det hyggesfria skogsbruket utan kalhyggen. Foto Claes Hellqvist/SLU.

Vad säger experter om skaderiskerna?

Eftersom den vetenskapliga litteraturen är knapphändig när det handlar om att jämföra skaderisker i likåldriga och olikåldriga bestånd kompletteras denna artikel med en enkätundersökning riktad till experter inom skogs- patologi och entomologi. Totalt tillfrågades 11 personer om de specifika skaderiskerna i 23 likåldriga och 13 olikåldriga praktiska skötsel- exempel i södra och norra Finland (tabell 1).

Undersökningen begränsades till fastmarker. Skötsel exemplen byggde huvudsakligen på gällande skötselrekommendationer i Finland (Äijälä m.fl. 2014). Varje exempel beskrevs som en skötselkedja från avverkning, markberedning, föryngringsmetod, vegetationsbekämpning, röjning, gallring, trädslagsinblandning, stamkvistning till gödsling.

Tabell 1. De skötsel exempel som ingick i enkätstudien. Ytterligare faktorer användes för att beskriva de enskilda kedjorna men dessa redovisas inte här.

Kedja	Trädslag	Avverkningsmetod	Ståndort	Markberedning	Föryngring
Likåldriga, södra Finland					
1	Tall	Kalhuggning	Torr	Harv/fläck	Sådd
2	Tall	Kalhuggning	Torr/frisk	Högläggning	Plantering
3	Tall	Fröträd	Torr/frisk	Harv/fläck	NF
4	Tall	Kalhuggning	Frisk	Harv/fläck	Plantering
5	Gran	Kalhuggning	Örtrik	Ingen	Plantering
6	Gran	Kalhuggning	Örtrik	Högläggning	Plantering
7	Gran	Kanthuggning	Örtrik	Ingen	NF
8	Gran	Kanthuggning	Örtrik	Harvning	NF
9	Gran	Skärträd	Örtrik	Ingen	NF
Likåldriga, norra Finland					
14	Tall	Kalhuggning	Torr	Harv	Sådd
15	Tall	Fröträd	Torr	Ingen	NF
16	Tall	Fröträd	Torr	Harv	NF
17	Tall	Kalhuggning	Frisk	Högläggning	Plantering
18	Tall	Kalhuggning	Frisk	Harv	Sådd
19	Tall	Kalhuggning	Frisk	Harv	Plantering
20	Tall	Fröträd	Frisk	Harv	NF
21	Gran	Kalhuggning	Ört	Högläggning	Plantering
22	Gran	Kanthuggning	Örtrik	Ingen	NF
23	Gran	Kanthuggning	Örtrik	Harv	NF
Olikåldriga, södra Finland					
24	Tall	Luckhuggning	Torr	Lätt fläck	NF
25	Tall	Luckhuggning	Torr/frisk	Lätt fläck	NF
26	Tall	Selektiv avv.	Frisk	Ingen	Beståndsför.
27	Tall	Selektiv avv.	Frisk	Ingen	NF
28	Gran	Luckhuggning	Ört	Lätt fläck	NF
29	Gran	Selektiv avv.	Ört	Ingen	Beståndsför.
Olikåldriga, norra Finland					
30	Tall	Selektiv avv.	Torr/frisk	Ingen	NF
31	Tall	Luckhuggning	Frisk	Lätt fläck	NF
32	Gran	Luckhuggning	Örtrik	Lätt fläck	NF
33	Gran	Selektiv avv.	Örtrik	Ingen	Beståndsför.
34	Gran	Selektiv avv.	Frisk	Ingen	Beståndsför.
35	Gran	Luckhuggning	Frisk	Lätt fläck	NF
36	Tall	Selektiv avv.	Torr/frisk	ingen	NF

För varje exempel med huvudträdslag gran, tall eller björk beskrevs ett antal potentiella skador (tabell 2). Experterna fick nu svara på frågor för varje skötsel exempel och skadetyper:

A. Hur stor är sannolikheten och den ekonomiska betydelsen för en specifik skada vid en specifik åtgärd?

B. Vilka skötselåtgärder ökar risken för en specifik skada?

Experterna fick föreställa sig hela skötselkedjan på en fiktiv trakt, och beakta hela omloppstiden. Omgivande landskap bortsågs ifrån. Enkäten utformades som en webbenkät där experterna fritt kunde pricka in sannolikheten och den ekonomiska betydelsen i ett diagram (fråga A). Fråga B besvarades genom kryssrutor.

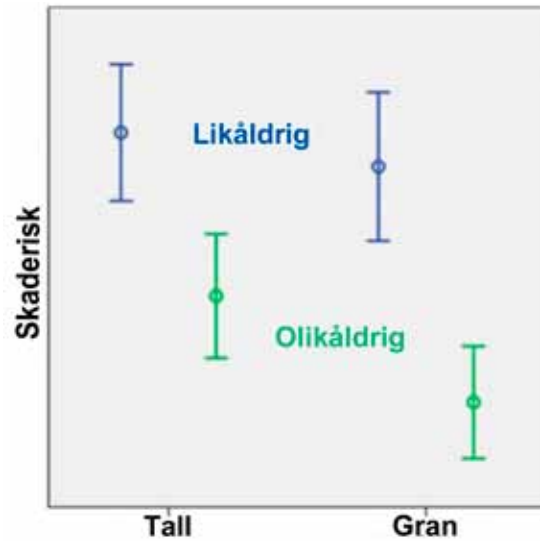
Totalt besvarades enkäten av 8 experter. Alla svarade dock inte på alla frågor. De skötsel-exempel som innehöll björk utelämnades från analysen eftersom för få svar kommit in.

Enkätens resultat

När alla skaderisker summerades för alla skötsel-exempel var den relativa skaderisken högre i trakthyggesbruket, både för gran och tall (figur 10). Tall var i genomsnitt mer utsatt för skador än gran i båda skötselmodellerna.

Den största risken i tall var kopplad till älg (i likåldriga skötsel-exempel) och avverknings-skador (i olikåldriga bestånd). I gran var rotröta värsta skadan i både likåldriga och olikåldriga skötsel-exempel.

Den relativa skaderisken var i allmänhet högre i likåldriga skötsel-exempel (tabell 2, figur



Figur 10. Relativ skaderisk i skötsel-exemplen. Alla skadeorsaker har kombinerats.

Tabell 2. Bedömda risker för enskilda skador med skillnad mellan likåldriga och olikåldriga skötsel-system. I tabellen visas om skaderisken bedömdes vara högre, lägre eller lika mellan likåldriga (LÅ) modeller och olikåldriga (OÅ). ">>" och "<<" betyder stor skillnad i risk (också markerade med fetstil), ">" och "<" mindre skillnad.

Skada	Tall	Gran
Torka	LÅ>OÅ	LÅ=OÅ
Frost	LÅ<<OÅ	LÅ>>OÅ
Näringsobalans	LÅ>>OÅ	LÅ>>OÅ
Snö	LÅ=OÅ	LÅ=OÅ
Vind	LÅ>OÅ	LÅ>OÅ
Granbarkborre	-	LÅ>OÅ
Sextandad barkborre	-	LÅ=OÅ
Snytbagge	LÅ=OÅ	LÅ>>OÅ
Tallsteklar	LÅ>>OÅ	-
Märgborrar	LÅ=OÅ	-
Avverknings-skador	LÅ<OÅ	LÅ=OÅ
Buske	LÅ>OÅ	LÅ>>OÅ
Vegetation	LÅ=OÅ	LÅ>OÅ
Skogssork	LÅ>>OÅ	LÅ>>OÅ
Älg	LÅ>OÅ	LÅ>>OÅ
Åkersork	LÅ>>OÅ	LÅ>>OÅ
Gråbarrsjuka	LÅ>>OÅ	-
Honungsskivling	LÅ>OÅ	LÅ>>OÅ
Knäckesjuka	LÅ>>OÅ	-
Törskate	LÅ>OÅ	-
Rotröta	LÅ<<OÅ	LÅ=OÅ
Gremmeniella	LÅ>>OÅ	-
Snöskytte	LÅ>>OÅ	-

11). I tall var 12 av de 21 skaderiskerna högre i likåldriga än i olikåldriga skötsel-exempel.

För fyra skador var risken högre i olikåldriga skötsel-exempel. För märgborre och snytbagge syntes ingen skillnad.

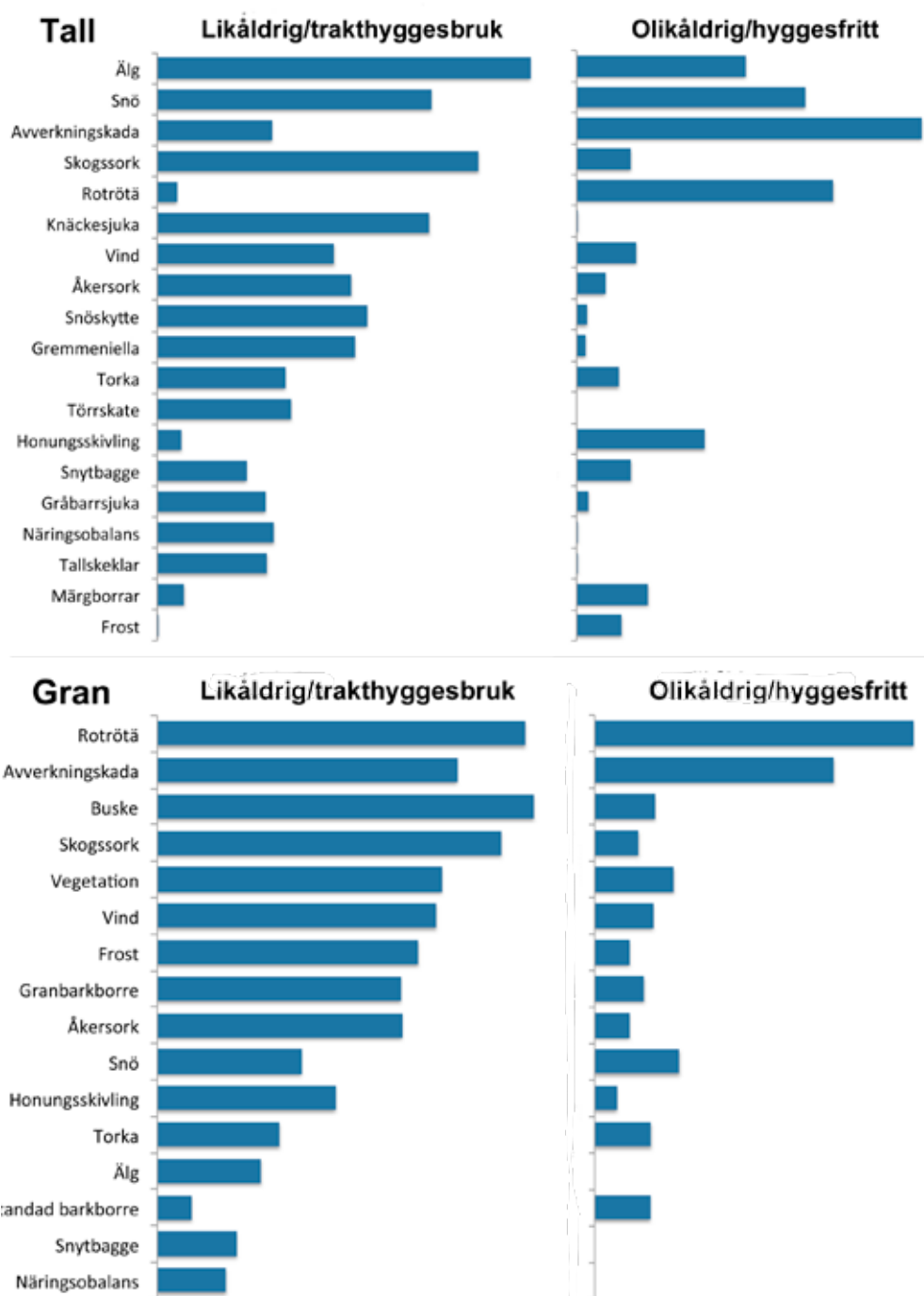
I gran var ingen av skadorna ansedd som högre i olikåldriga skötsel-exempel, medan 11 skador var högre i likåldriga.

Rotröta ansågs som större risk i olikåldrig skog med tall jämfört med likåldrig, men i gran var det ingen skillnad mellan skötsel-modellerna.

De likåldriga skötsel-kedjorna var i allmänhet mer känsliga för skador (figur 12). Särskilt höga risker gällde för de likåldriga tallkedjorna 17-19 som representerar kalhuggning och markberedning i norra Finland. Kalhyggesbruk på friska marker i södra Finland hade också höga skaderisker.

I gran var de högsta riskerna förknippade med skärmskogsbruk, kanthuggning och kalhuggning. I de olikåldriga

Hyggesfritt - skador



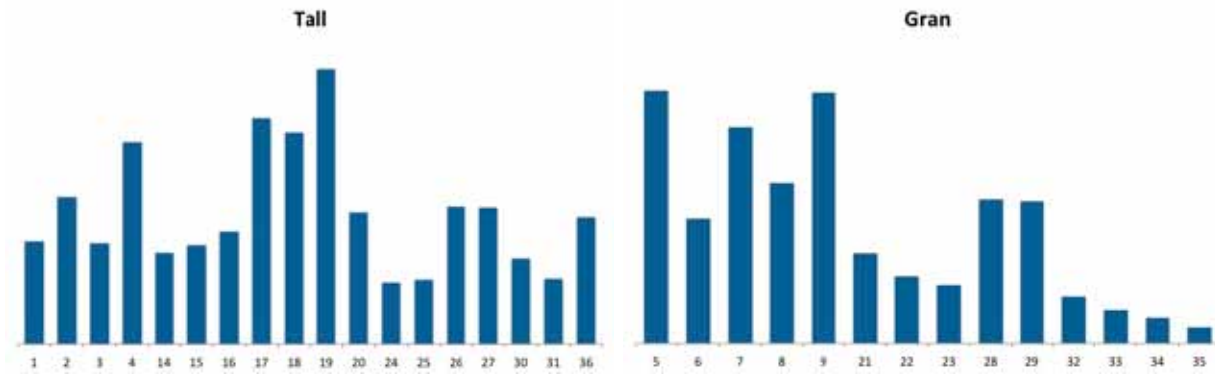
Figur 11. Risk (relativ skaderisk) för olika typer av skador och för olika skötselkedjor i tall (överst) och gran (nederst).

kedjorna hade luckhuggning och selektiv avverkning högst skaderisker.

Riskerna för enskilda skador varierade mellan skötsellexemplen. Exempelvis hade kedja 5 för gran (likåldrig, kalhuggning, örtrik ståndort) höga värden för sorkskador och andra föryngringsproblem, medan kedja 9 (skärmskogsbruk) hade större risk för avverkningskador

och rotröta.

De olikåldriga grankedjorna 28 och 29 (luckhuggning och selektiv avverkning med naturlig föryngring eller beståndsförnygring) hade också hög risk för rotröta och avverkningskador. Den höga risken för rotröta i olikåldriga tallskogar sågs i kedjorna 25-27 (södra Finland, luckhuggning eller selektiv



Figur 12. Relativ skaderisk för olika skötselkedjor i enkäten. Här är alla skadeorsaker kombinerade. Kedjorna 1-5 är likåldriga skötsel exempel och 24-36 är olikåldriga.

avverkning, naturlig föryngring eller användning av beståndsföryngring). Tallkedja 19 (kalhuggning, frisk mark i norra Finland) löpte större risk för sorksskador, älg och knäckesjuka.

De allra mest riskfyllda åtgärderna i skogsskötseln (enligt fråga B) var kalavverkning, selektiv avverkning, gallring, kanthuggning och plantering.

Diskussion och slutsatser

Är skaderiskerna större i hyggesfria skötselssystem? Svaret på den frågan är ett tydligt ”nej”, både baserat på litteraturstudien och expertenkäten. Skaderiskerna är i de flesta fall större i trakthyggesbruket med likåldriga bestånd. En orsak är att många moment och åtgärder är förknippade med risker, vilket har beskrivits i litteraturgenomgången.

Kallio & Laine (1982) betonar att ett intensivt trakthyggesbruk innebär avverkning året runt med mekaniserade metoder, gödsling och användning av plantskoleodlade plantor. Enligt Weissenberg (1987) är de flesta svampepidemier oftast orsakade av människan. Skogliga ingrepp påverkar känsligheten för insektsskador och andra biotiska och abiotiska skador, vilket gör att brukade och obrukade skogar drabbas av olika typer av skador. Ett exempel är att närmast obrukade tallskogar i ryska Karelen drabbas mer av mörghorreskadorna, medan brukade tallskogar i finska Karelen är mer utsatta för Gremmeniella.

Det finns dock undantag från huvudregeln, i vissa fall är skadorna svårare i de flerskiktade, olikåldriga bestånden. I rottröteinfekterade granbestånd är det risk att underväxten också smittas. Vid selektiv avverkning i flerskiktad skog kan det vara svårt att nå ner till de röt-frekvenser som man finner i likåldriga bestånd, vilket gör upprepade gallringar till en vanskelig åtgärd. I de flerskiktade bestånden är också risken för skador på föryngringen större. Här är det viktigt att utveckla metoder och maskiner som minskar skadorna (se Surakka m.fl. 2011).

Litteraturstudien och expertenkäten stämmer relativt väl överens. En överraskning var att experterna bedömde risken för rottröta som större i talldominerade flerskiktade bestånd medan ingen skillnad bedömdes för gran. Enkätundersökningen hade dock en del brister i och med att svaren inte var fullständiga från alla respondenter.

Det antas ofta att skogliga monokulturer är mer utsatta för angrepp av svampar och insekter och att blandbestånd är mer motståndskraftiga. Det finns många studier som bekräftar antagandet när det gäller barr- och rotskador (Jactel m.fl. 2005, Pautasso m.fl. 2005, Björkman m.fl. 2011). En stor del av litteraturen här- ror dock från tempererade och även tropiska förhållanden, och kan inte till fullo översättas till nordiska, boreala förhållanden. Enligt Koricheva m.fl. (2006) är det empiriska stödet för blandskogars mindre skaderisk mycket var-

ierande och kontroversiellt, även om det i vissa fall faktiskt har haft positiv betydelse.

Klimatförändringen kommer också att påverka skaderisken. Lindner m.fl. (2010) varnar för att skadorna kan komma att förvärras i ett varmare klimat. Ett exempel är stormskador som verkar ha ökat i både frekvens och styrka, och sannolikt kommer att bli mer frekventa i framtiden (Schelhaas m.fl. 2003). Längre och varmare somrar kommer att leda till tidigare svärmning och snabbare insektsutveckling vilket ger kortare generationstider. Granbarkborren kan numera ha två generationer under en säsong i södra Sverige, och detta har observerats också i Finland (Lindelöw & Schröder 2008, Pouttu & Annala 2010).

Gallring och avverkning under en allt längre snöfri och tjälfri period samt ökad aktivitet hos mycelet och längre tid för sporbildning innebär också ökad risk för infektion av rotröta. För snytbaggen förväntar man sig också en kortare utvecklingstid och att vuxna skalbaggar blir färdiga redan på hösten i stället för att övervintra och krypa ut påföljande vår. Det riskerar att öka skadorna på plantor i framtiden (Björkman m.fl. 2011).

Den potentiellt farliga barrskogsnunnan kommer att expandera norrut till följd av ett varmare klimat, och det innebär också större risk för utbrott även i norra delen av vår region (Vanhanen m.fl. 2007). Samtidigt är effekterna av ett varmare klimat svårförutsedda och komplexa. För en art som röd tallstekel kan ett varmare klimat till och med vara ogynnsamt (Kollberg m.fl. 2013).

Det får inte bortses från interaktionen mellan olika stressfaktorer. Ett exempel är att rotröta gör träden mer utsatta för vindfällning (Oliva m.fl. 2008). Torka kan göra träden mer mottagliga för rotröteinfektion (Lindberg & Johansson 1992) och för angrepp av granbarkborre (Marini m.fl. 2013). Röttrabbade bestånd drabbas också lättare av barkborreangrepp.

Preventiva metoder är det som gäller för att hålla skadorna i schack. Direkta åtgärder kom-

mer oftast för sent. Det handlar då om att sköta skogshygien oavsett vilken skötselmodell som används i skogsbruket. Skogsskötseln bör anpassas så den resulterar i så lite skador som möjligt på växande skog. Forskningen har här en viktig roll för att lära oss mer om de komplexa interaktionerna mellan olika skador och skadeförhållanden, här behövs ett samarbete mellan forskare från olika discipliner (Jactel m.fl. 2009, Björkman m.fl. 2011, Subramanian m.fl. 2016).

Tack

Författaren riktar ett varmt tack till sina kollegor vid Luke för hjälp med skadeenkäten: Otso Huitu, Risto Jalkanen, Juho Matala, jari Miina, Tuula Piri, Marja Poteri och Sauli Valkonen.

Referenser

- Ball, J.P., Dahlgren, J., 2002. Browsing damage on pine (*P. sylvestris* and *P. contorta*) by a migrating moose (*Alces alces*) population in winter: relation to habitat composition and road barriers. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17, 427-435.
- Barklund, P., Rowe, J., 1981. *Gremmeniella abietina* (*Scleroderris lagerbergii*), a primary parasite in a Norway spruce die-back. *European Journal of Forest Pathology* 11, 97-108.
- Bejer, B., 1988. The nun moth on European spruce forest. . In: Berryman, A., (Ed.). *Dynamics of Forest insect populations*. Plenum Press, New York, pp. 211-231.
- Bendz-Hellgren, M., Stenlid, J., 1998. Effects of clear-cutting, thinning, and wood moisture content on the susceptibility of Norway spruce stumps to *Heterobasidion annosum*. *Canadian Journal of Forest Research* 28, 759-765.
- Bergqvist, G., Bergström, R., Wallgren, M., 2014. Recent browsing damage by moose on Scots pine, birch and aspen in young commercial forests - effects of forage availability, moose population density and site productivity. *Silva Fennica* 48, Available at <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1077>.
- Björkman, C., Bylund, H., Klapwijk, M.J., Kollberg, I., Schroeder, M., 2011. Insect Pests in

- Future Forests: More Severe Problems? *Forests* 2, 474-485.
- Björkman, C., Bylund, H., Nilsson, U., Nordlander, G., Schroeder, M., 2015. Effects of new forest management on insect damage risk in a changing climate. In: CABI climate change series. CAB International, pp. 248-266.
- Blennow, K., Sallnäs, O., 2004. WINDA- a system of models for assessing the probability of wind damage to forest stands within a landscape. *Ecological Modelling* 175, 87-99.
- Christiansen, E., Bakke, A., 1988. The spruce bark beetle of Eurasia. In: Berryman, A., (Ed.). *Dynamics of Forest Insect Populations*, Plenum Press, New York, pp. 479-503.
- De Somviele, B., Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Niemelä, P., 2004. Sawfly (Hym., Diprionidae) outbreaks on Scots pine: effect of stand structure, site quality and relative tree position on defoliation intensity. *Forest Ecology and Management* 194, 305-317.
- Dhôte, J.E., 2005. Implication of forest diversity in resistance to strong winds. In: Scherer-Lorenzen, M., Körner, C., Schulze, E.D., (Eds.). *Forest diversity and function temperate and boreal systems*. Springer, pp. 291-307.
- Diaci, J., Kerr, G., O'hara, K., 2011. Twenty-first century forestry: integrating ecologically based, uneven-aged silviculture with increased demands on forests. *Forestry* 84, 463-465.
- Dietrichson, J., 1968. Provenance and resistance to *Scleroderris lagerbergii* Gremmen (*Crumenula abietina* lagerb.). The international Scots pine provenance experiment of 1938 at Matran. *Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen* 25, 398-410.
- Eerikäinen, K., Valkonen, S., Saksa, T., 2014. Ingrowth, survival and height growth of small trees in uneven-aged *Picea abies* stands in southern Finland. *Forest Ecosystems* 1:5, 10 p.
- Eidmann, H., 1992. Impact of bark beetles on forests and forestry in Sweden. *Journal of Applied Entomology* 114, 193-200.
- Enerstvedt, L.I., Venn, K., 1979. Decay in mature Norway spruce stands. A study on clear-cuttings in Ovre Eiker. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning* 35(4): 241-264 35, 241-264.
- Eriksson, M., Neuvonen, S., Roininen, H., 2007. Retention of wind-felled trees and the risk of consequential tree mortality by the European spruce bark beetle *Ips typographus* in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22, 516.
- Fält-Nardmann, J., Leinonen, R., Ruohomäki, K., Saikkonen, K., Tikkanen, O., Neuvonen, S., 2015. The recent northward expansion of *Lymantia monacha* in Finland. IUFRO conference "Population dynamics and integrated control of forest defoliating and other insects", September 28 - October 2, 2015, Sopot (Poland) : Book of abstracts, p.21. 21.
- FAO, 2001. Protecting Plantations from Pests and Diseases. Report Based on the Work of W.M. Ciesla. Forest Plantation Thematic Papers, Working Paper 10. Forest Resources Development Service, Forest Resources Division. FAO, Rome.
- Fjeld, D., Granhus, A., 1998. Injuries after selection harvesting in multi-storied spruce stands - the influence of operating systems and harvest intensity. *Journal of Forest Engineering* 9, 33-40.
- 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.
- Gibbs, J.N., 1967. The role of host vigour in the susceptibility of pines to *Fomes annosus*. 31: *Annals of Botany* 31, 803-815.
- Graber, D., 1994. Die Fichtenkernfäule in der Nordschweiz: Schadenausmass, ökologische Zusammenhänge und waldbauliche Massnahmen. *Schweizerische. Zeitschrift für Forstwesen* 145, 905-925.
- Granhus, A., Fjeld, D., 2001. Spatial distribution of injuries to Norway spruce advance growth after selection harvesting. *Canadian Journal of Forest Research* 31, 903-913.
- Guillaumin, J.J., Mohammed, C., Intin, M., Anselmi, N., Courtecuisse, R., Gregory, S.C., Holdenrieder, O., Rishbet, J., Lung, B., Marxmuller, H., Morrison, D., Termorshuizen, A.J., van Dam, B., 1993. Geographical distribution and ecology of the *Armillaria* species in Western Europe. *European Journal of Forest Pathology* 23, 321-341.
- Gunulf, A., Wang, L., Englund, J., Rönnberg, J., 2013. Secondary spread of *Heterobasidion parviporum* from small Norway spruce stumps to

- adjacent trees. *Forest Ecology and Management* 287, 1-8.
- Hallaksela, A., 1984. Causal agents of butt-rot in Norway spruce in southern Finland. *Silva Fennica* 18, 237-243.
- Hanewinkel, M., Kuhn, T., Bugmann, H., Lanz, A., Brang, P., 2014. Vulnerability of uneven-aged forests to storm damage. *Forestry* 87, 525.
- Härkönen, S., Miina, J., Saksala, T., 2008. Effect of cleaning methods in mixed pine-deciduous stands on moose damage to Scots pines in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23, 491-500.
- Heikkilä, R., Mikkonen, T., 1992. Effects of density of young Scots pine stand on moose (*Alces alces*) browsing. *Acta Forestalia Fennica* 231, 1-14.
- Heikkilä, R., Härkönen, S., 1996. Moose browsing in young Scots pine stands in relation to forest management. *Forest Ecology and Management* 88, 179-186.
- Heiskanen, J., Saksala, T., Luoranen, J., 2013. Soil preparation method affects outplanting success of Norway spruce container seedlings on till soils susceptible to frost heave. *Silva Fennica* 47, 1-17.
- Heiskanen, J., Viiri, H., 2005. Effects of mounding on damage by the European Pine Weevil in planted Norway spruce seedlings. *Northern Journal of Applied Forestry* 22, 154-161.
- Helle, T., Pajuoja, H., Nygrén, K., 1987. Forest damage caused by moose and their economic value in Finland. *Scandinavian Forest Economics* 29, 7-26.
- Henttonen, H., Lilja, A., Niemimaa, J., 1994. Myyrien ja hyönteisten aiheuttamat sienä-infektioit koivun taimien uhkana [Fungal infections caused by voles and insects as a threat to birch seedlings] (in Finnish). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 496, 125-129.
- Holmsgaard, E., Holstener-Jørgensen, H., Yde-Andersen, A., 1961. Bodenbildung, Zuwachs und Gesundheitszustand von Fichtenbeständen erster und zweiter Generation. I. Nord-Seeland. *Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark* 27, 167.
- Huitu, O., Kiljunen, N., Korpimäki, E., Koskela, E., Mappes, T., Pietiäinen, H., Pöysä, H., Henttonen, H., 2009. Density-dependent vole damage in silviculture and associated economic losses at a nationwide scale. *Forest Ecology and Management* 258, 1219-1224.
- Inward, D.J.G., Wainhouse, D., Peace, A., 2012. The effect of temperature on the development and life cycle regulation of the pine weevil *Hylobius abietis* and the potential impacts of climate change. *Agricultural & Forest Entomology* 14, 348-357.
- Isomäki, A., Kallio, T., 1974. Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Seloste: Puunkorjuukoneiden aiheuttamien vaurioiden vaikutus kuusen lahoamiseen ja kasvuun. *Acta Forestalia Fennica* 136, 24.
- Jactel, H., Brockerhoff, E., Duelli, P., 2005. A test of the biodiversity-stability theory: Meta-analysis of tree species diversity effects on insect pest infestations, and re-examination of responsible factors. In: Scherer-Lorenzen, M., Körner, C., Schulze, E.D., (Eds.). *Forest diversity and function temperate and boreal systems*. Springer, pp. 235-262.
- Jactel, H., Nicoll, B.C., Branco, M., Gonzalez-Olabarria, J., Grodzki, W., Långström, B., Moreira, F., Netherer, S., Orazio, C., Piou, D., Santos, H., Schelhaas, M.J., Tojic, K.I., Vodde, F., 2009. The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Annals of Forest Science* 66, 701.
- Jalkanen, R., Aalto, T., Hallikainen, V., Hyppönen, M., Mäkitalo, K., 2005. Viljelytaimikoiden hirtvihuho Lapissa ja Kuusamossa [Moose damage in seedling stands in Lapland and in Kuusamo] (in Finnish). *Metsätieteen aikakauskirja* 4, 399-411.
- Jalkanen, R., 1985. The occurrence and importance of *Lophodermella sulcigena* and *Hendersonia acicola* on Scots pine in Finland. *Karstenia* 25, 53-61.
- Jalkanen, R., 1986. *Lophodermella sulcigena* on Scots pine in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 136, 41.
- Jalkanen, R., 1990. Nitrogen fertilization as a cause of dieback of Scots pine at Paltamo, northern Finland. *Aquilo Seria Botanica* Tom. 29, 25-31.
- Jalkanen, R., Kurkela, T., 1984. Männynversorusteiden aiheuttamat vauriot ja varhaiset pituuskasvutappiot. Summary: damage and early height growth losses caused by *Melampsora pionitorqua*.

Folia Forestalia 587, 1-15.

Jenks, G., F., 1967. The Data Model Concept in Statistical Mapping. International Yearbook of Cartography 7, 186-190.

Johannesson, H., Stenlid, J., 1999. Molecular identification of wood-inhabiting fungi in an unmanaged *Picea abies* forest in Sweden. Forest Ecology and Management 115, 203-211.

Johansson, K., Petterson, N., 1996. Effect of initial spacing on biomass production, butt rot frequency and graded yield of *Picea abies* (L.) Karst. Forest & landscape research 1, 381-397.

Jokinen, K., 1988. Metsänlannoituksen vaikutus puiden tuhonkestävyyteen. Kirjallisuuskatsaus (in Finnish). Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja. Metsänsuojelun Tutkimusosasto 287, 1-57.

Jokinen, K., Tamminen, P., 1979. Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa : Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce stands in SW Finland. Folia Forestalia 399, 1-17.

Kaitaniemi, P., Riihimäki, J., Koricheva, J., Vehviläinen, H., 2007. Experimental evidence for associational resistance against the European pine sawfly in mixed tree stands. Silva Fennica 41, 259-168.

Kallio, T., 1965. Tutkimuksia maannousemasiienen leviämisbiologiasta ja torjuntamahdollisuuksista Suomessa. Summary: Studies on the biology of distribution and possibilities to control *Fomes annosus* in southern Finland. Acta Forestalia Fennica 78, 1-20.

Kallio, T., Häkkinen, R., Heinonen, J., 1985. An outbreak of *Gremmeniella abietina* in central Finland. European Journal of Forest Pathology 15, 216-223.

Kallio, T., Laine, L., 1982. s; Der Einfluss forstlicher Intensivierungsmaßnahmen auf die Pilzkrankheiten in finnischen Wäldern. Allgemeine Forstzeitschrift 8, 228-229.

Kärvemo, S., Rogell, B., Schroeder, M., 2014. Dynamics of spruce bark beetle infestation spots: Importance of local population size and landscape characteristics after a storm disturbance. Forest Ecology & Management 334, 232-240.

Keca, N., Solheim, H., 2011. Ecology and dis-

tribution of *Armillaria* species in Norway. Forest Pathology 41, 120-132.

Klapwijk, M.J., Bylund, H., Schroeder, M., Björkman, C., 2016. Forest management and natural biocontrol of insect pests. Forestry 0, 1-10.

Kollberg, I., Bylund, H., Schmidt, A., Gershenson, J., Björkman, C., 2013. Multiple effects of temperature, photoperiod and food quality on the performance of a pine sawfly. Ecological Entomology 38, 201-208.

Korhonen, K., 1978 a. Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 94, 1-22.

Korhonen, K., 1978 b. Interfertility and clonal size in the *Armillariella mellea* complex. Karstenia 18, 31-42.

Korhonen, K., Stenlid, J., 1998. Biology of *Heterobasidion annosum*. In: S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen and A. Hüttermann (eds.), *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International, Wallingford, UK. ISBN 0 85199 2757. p. 43-71.

Koricheva, J., Vehviläinen, H., Riihimäki, J., Ruohomäki, K., Kaitaniemi, P., Ranta, H., 2006. Diversification of tree stands as a means to manage pests and diseases in boreal forests: myth or reality? Canadian Journal of Forest Research 36, 324-336.

Kuuluvainen, T., Grenfell, R., 2012. Natural disturbance emulation in boreal forest ecosystem management theories, strategies, and a comparison with conventional even-aged management. Canadian Journal of Forest Research 42, 1185-1203.

La Porta, N., Capretti, P., Thomsen, I.M., Kasanen, R., Hietala, A.M., Weissenberg, K., 2008. Forest pathogens with higher damage potential due to climate change in Europe. Canadian Journal of Plant Pathology 30, 177-195.

Långström, B., Day, K.R., 2004. Damage, control and management of weevil pests, especially *Hyllobius abietis*. In: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Grégoire, J.-., Evans, H.F., (Eds.). *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe a Synthesis*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 415-444.

Larsson, S., Tenow, O., 1984. Areal distribution of a *Neodiprion sertifer* (Hym. Diprionidae) outbreak on Scots pine as related to stand condition. Holarctic.

- Ecology. 7, 81-90.
- Lavsund, S., 1987. Moose relationships to forestry in Finland, Norway and Sweden. Swedish Wildlife Research. 1/1987 (Suppl), 229-244.
- Lindberg, M., Johansson, M., 1992. Resistance of *Picea abies* seedlings to infection by *Heterobasidion annosum* in relation to drought stress. European Journal of Forest Pathology 22, 115-124.
- Lindelöw, A., Schröder, M., 2008. 2008. The Storm "Gudrun" and the Spruce Bark Beetle in Sweden. Forstschutz Aktuell 44, 5-7.
- 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 Fennica 36, 767-778.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kreymer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M.J., Marchetti, M., 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. Forest Ecology and Management 259, 698-709.
- Lumme, I., Arkhipov, V., Fedorets, N., Mälkönen, E., 1997. Männiköiden kunto Karjalan kannaksen-Kaakkois-Suomen ja Kostamuksen-Kainuun alueilla. -Suomalais-venäläisen tutkimushankkeen loppuraportti. [The condition of pine stands in the Carelian Isthmus- Southeastern Finland and Kostamus-Kainuu regions. Final report of a Finnish-Russian co-operative project] (In Finnish and in Russian). Metsän-tutkimuslaitoksen tiedonantoja 665, 1-75.
- Luoranen, J., Viiri, H., 2012. Soil preparation reduces pine weevil (*Hylobius abietis* (L.)) damage on both peatland and mineral soil sites one year after planting. 46(1): 151-161. Silva Fennica 46, 151-161.
- Lyly, O., Saksa, T., 1992. The effect of stand density on moose damage in young *Pinus sylvestris* stands. Scandinavian Journal of Forest Research 7, 393-403.
- Lyytikäinen-Saarenmaa, P., Tomppo, E., 2002. Impact of sawfly defoliation on growth of Scots pine *Pinus sylvestris* (Pinaceae) and associated economic losses. Bulletin of Entomological Research 92, 137-140.
- Marini, L., Lindelöw, Å., Jönsson, A.M., Wulff, S., Schroeder, L.M., 2013. Population dynamics of the spruce bark beetle: A long-term study. Oikos 122, 1768-1776.
- Markgren, G., 1974. The moose in Fennoscandia. Le Naturaliste Canadien 101, 185-194.
- Mattsson, A., 2016. Reforestation challenges in Scandinavia. Reforesta 1, 67-85.
- Modig, E., Magnusson, B., Valinger, E., Cedergren, J., Lundqvist, L., Damage to residual stand caused by mechanized selection harvest in uneven-aged *Picea abies* dominated stands. Silva Fennica 46, 267-274.
- Morrison, D.J., Cruickshank, M.G., Lalumière, A., 2014. Control of laminated and Armillaria root diseases by stump removal and tree species mixtures: Amount and cause of mortality and impact on yield after 40 years. Forest Ecology and Management 319, 75-98.
- Möykkönen, T., Miina, J., 2002. Optimizing the management of a butt-rotted *Picea abies* stand infected by *Heterobasidion annosum* from the previous rotation. Scandinavian Journal of Forest Research 17, 47-52.
- Nevalainen, S., 1999. *Gremmeniella abietina* in Finnish *Pinus sylvestris* stands in 1986-1992: a study based on the National Forest Inventory. Scandinavian Journal of Forest Research 14, 111-120.
- Nevalainen, S., Matala, J., Korhonen, K., Ihalainen, A., Nikula, A., 2016. Moose damage in National Forest Inventories (1986-2008) in Finland. Silva Fennica 50, .
- Niemelä, P., Lindgren, M., Uotila, A., 1992. The effect of stand density on the susceptibility of *Pinus sylvestris* to *Gremmeniella abietina*. Scandinavian Journal of Forest Research 7, 129-133.
- Nikula, A., Hallikainen, V., Jalkanen, R., Hypönen, M., Mäkitalo, K., 2008. Modelling the factors predisposing Scots pine to moose damage in artificially regenerated sapling stands in Finnish Lapland. Silva Fennica 42, 587-603.
- Nilson, K., Lundqvist, L., 2001. Effect of stand structure and density on development of natural regeneration in two *Picea abies* stands in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research 16, 253-259.
- Nilsson, U., Luoranen, J., Kolström, T., Örlander, G., Puttonen, P., 2010. Reforestation with plant-

- ing in northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25, 283-294.
- Nordlander, G., Hellqvist, C., Johansson, K., Nordenhem, H., 2011. Regeneration of European boreal forests: Effectiveness of measures against seedling mortality caused by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forest Ecology and Management* 262, 2354-2363.
- Oliva, J., Bendz-Hellgren, M., Stenlid, J., 2011. Spread of *Heterobasidion annosum* s.s. and *Heterobasidion parviporum* in *Picea abies* 15 years after stump inoculation. *FEMS microbiology ecology* 75, 414-429.
- Parviainen, J., Västilä, S., 2011. State of Finland's Forests 2011 - Based on the criteria and indicators of sustainable forest management. Publications of Ministry of Agriculture and Forestry 5a, 95 p.
- Pautasso, M., Holdenrieder, O., Stenlid, J., 2005. Susceptibility to fungal pathogens of forests differing in tree diversity. In: Scherer-Lorenzen, M., Körner, C., Schulze, E.D., (Eds.). *Forest diversity and function temperate and boreal systems*. Springer, pp. 263-289.
- Peltola, H., Gardiner, B., Nicoll, B., 2013. Mechanics of wind damage. In: Gardiner, B., Schuck, A., Schelhaas, M., Orazio, C., Blennow, K., Nicoll, B., (Eds.). *What Science can tell us? "Living with Storms Damage to Forests"*. European Forest Institute, pp. 31-38.
- Peltola, H., Kellomäki, S., Väisänen, H., Ikonen, V., 1999. A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch. *Canadian Journal of Forest Research* 29, 647-661.
- Pettersson, M., Örlander, G., Nordlander, G., 2005. Soil features affecting damage to conifer seedlings by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Forestry* 78, 83-92.
- 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*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18, 362-367.
- Piri, T., 2003. Early development of root rot in young Norway spruce planted on sites infected by *Heterobasidion* in southern Finland. *Forest Pathology* 33, 604.
- Piri, T., Korhonen, K., 2001. Infection of advance regeneration of Norway spruce by *Heterobasidion parviporum*. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 31, 937-942.
- Piri, T., Korhonen, K., 2007. Spatial distribution and persistence of *Heterobasidion parviporum* genets on a Norway spruce site. *Forest Pathology* 37, 1-8.
- Piri, T., Korhonen, K., 2008. The effect of winter thinning on the spread of *Heterobasidion parviporum* in Norway spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research* 38, 2589-2595.
- Piri, T., Korhonen, K., Sairanen, A., 1990. Occurrence of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed spruce stands in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5, 113-125.
- Piri, T., Valkonen, S., 2013. Incidence and spread of *Heterobasidion* root rot in uneven-aged Norway spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research* 43, 872-877.
- Pouttu, A., Annala, E., 2010. Kirjanpainajalla kaksi sukupolvea kesällä 2010 [*Ips typographus* had two generations in 2010] (in Finnish). *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2010,.
- Pukkala, T., Laiho, O., Lähde, E., 2016. Continuous cover management reduces wind damage. *Forest Ecology & Management* 372, 120.
- Read, D.J., 1968. Some aspects of the relationship between shade and fungal pathogenity in an epidemic disease of pines. *New Phytologist* 67, 39-48.
- Rennerfelt, E., 1946. Om rottrötan (*Polyporus annosus*) i Sverige. Dess utbredning och sätt att uppträda. Referat: Über die Wurzelfäule in Sweden. Ihre Verbreitung und ihr Vorkommen unter verschiedenen Verhältnissen. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 35, 1-88.
- Rönnberg, J., Petrylaite, E., Nilsson, G., Pratt, J., 2006. Two studies to assess the risk to *Pinus sylvestris* from *Heterobasidion* spp. in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21, 405-413.
- Rönnberg, 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 Fennica* 41, 639-647.

- Schelhaas, M., Nabuurs, G., Schuck, A., 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9, 1620–1633.
- Schmidt, R.A., 1978. Diseases in forest ecosystems: The importance of functional diversity. In: Horsfall, J.G., Cowling, E.B., (Eds.). *Plant disease. An advanced treatise*, Vol II. How disease develops in populations. Academic Press, New York, pp. 287–315.
- Shorohova, E., Fedorchuk, V., Kuznetsova, M., Shvedova, O., 2008. Wind-induced successional changes in pristine boreal *Picea abies* forest stands: evidence from long-term permanent plot records. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 81, 335.
- Siren, M., Hyvönen, J., Surakka, H., 2015. Tree damage in mechanized uneven-aged selection cuttings. *Croatian Journal of Forest Engineering* 36, 33–42.
- Subramanian, N., Bergh, J., Johansson, U., Nilsson, U., Sallnäs, O., 2016. Adaptation of forest management regimes in Southern Sweden to increased risks associated with climate change. *Forests* 2016, 7–8, 1–18.
- Surakka, H., Sirén, M., Heikkinen, J., Valkonen, S., 2011. Damage to saplings in mechanized selection cutting in uneven-aged Norway spruce stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26, 232.
- Sydow, F. von, 1997. Abundance of pine weevils (*Hylobius abietis*) and damage to conifer seedlings in relation to silvicultural practices. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12, 157–167.
- Uotila, A., 1985. Siemenen siirron vaikutuksesta männyn versosyöpälttiuteen Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: On the effect of seed transfer on the susceptibility of Scots pine to *Ascolyxa abietina* in southern and central Finland. *Folia Forestalia* 639, 1–12.
- 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.
- Vanhanen, H., Veteli, T.O., Päivinen, S., Kellomäki, S., Niemelä, P., 2007. Climate change and range shifts in two insect defoliators: gypsy moth and nun moth— a model study. *Silva Fennica* 41, 621–638.
- Vasaitis, R., Stenlid, J., Arhipova, N., Cleary, M., Morrison, D.J., Gaitnieks, T., Thomsen, I.M., Sturrock, R., 2013. Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long-term trials. *Forest Ecology and Management* 290, 5–14.
- Weissenberg, K. von, 1990. Vård-parasitförhållanden i skogliga ekosystem. En litteraturstudie. *Silva Fennica* 24, 129–139.
- Wermelinger, B., 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management* 202, 67–82.
- Zeng, H., Peltola, H., Kellomäki, S., 2007. Interactive clear-cut regime selection for risk management of wind damage using reference point approach. *Ecological Informatics* 2, 150–158.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K., Väisänen, P., 2014. Metsänhoidon suositukset. [Recommendations for silviculture] (in Finnish). Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja, 181 pp.

Hyggesfritt skogsbruk och klimatet

Av Tomas Lundmark

Hyggesfritt skogsbruk beskrivs ofta som ett skötselsystem som gynnar många ekosystemtjänster. Frågan om hur det påverkar klimatet jämfört med traditionellt trakthyggesbruk är dock långtifrån besvarad. Future Forests har undersökt hur kolbalansen påverkas av två alternativa skötselstrategier i granskog – hyggesfritt skogsbruk med blädning och trakthyggesbruk.

Resultaten visar att tillväxtnivån har en större betydelse än skötselsystemet i sig. De långsiktiga climateffekterna är därför likvärdiga mellan systemen om skogen växer lika snabbt. I praktiken är dock tillväxten högre i trakthyggesbruket, vilket talar för att det ger högre klimatnytta.

Hög tillväxt ger klimatnytta

Flera studier har visat att aktivt skogsbruk med en uthålligt hög avverkning och samtidigt en tillväxt som binder mycket kol, ger större klimatnytta än en obrukad naturskog (bland

annat Lundmark m.fl. 2014). Sambandet mellan skogsbruk och klimatnytta är dock komplext. Det beror på ett samspel mellan skogsskötseln, kollagring i skogen och i skogens produkter, och på vilket sätt det avverkade virket ersätter andra klimatpåverkande råvaror (substitutionseffekt).

I ett bestånd bestäms kolbalansen av skillnaden mellan kol som binds i biomassan (nettoprimärproduktionen) och kol som förloras genom andning (respiration) och läckage samt den biomassa som tas ut vid avverkning. I ekvationen ingår också kolutsläppen från skogsbrukets maskiner samt den kol som sparas genom att virke ersätter (substituerar) andra mer klimatpåverkande råvaror och produkter. Hit kan räknas fossila bränslen, stål och betong.

Flera vetenskapliga studier har också visat att en hög och uthållig tillväxt ger störst klimatnytta. Det svenska och finska skogsbruket kännetecknas av trakthyggesbruk med relativt jämnåriga skogar, hög produktion och små naturliga avgångar som tillåter en hög, uthållig avverkning. Vid slutavverkningen skördas stora mängder biomassa, samtidigt som mark-



Figur 1. Ett bestånd skött med naturkulturmetoden. Är det bättre för klimatet? Foto Mats Hannerz..

vegetation och avverkningsrester släpper ut koldioxid. Beståndet börjar dock binda ny kol i snabb takt redan i ungskogsfasen. När beståndet sluter sig och åldras minskar nettoupptaget av kol, för att till slut nå en topp när upptag och avgivning balanserar varandra.

I ett landskap med likåldriga bestånd i alla åldrar sker det samtidigt ett upptag och en avgivning av koldioxid. Sammantaget är dock upptaget större än avgången vilket leder till en årlig nettotillväxt som kan skördas i avverkningsmogna bestånd.

I alternativet hyggesfritt skogsbruk (på engelska *continuous-cover forestry*) sköts skogen med återkommande uttag av enskilda träd, och marken är hela tiden täckt med träd. Skötselsystemet framhålls ibland som bättre ur klimatsynpunkt, eftersom det inte innehåller någon kalhyggesfas som släpper ut stora mängder koldioxid.

Vår studie ger hela bilden

En jämförelse av de båda skötselalternativen kräver att man tar hänsyn inte bara till kalhyggesfasen utan till hela omloppstiden, och dessutom till den klimatnytta den skördade biomassan ger upphov till. I vår studie har vi jämfört två olika skötselmodeller i boreal skog i Sverige (Lundmark m.fl. 2016). Vi tar hänsyn till kolbalansen i den stående skogen och i marken, kol bundet i den avverkade skogen och substitutionseffekterna av att använda trä i stället för andra mer kolintensiva råvaror.

Vi har utgått från en heterogen granskog på medelbördig mark i mellersta Sverige. Skogsägaren kan välja mellan att slutavverka och plantera, eller att sköta skogen så den blir ännu mer skiktad och kan skötas med hyggesfria metoder (blädning). Skogens utveckling simulerades med tillväxtmodeller.

Trakthyggesbruket följde normala skötselmodeller för Sverige. Direkt efter slutavverkningen planterades ett nytt granbestånd efter markberedning. Därefter röjdes och gallrades beståndet enligt gängse riktlinjer innan det slutavverkades igen när tillväxten kul-

minerat. Gallring och slutavverkning gjordes maskinellt.

I det hyggesfria alternativet gjordes uttagen som selektiv avverkning av enskilda träd med hjälp av skördare. All föryngring byggde på in-växning av naturligt föryngrade träd.

Tillväxtmodellerna för blädning är osäkra eftersom det är brist på empiriskt material. I trakthyggesbruket simulerades bestånds-utvecklingen med Heureka-systemets modeller. I blädningsskogsbruket användes modeller utvecklade av Chrimes och Lundqvist (2004).

Två scenarier för varje skötselmodell

För trakthyggesbruket jämfördes två scenarier, en där **bara stamved skördades (CF)** och en där **80 % av avverkningsavfall och stubbar skördades (CF+)**. För blädningsskogsbruket användes två tillväxtnivåer, en där **tillväxten är 80 % av trakthyggesbruket (CCF80)** och en där **tillväxten är likvärdig (CCF100)**. I blädningsskogsbruket skördades inget skogsbränsle. Skogen blädades (avverkades) en gång vart 10:e år.

I trakthyggesbruket lämnades 5 % av stamvedsvolymer kvar i skogen som naturhänsyn (stående levande och döda träd).

Substitutionseffekterna beror mycket på hur skogsprodukterna används. I vår studie användes två alternativa strategier. I den ena användes all grov stamved till konstruktionsvirke, medan klenare virke användes som energi i kraftvärmeverk. Med denna strategi beräknas substitutionseffekten bli 0,9 ton CO₂-ekvivalenter per skördad kubikmeter biomassa. I det praktiska skogsbruket används råvaran även till massa och papper, vilket ger en lägre sammanlagd substitutionseffekt. Vi räknade därför också med en lägre effekt på 0,47 ton CO₂-ekvivalenter per kubikmeter biomassa.

Kol i marken

En stor andel av skogens kol finns i marken som dött organiskt material eller levande biomassa. En stor del av markkolet är gammalt med en långsam omsättning. Vid en slutav-

verkning ökar nedbrytningen av markkolet, medan gallring och selektiv avverkning har små effekter på markens kolförråd.

Genom barr och grenar som hamnar i förnan tillförs hela tiden nytt kol till marken. Vi antog att förnans nedbrytningshastighet var likvärdig mellan de olika skötselalternativen.

Totala kolbalansen under 290 år

I studien betraktade vi kolbalansen som summan av kolförrådets förändringar i levande träd, förna och den skördade biomassan, samt den kol som kan undvikas genom substitution av andra material och fossila bränslen.

Vi följde sedan bestånden över tre normala omloppstider för trakthyggesbruket – 285 år. Det hyggesfria alternativet följdes till strax före den 29:e avverkningen, till 290 år.

Resultat

Vi hade antagit att biomassaproduktionen var lika i alternativen CF, CF+ och CCF100, men

lägre i CCF80. Biomassauttaget var högst för CF+-alternativet, eftersom vi skördade en del grot och stubbar i detta (tabell 1).

I trakthyggesbruket ökade kolförrådet i den stående skogen med 0,35 ton per år, medan den långsiktigt inte ökade alls i de hyggesfria alternativen (tabell 2). Kolförändringen i förnan varierade mycket över tiden beroende på om grot och stubbar skördades eller inte. Långsiktigt ändrades den dock bara marginellt hos de olika scenarierna.

Den största påverkan på kolbalansen utgjordes av substitutionseffekten. Med antagandet att en kubikmeter virke motsvarar en substitutionseffekt på 0,9 ton CO₂-ekvivalenter så stod denna komponent för 82 % av den totala klimatnyttan för CF+-scenariot och 91 % för CCF100-scenariot.

Om vi antar en lägre substitutionseffekt (0,47 ton CO₂-ekvivalenter per kubikmeter virke) sjunker denna komponents andel av klimatnyttan till 50–60 %.

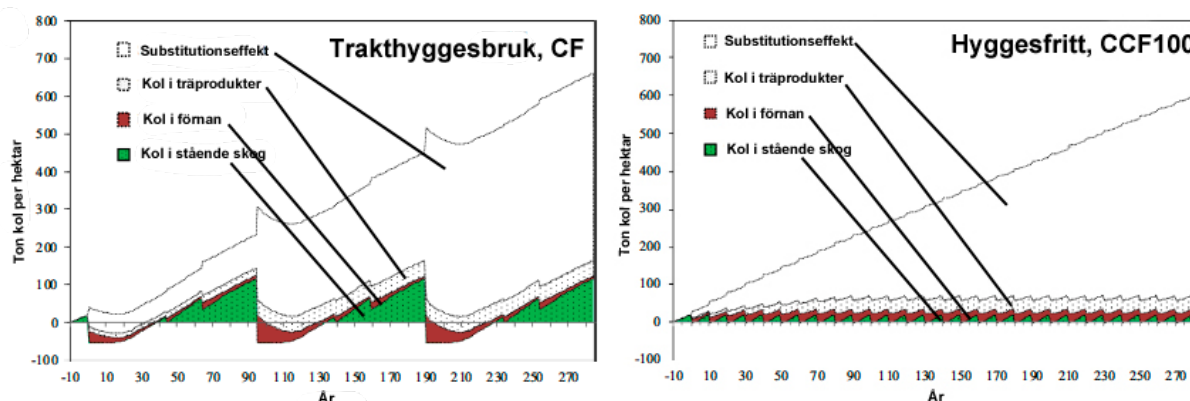
Tabell 1. Biomassauttag (skörd) i ton torr biomassa per år för de olika scenarierna. (CF+=trakthyggesbruk med 80 % uttag av grot och stubbar, CF=trakthyggesbruk, CCF100=hyggesfritt skogsbruk med lika hög tillväxt som i trakthyggesbruket, CCF80=hyggesfritt skogsbruk med 80 % av trakthyggesbrukets tillväxt).

	CF+	CF	CCF100	CCF80
Stamved och bark	2,18	2,18	2,54	2,02
Grot	0,69	0	0	0
Stubbar	0,58	0	0	0
Totalt	3,45	2,18	2,54	2,02

Tabell 2. Förändringar i kolförrådet (ton kol per hektar och år) för de olika scenarierna. Substitutionseffekten antogs motsvara 0,9 ton CO₂-ekvivalenter per avverkad kubikmeter. Den långsiktiga klimatnyttan (ton kol per hektar och år) är summan av kolförrådets förändring och substitutionseffekten.

	CF+	CF	CCF100	CCF80
Kolförändring i stående skog	0,35	0,35	0,01	0
Kolförändring i förnan	0,01	0,02	0,05	0,04
Kol i använda träprodukter	0,15	0,15	0,12	0,11
Substitutionseffekt	2,24	1,74	1,88	1,68
Långsiktig klimatnytta	2,75	2,25	2,06	1,83

Hyggesfritt - klimat



Figur 2. Den kumulativa kolbalansen i trakthyggesbruk och hyggesfritt (alternativ CCF100 när tillväxten är lika med trakthyggesbruket) under 285 år.

I figur 2 visas hur den kumulativa kolbalansen förändras över tiden för trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk. Där framgår ännu tydligare att kolförrådet är lågt och relativt konstant i det hyggesfria alternativet, men varierar och är i genomsnitt högre i trakthyggesbruket. Den allra största ökningen av klimatnyttan står dock substitutionseffekterna för.

Tillväxt viktigare än skötselsystem

Resultaten visar att det är tillväxtnivåerna i sig som har störst effekt på klimatnyttan, inte skötselsystemet. När de båda systemen CF och CCF100 jämförs är klimatnyttan i stort sett likvärdig. Resultaten bekräftar tidigare studier att hög tillväxt ger större klimatnytta. När jämförelsen görs mellan CF och CCF80 förlorar det hyggesfria alternativet, och klimatnyttan blir ungefär 80 % av trakthyggesbrukets klimatnytta.

Allra störst klimatnytta ger alternativet med ett intensivare uttag av grot och stubbar i trakthyggesbruket, eftersom skogsenergin direkt kan ersätta fossila bränslen.

Analysen sträcker sig över en period på 285 år, och självklart vet vi inte hur våra energisystem kommer att se ut så långt fram i tiden. I den totala kolbalansen är det substitutionen som står för den största nyttan, i genomsnitt 70 % för de olika skötselscenarierna.

Referenser

- Chrimes, D. & Lundqvist, L. 2004. Simulated volume increment of managed uneven-aged *Picea abies* stands in central Sweden. Paper 1 in Stand development and regeneration dynamics of managed uneven-aged *Picea abies* forests in boreal Sweden. Thesis, Acta Universitatis Agriculturae Suecia, Silvestria 304, SLU.
- Lundmark, T., Bergh, J., Hover, P., Lundström, A., Nordin, A., Poudel, B.D., Sathre, R., Taverna, R. M.fl. 2014. Potential roles of Swedish forestry in the context of climate change mitigation. *Forests* 5: 557-578.
- Lundmark, T., Bergh, J., Nordin, A., Fahlvik, N. & Poudel, B. C. 2016. Comparison of carbon balances between continuous-cover and clear-cut forestry in Sweden. *Ambio* 45, Supplement 2, s 203-213.



Future Forests

En tvärvetenskaplig kompetensplattform för
analys av komplexa forskningsfrågor om skogen

Future Forests är ett Mistra-program. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) är programvärd. Programmet är en gemensam satsning av SLU, Umeå universitet och Skogforsk.

Forskningsprogrammet pågick mellan 2009 och 2016. Finansieringen kom från Mistra, SLU, Umeå universitet, Skogforsk och svenskt skogsbruk.

www.futureforests.se