

REDOGÖRELSE

FRÅN SKOGFORSK NR. 5 2006



Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk med gran, en jämförande studie

EVEN-AGED STAND SYSTEM FOR NORWAY SPRUCE vs CONTINUOUS-COVER FORESTRY – A COMPARATIVE STUDY

Bo Karlsson



Bo Karlsson, jägmästare, Skog D, programledare förädling södra Sverige.
Anställd Skogforsk 1980.

Ämnesord: Skogsbruk, trakthyggesbruk, kontinuitet, gran, produktion,
ekonomi, skogsindustri

Omslag: Bo Göran Backström/SkogenBild (stor bild) & Skogforsk arkiv (liten bild)

Redaktör: Lars Åkerman

Ansvarig utgivare: Jan Fryk

Formgivning: Niclas Eklund

REDOGÖRELSE

Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk med gran, en jämförande studie

EVEN-AGED STAND SYSTEM FOR NORWAY SPRUCE vs CONTINUOUS-COVER FORESTRY – A COMPARATIVE STUDY

Bo Karlsson

Innehåll

Innehåll	2	Effekter av storskaligt systemskifte från trakt- hyggesbruk till kontinuitetsskogsbruk	29
Sammanfattning och syntes	4	Analys och resultat	29
Högre produktion i trakthyggesbruk	4	Naturvårdsaspekter på trakthygges- kontra kontinuitetsbruk	30
Lång tid att skapa kontinuitetsskogar	4	Syfte	30
Ekonomi	4	Artperspektivet	30
Risker	4	Störningsperspektivet	31
Natur- och miljöeffekter	5	Naturhänsyn i kontinuitetsskogsbruk	31
Slutsatser	5	Slutsatser	32
Uppdraget	6	Kväveutlakning vid olika grader av avverknings- uttag med koppling till kontinuitetsskogsbruk	33
Bakgrund	6	Bakgrund	33
Erkännanden	7	Kväveutlakning från kalhyggen	33
Former för kontinuitetsskogsbruk	10	Kväveutlakning i skärmställningar och luckor	33
Terminologi och definitioner	10	Diskussion	35
Kontinuitetsskogsbruk	11	Slutsatser	35
Byte av skogsskötselsystem	11	Effekter av och på vilt – trakthyggesbruk jämfört med kontinuitetsskogsbruk för gran	36
Produktion vid byte från trakthyggen till blädning	12	Bakgrund	36
Produktionsmodellens byggnad	12	Effekter på viltet	36
Granskogens utveckling med trakthugg...	14	Skogsskador	36
Skogstillståndets förändring 1985–2001	14	Referenser	37
Blädning i ett internationellt perspektiv	17		
Förutsättningar för en storskalig övergång...	22		
Slutsatser	23		
Granskogsbruk med och utan kalhyggen – produktion och ekonomi	24		
Tillväxtkalkyler	24		
Ekonomisk värdering	26		
Resultat och diskussion	27		

Contents

Contents	3	Consequences of large-scale transition from even-aged-stand system to continuous-cover forestry	29
Summary and synthesis	4	Analysis and results	29
Higher production in even-aged-stand...	4	Conservation issues: even-aged-stand system vs. continuous-cover forestry	30
Long time needed to create continuous...	4	Purpose	30
Economics	4	Outlook for species	30
Risks	5	Outlook regarding disturbance	31
Conservation & environmental effects	5	Conservation in continuous-cover forestry	31
Conclusions	5	Conclusions	32
The assignment	6	Nitrogen leaching at various logging intensities – connection with continuous-cover forestry	33
Background	6	Background	33
Acknowledgements	7	Nitrogen leaching from clear-cutting	33
Summary	8	Nitrogen leaching from shelterwood...	33
Forms of continuous-cover forestry	10	Discussion	35
Terminology and definitions	10	Conclusions	35
Continuous-cover forestry	11	Even-aged-stand system vs. continuous-cover forestry – impact on wildlife, and damage by browsing	36
Changing forest management systems	11	Background	36
Forest production on change from even-aged-stand system to selective harvesting	12	Impact on wildlife	36
Design process for production model	12	Damage to forest by browsing	36
Development of spruce forest: ...	14	Literature cited	37
Changes in forest status 1985–2001	14		
Selective harvesting: an international...	17		
Conditions governing a large-scale...	22		
Conclusions	23		
Spruce forestry with & without clear-cutting: timber production and economics	24		
Increment calculations	24		
Economic evaluation	26		
Results and discussion	27		

Sammanfattning och syntes

Dagens granskogsbruk bedrivs nästan uteslutande som ett *trakthyggesbruk*. Huvuddelen av träden är likåldriga under större delen av omloppstiden. Föryngring efter slutavverkning sker huvudsakligen genom markberedning och plantering med bästa tillgängliga material. Självföryngring under skärm kan också tillämpas på lämpliga marker. Bestånden sköts sedan med röjningar och gallringar.

Kontinuitetsskogsbruk bedrivs i flerskiktade, olikåldriga bestånd som aldrig slutavverkas. Vid varje återkommande avverkning görs uttagen genom att de grövre träden avverkas. Det finns några olika modeller för kontinuitetsskogsbruk. I Sverige bedöms blädning vara den mest realistiska metoden och ligger till grund för jämförelserna i denna Redogörelse.

Högre produktion i trakthyggesbruk

Det finns mycket få jämförande produktionsförsök mellan blädning och trakthyggesbruk. Uppskattningar grundade på två fältförsök i Norrland och norska erfarenheter indikerar att medeltillväxten är ca 20 % högre i trakthyggesbrukade skogar jämfört med blädade skogar. De blädade skogarna får dessutom med tiden allt högre beståndsålder, vilket sänker tillväxten ytterligare. Ett fullskiktat blädningensbestånd beräknas kräva ett virkesförråd som är 37 % högre än genomsnittsförrådet i trakthyggesbruket för att kunna behålla produktionsförmågan.

Skillnaderna mellan blädning och trakthyggesbruk kommer att förstärkas med tiden, eftersom man i trakthyggesbruket kan plantera allt bättre genetiskt förädlad material. Denna effekt uppskattas för närvarande till ca 0,5

procentenheter per år. Ett skifte till kontinuitetsskogsbruk i stor skala skulle få konsekvenser för råvaruförsörjningen för svensk skogsindustri. Om 50 % av alla granmarker sköttes med blädning skulle tillväxten i Sverige minska med ca 4 milj. m³/sk/år. Det motsvarar vedförbrukningen för ett större modernt massabruk.

Lång tid att skapa kontinuitetsskogar

De redovisade produktionssiffrorna gäller för bestånd som redan är skiktade. Men merparten av dagens granskogar är uppkomna efter skogsodling och är därför likåldriga. Att transformera trakthyggeskogar till kontinuitetsskogar är sannolikt en mycket utdragen och svår process som skulle ta minst 200 år. Under denna omvandlingsfas sjunker tillväxten, eftersom det då inte går att upprätthålla en hög produktion med någondera skogsbruksmetod. Misslyckade försök att byta skogsskötselsystem kan leda till lågproducerande restskogar. Jämför med ”de gröna lögnerna” under 1900-talets första hälft.

Ekonomi

Investeringskostnader: I ett blädningsskogsbruk slipper ägaren kostnaden för markberedning, plantering och ungskogsrojning. Det är poster som slår hårt i en beståndskalkyl. Å andra sidan får ägaren ett lägre netto vid avverkningen, eftersom det står kvar en stor virkesvolym i skogen. Vid en slutavverkning faller det ut pengar som kan återinvesteras i någon annan del av rörelsen. Vid en blädning ska det kvarstående virkesförrådet därför ses som en investeringskostnad.

Högre avverkningskostnader: Avverkningen blir i genomsnitt dyrare vid blädning än vid trakthyggesbruk.

Visserligen är medelträdet grövre vid blädning, men å andra sidan är uttaget per hektar lågt och maskinerna måste hela tiden ta hänsyn till de kvarstående träden. Den genomsnittliga avverkningskostnaden i blädningsskog beräknas därför vara ca 30 kr högre per m³fub jämfört med genomsnittskostnaden under en omloppstid i trakthyggesbruket. Det är framförallt den låga slutavverkningskostnaden som slår igenom starkt i trakthyggesbrukets totala beståndsekonomi.

Sämre nettoavkastning och lägre nuvärde: På beståndsnivå ger trakthyggesbruket mer än 40 % extra i genomsnittlig årlig nettoavkastning vid 2 % kalkylränta. Enligt de kalkyler som gjorts är nuvärdet av samtliga kostnader och intäkter under en omloppstid ca 10–12 000 kr/ha lägre med kontinuitetsskogsbruk, än med trakthyggesbruk. Kalkylen bygger på dagens kostnader och virkespriser samt 2 % ränta. En känslighetskalkyl visar att virkespriset vid väg bör höjas med ca 35 % för att få ett likvärdigt årligt resultat för de två skogsbrukssätten.

Högre logistikkostnader: Vid en storskalig övergång till kontinuitetsskogsbruk ökar kostnaden för vidaretransport till industri. Enligt våra beräkningar är ökningen 4 kr/m³fub på grund av att virke måste hämtas från ett större fångstområde som kompensation för den lägre produktionen. Kostnader för väghållning, mindre avlägg, sämre möjligheter till gruppkörning m.m. ökar något, eftersom den genomsnittliga volymen från varje avverkningstrakt minskar.

Risker

Om man antar att risken för stormfällning är lika stor för träd av samma storlek och trädslag oberoende av

skogsbruksmetod, så innebär det att risken för stora avgångar mätt i volym virke per hektar är mindre i en flerskiktad skog. Å andra sidan kan större arealer drabbas av stormskador i ett blädningsskogsbruk eftersom det finns stora träd i alla bestånd. Det är inte uteslutet att den totala mängden stormfällt virke är lika oavsett system. Det är dessutom dyrare att ta hand om de spridda vindfällena i kontinuitetsskogsbruket, och det tar längre tid. Risken ökar också för att vindfällena blir kvar i skogen alltför länge, med därpå följande insektsangrepp på fällda träd och kringstående skog samt värdeförluster på det tillvaratagna virket.

Rotröta är ett växande problem i svenskt skogsbruk. De modeller som gjorts över rotrötans spridning indikerar ett ständigt ökande problem med röta i kontinuitetsskogsbruk. Det beror bl.a. på att granandelen i beståndet alltid är mycket hög. Samtidigt går det inte att byta trädslag eller öka inblandning av andra trädslag för att minska rötans spridning.

Eftersom stora träd avverkas vid varje blädningstillfälle är det nödvändigt att använda större maskiner än vid gallring i trakthyggesbruket. Detta innebär högre marktryck och sannolikt större risk för körskador.

Anpassning till rådande klimat är en viktig förutsättning för beståndets sundhet och en hög virkesproduktion. Träden i blädningsskogar kan långsiktigt visa sig vara sämre anpassade till klimatförändringar. I trakthyggesbruk kan man använda förädlade plantor som är testade under varierande klimat- och ståndortsförhållanden.

Natur- och miljöeffekter

Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk kompletterar varandra vad

gäller den biologiska mångfalden. Ljuståliga arter, som har god spridningsförmåga, kan tåla trakthyggesbruk bra. Arter med dålig ljus- eller uttorkningstolerans och svag spridningsförmåga klarar sig bättre i kontinuitetsskogsbruk. Det är viktigt att särskilda naturhänsyn, t.ex. att det finns gamla levande träd, beaktas i båda systemen.

På beståndsnivå är diversiteten i blädningsskogen högre än i ett slutet likåldrigt granbestånd. Å andra sidan är lövandelen låg i blädningsskog, eftersom ljustillgången är begränsande. Det missgynnar lövberoende arter. Blädningsskogars betydelse för diversiteten är sannolikt beroende på omfattningen och den rumsliga fördelningen i landskapet.

Det finns få jämförande undersökningar av kväveutlakning mellan blädning och trakthyggesbruk. En förutsättning för ett lågt läckage är sannolikt att det finns ett vitalt rot-system som täcker en stor del av marken. Teoretiskt sett kan detta utgöras av träd såväl som av hyggesvegetation. Exakt vilken roll träden spelar eller hur många träd per hektar som krävs på olika marker kan inte besvaras idag. Kontinuitetsskogsbruk medför ökad körning med tunga maskiner. Det är oklart hur mycket det påverkar miljön.

Större delen av den svenska skogsmarken är ansluten till något skogscertifieringssystem. Det kräver att överenskomna natur- och miljöhänsyn beaktas i båda skogsskötselssystemen.

I blädningsskog är det ett lägre utbud av såväl vinter- som sommarfoder för hjortdjuren jämfört med hyggesfasen i trakthyggesbruk. En storskalig övergång till kontinuitetsskogsbruk på landskapsnivå skulle därför betyda ökade skador på omgivande tall- och lövträdsföryngringar. Det innebär att

populationerna av hjortdjur måste anpassas till omfattningen av blädningsskogsbruket.

Slutsatser

- 1 Kunskapen om kontinuitetsskogsbruk, dess skötsel, produktion och ekonomi är mycket begränsad, varför bedömningen av dess konsekvenser är osäkra.
- 2 Blädning passar bara på en liten andel av granskogsarealen. Att omvandla likåldriga skogar till blädningsskogar tar mycket lång tid. Det bör med nu varande kunskap betraktas som ett högriskprojekt, som riskerar att min ska skogsproduktionen drastiskt under minst 200 år.
- 3 Trakthyggesbruk bedrivit enligt utprovade principer, med ståndortsanpassning och naturhänsyn, bedöms vara det mest effektiva sättet att upprätthålla och öka produktionen av gran till svensk skogsindustri. Utifrån befintlig kunskap bedöms det vara en förutsättning för att behålla en tillräcklig lönsamhet i skogsbruket och därmed i skogsindustrin.
4. Det finns dock andra skäl som talar för ett inslag av kontinuitetsskogsbruk i skogslandskapet, bl.a. för att gynna vissa arter och för att främja kulturmiljövård och hänsyn till friluftslivet.

Det är angeläget att ny forskning rörande blädning initieras. Framför allt saknas produktions- och demonstrationsytor som jämför de båda skötselssystemen, i synnerhet i södra Sverige. Naturvård och miljöeffekter är andra viktiga forskningsområden.

Uppdraget

Projektet *Strategiska skogsbruksval* avser en konsekvensbedömning av ändrat skogsbruk från trakthyggesbruk till kontinuitetsskogsbruk för gran samt ökat inslag av björk i stället för gran på granmarkerna. Det genomfördes av SLU och Skogforsk på uppdrag av Skogsindustrierna och LRF Skogsägarna. Resultatet presenteras i forskningsserien Redogörelse nr 4 och nr 5. Denna Redogörelse nr 5 analyserar gran i trakthyggesbruk jämfört med kontinuitetsskogsbruk.

Analysen bygger på ett omfattande underlagsmaterial. Det arbetades fram under 2005 av forskare vid SLU och Skogforsk. Bo Karlsson, Skogforsk har varit projektledare och gjort den sammanfattande tolkningen och syntesen av delrapporternas resultat. Rapporterna visar skötselmodellernas effekter på virkesproduktion, miljö och ekonomi.

Bakgrund

Under första halvan av 1900-talet förekom ett omfattande blädningsskogsbruk och dimensionshuggningar som resulterade i en stor mängd restskogar med mycket låga virkesförråd och svag tillväxt, s.k. "Gröna lögner" (Figur 1).

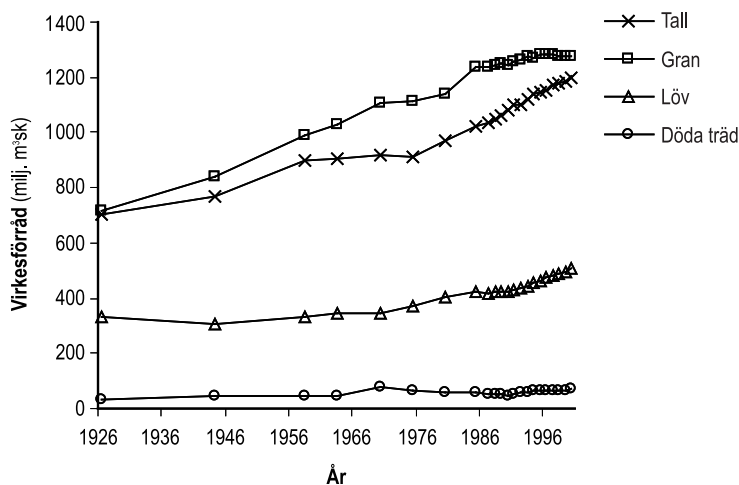
Skogsodlingen låg på en mycket låg nivå. Detta skogsbruk var ett resultat av inspiration från det tyska skogsbruket. Men det var också ett resultat av det hårda ekonomiska klimatet under depressionen. Runt 1950 förändrades skogsbruket. 1948 års skogsvårdslag bidrog till att trakthyggesbruket och skogsodlingen fick genomslag i hela landet, detta stärktes av Domänstyrelsens cirkulär nr. 1, 1950. Trakthyggesbruket blev nu standard för skogsbruket i hela landet.

Före stormen den 8 januari 2005 hade Sverige det största virkesförrådet i modern tid. Virkesförrådet har ökat

stadigt under hela 1900-talet. Sedan 1920-talet har förrådet ökat med ca 70% till ca 127 m³sk/ha i genomsnitt för hela landet (Figur 2) och i Götaland trefaldigades virkesförrådet under samma tid (Figur 3). Den årliga tillväxten har ökat från 60 till drygt 100 milj. m³sk/år. Förutom övergången till trakthyggesbruk med påföljande lyckad skogsodling beror den här ökningen på:

- den stora satsningen på skogsodling av öppna marker i början av förra seklet
- restaurering av restskogar och trasbestånd
- beskogning av betesmarker
- införande av bättre provenienser och förädlade plantor.

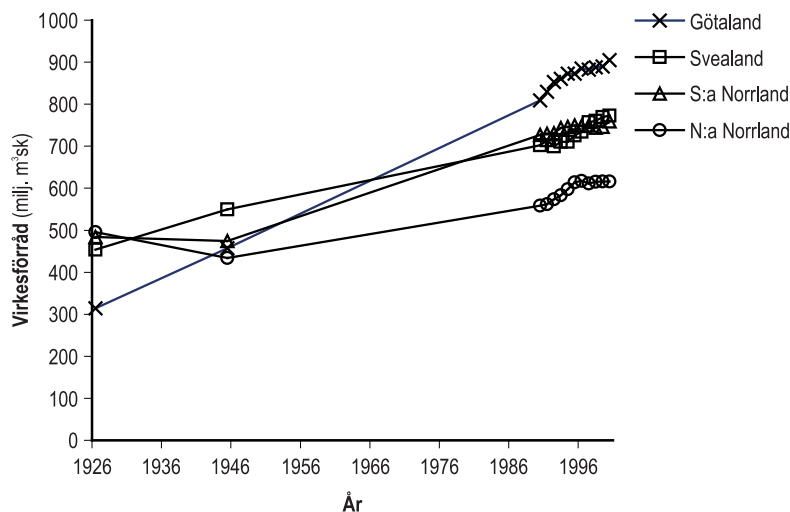
I Skogsstyrelsens utredning SUS 2001 kommer volymandelen lövträd i landet



Figur 2. Det svenska virkesförrådets förändring sedan 1926 fördelat på trädslag (Riksskogstaxeringen, www.svo.se/fakta/stat/).



Figur 1. Restbestånd från dimensionshuggen skog i 1940-talets Norrland. Ur Norrlands Skogsvårdsförbunds tidskrift 1951, sidan 96.



Figur 3. Det svenska virkesförrådets förändring sedan 1926 fördelat på landsdelar (Riksskogstaxeringen).

öka från 16 % till 22 % under perioden 2000–2100 i ett scenario där 1990-talets skogsbruk kombineras med dagens avverkningsnivå.

Den högsta möjliga avverkningsen uppskattas i samma utredning till i genomsnitt 81 milj. m³sk/år 2000–2009. Fram till 2100 ligger avverkningsmöjligheterna i genomsnitt på 92 milj. m³sk/år. Skogforsk har visat att produktionshöjande åtgärder som förbättrade föryngringar, förädlade plantor, nya trädslag och näringstillförsel kan öka den möjliga uthålliga avverkningsen med ca 20 % under samma period.

Erkännanden

Syntesen i denna redogörelse grundas på sju delrapporter författade av forskare vid Skogsfakulteten, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut (Skogforsk).

Författarna ansvarar för innehållet i sina respektive bidrag, medan syntesen är en tolkning av dessa. Eventuella felaktiga tolkningar av bidragen ska inte ligga respektive författare till last. Författarna som tackas för ett mycket väl utfört arbete är: Roger Bergström (Skogforsk), Torbjörn Brunberg (Skogforsk), Björn Elfving (SLU), Lars Lundqvist (SLU), Eva Ring (Skogforsk) och Jan Weslien (Skogforsk).

Summary

Skogforsk, together with the Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), has analysed two alternatives to the even-aged stand system for Norway spruce. These are the natural regeneration of birch, and a continuous-cover forestry for spruce. This report (Redogörelse 5) presents a comparative analysis of the even-aged stand system with the continuous-cover forestry. The analysis is based on extensive information in the form of reports produced in 2005 by researchers at Skogforsk and the SLU. The reports highlight the impact of the management models on timber production, the environment, and the economy. The findings of the analysis are summarized under the four main headings below:

- 1 Knowledge on continuous-cover forestry, its management, its timber production levels and its economy is limited, which influences any assessment of its impact.
- 2 Selective felling is only suitable on a small proportion of the area covered by Norway spruce. To replace today's even-aged stand system with

a system of selective felling could only be done over a very long period. Given our existing knowledge, such a venture must be seen as a high-risk project that could jeopardize timber production drastically for at least 200 years. Many of the residual forests that were grown in the first half of the twentieth century comprised stands in which mismanaged selective felling had been carried out.

- 3 The evidence suggests that the even-aged stand system, when managed in accordance with proven principles, including site-specific operations and environmental considerations, represents the most effective solution for sustaining and increasing the production of spruce timber for the Swedish forest products industry. Based on present knowledge, in our judgment this solution is crucial to maintain the necessary profitability in forestry and, hence, the forest products industry.
- 4 However, there are other factors that support the more widespread use of continuous-cover forest in the

landscape – for instance, to favour certain species, and to safeguard both the cultural heritage and the recreational activities in our forests.

Bo Karlsson, Skogforsk was the project leader, and he has also been responsible for interpretation and synthesis of the findings in this part of the report. He asserts that priority must be given to new research concerned with selective harvesting. Above all, there is a serious lack of production and demonstration areas that are required for comparative studies of the two systems – particularly in the south of the country.

Other important issues for research are those related to conservation, and environmental impact.

The project was commissioned by the Swedish Forest Industries' Federation and the Federation of Swedish Farmers.

Delrapporter

Former för kontinuitetsskogsbruk

Lars Lundqvist, SLU

Skogsskötsel kan indelas på flera olika nivåer. Den lägsta nivån är de enskilda skogsskötselåtgärderna och den högsta nivån är skogsskötselsystemen, d.v.s. det man tidigare kallade skogsbrukssystem. För att indela åtgärder och system på ett logiskt sätt utgår man från vad som finns kvar efter ingreppet, dels det *kvarvarande beståndets täthet* och dels *beståndsformen*.

Terminologi och definitioner

Tätheten kan uttryckas med grundytta eller virkesförråd (volym). Med beståndsform avses skogens höjds-kiktning. Man brukar normalt bara urskilja tre huvudtyper: enskiktad, tvåskiktad och fullskiktad skog. I den *enskiktade* skogen är alla träd ungefär lika höga och det finns ett tydligt krontak. I den *tvåskiktade* skogen finns det två stycken, från varandra tydligt avgränsade, höjds-kikt med var sitt krontak, d.v.s. ett överbestånd och ett underbestånd. I den *fullskiktade* skogen finns träd av alla höjder blandade med varandra, det saknas ett tydligt krontak och det finns fler små än stora träd. Vi förutsätter normalt att skogen är enskiktad och därför anger man säl-lan beståndsformen explicit. Däremot använder vi begrepp som övre höjd, medelhöjd och beståndsålder, vilka alla egentligen förutsätter att skogen är enskiktad/likåldrig.

Om man definierar skogsskötselåtgärder enligt ovanstående principer så blir blädning och gallring delvis samma sak, d.v.s. en utglesning av skogen, men skogen har olika beståndsform efter avverkningen. Om skogen efter avverkningen är enskiktad så var det en gallring, men om den är fullskiktad

så var det en blädning. Skillnaden mellan skärmar (föryngringsavverkning) och gallring blir däremot, precis som i SVL, en fråga om det kvarvarande beståndets täthet.

En viktig punkt när det gäller olika skogsskötselåtgärder är att de nästan alltid är oberoende av varandra. Att man har gjort en viss åtgärd vid en given tidpunkt gör inte att man är tvingad att utföra en viss annan åtgärd vid en senare tidpunkt. Framtida val-möjligheter påverkas visserligen av vad man gjort tidigare. Men faktorer som beståndets utveckling, förändringar i virkespriser, kostnader, teknisk utveckling, etc. gör att det egentligen är en ny beslutssituation inför varje åtgärd.

Enligt Skogsordlistan är ett skogsbrukssystem/skogsskötselsystem ett ”*system enligt vilket skogsbestånd vårdas, skördas och ersätts med ny skog*”. Eftersom de enskilda skogsskötselåtgärderna är oberoende och fristående från varandra så finns det inget tvingande system som man som skogsägare är tvungen att följa. Skogsskötselsystemen är egentligen inget annat än tankekonstruktioner, men de hjälper skogsskötaren att dels begränsa antalet tänkbara åtgärder vid olika tidpunkter och dels att komma ihåg det långsiktiga målet med åtgärderna.

Skogsskötselsystemen indelas efter den *beståndsform* (höjds-kiktning) de upprätthåller. Det skogsskötselsystem som upprätthåller *enskiktad* skog heter *trakthyggesbruk*. Systemet bygger på att en ny jämnhögt trädgeneration etableras under ett fåtal år. Under uppväxten sköts skogen med röjning och gallring för att till sist slutavverkas, varpå hela processen upprepas. I samband med generationsväxlingen kan skogen tillfälligt vara tvåskiktad om man föryngrar under fröträd eller skärm. För

den *fullskiktade* skogen finns också ett skogsskötselsystem etablerat; *blädningsbruk*. Där sköts skogen med återkommande blädningar, d.v.s. man gallrar så att skogen förblir fullskiktad. Rent hypotetiskt och principiellt, borde det kunna finnas ett skogsskötselsystem som bygger på att skogen kontinuerligt är tvåskiktad, men något sådant system finns varken etablerat, accepterat eller dokumenterat.

Utöver skogsskötselsystem och skogsskötselåtgärder så har det från tid till annan florerat någon form av grundläggande moraliska och filosofiska riktlinjer för hur skogsbruk bör bedrivas. Dessa skulle kunna sammanfattas under begreppet ”skogsbruksfilosofier”. Det är idéer som *New Forestry* och *Pro Silva*. Två aktuella exempel är *Naturkultur* och *Continuous Cover Forestry*.

Den grundläggande filosofin bakom begreppet *Naturkultur* är att det i äldre skog ofta finns undertryckta träd med potentiellt hög framtida kvalitet som skulle kunna tas tillvara om man höggallrade istället för att slutavverka. Man ska dessutom ha det enskilda trädet och den lilla trädgruppen som behandlingsenhet, inte beståndet. Genom att göra ekonomiska nuvärdesberäkningar på små grupper av träd skulle man synliggöra dessas framtida värde. *Naturkultur* leder därmed inte till någon bestämd beståndsform, eller garanterar att marken alltid är skogklädd. Hur tät, gles eller skiktad skogen blir efter ett ingrepp, utfört enligt *Naturkulturs* principer, styrs av vilken förräntning man kräver av skogskapitalet.

Continuous Cover Forestry bygger på grundfilosofin att det i naturskogen, som är opåverkad av skogsbruk, aldrig förekommer kalmark utan

skogsmarken är ”kontinuerligt täckt med skog” i någon form. Begreppet är idag accepterat i stora delar av Europa som vägledande princip för hur skogsbruk bör bedrivas. Däremot är man inte alltid överens om hur det ska tolkas. Pro Silva är en variant på samma tema, där tanken är att skogsbruket ska bedrivas på skogens villkor.

Kontinuitetsskogsbruk

Om man med kontinuitetsskogsbruk avser ett långsiktigt, uthålligt skogsbruk där marken kontinuerligt är skogklädd, d.v.s. där det aldrig förekommer kal mark, så finns det idag bara två vägar att uppnå detta. Man kan begränsa sig till åtgärder/system som är någorlunda utprovade och undersökta; dels trakthyggesbruk där generationsväxlingen görs genom

föryngring under högskärm och dels blädningsbruk. Skärmföryngring kan i princip bedrivas med samtliga trädslag, på samtliga marktyper och oavsett utgångsbeståndets sammansättning. Men då måste man komplettera med plantering under skärmen, där det blir för lite naturlig föryngring. Blädningsbruk förutsätter att skogen är fullskiktad, och det i sin tur förutsätter i princip att skogen är dominerad av gran.

Byte av skogsskötselsystem

Ett byte av skogsskötselsystem, från trakthyggesbruk till blädningsbruk, förutsätter att skogen omvandlas från enskiktad till fullskiktad. Detta är en process som tar mycket lång tid eftersom de plantor och småträd som kommer upp under den äldre skogen kommer att växa allt långsammare ju

mer skogen sluter sig. Ett ytterligare problem är att träden i överbeståndet, d.v.s. det gamla enskiktade beståndet, riskerar att ta slut innan omvandlingen fullbordats. Sammantaget gör det att omvandlingen från enskiktad till fullskiktad kan beräknas ta mellan 100 och 200 år. Man kan också förvänta sig att produktionsnivån sjunker under omvandlingsfasen, eftersom det inte går att upprätthålla ett optimalt producerande bestånd för vare sig trakthygges- eller blädningsbruk.

Att byta från blädningsbruk till trakthyggesbruk är däremot synnerligen enkelt, eftersom det bara är att slutavverka skogen.

Produktion vid byte från trakthyggen till blädning

Björn Elfving SLU, Inst. för skogsskötsel

I denna uppsats görs ett försök att bedöma den långsiktiga inverkan på produktionen av en övergång till blädning bruk på Sveriges alla granmarker. Scenariot är hypotetiskt men kan tjäna som underlag för att ge insikt i och diskutera problematiken. Med bläd-

ning från trakthyggesbruk till blädning bruk på alla granmarker i landet kräver en relativt lång omställningsperiod och en uppbyggnad av virkesförrådet. I en produktiv blädningsskog bör förrådet troligen ligga 30–50 % högre än medelförrådet vid trakthyggesbruk. Prognosfunktionerna i Huginsystemet är inte användbara för att göra en mer detaljerad analys av konsekvenserna.

ligt vilken produktionen till given övre höjd motsvarar höjden i kvadrat, d.v.s. $V_{prod} = H_{dom}^2$. Systemet kontrollerades med uppgifter i publikationen Skogsdata 1988 som baseras på data från tidpunkten för utläggning av de permanenta ytorna (1983–1987). Totalt urskildes 4 bonitetsklasser samt 9 åldersklasser á 20 år (Tabell 1). Tillväxterna beräknades med höjdtutvecklingsfunktioner för tall i de två lägre bonitetsklasserna och för gran i de två högre. För att uppnå en avgång (naturlig avgång samt avverkning) i nivå med tillväxten fördelades uttag i gallring och slutavverkning schablonmässigt med ledning av beräknade, normala omloppstider och gallringsandelar.

Bonitetsklasserna avser ståndortsindex enligt ståndortsbonitering: under 18 m, 18–22 m, 22–26 m samt över 26 m. Arealvägt medelindex i den lägsta klassen är 15 m och i den högsta 30 m. Omloppstiderna har satts till 140, 120, 100 och 80 år i de olika klasserna. Den naturliga avgången sattes till 6 % av bruttotillväxten och en genomsnittlig gallringsandel (av årligt virkesuttag) på 30 % eftersträvades. I en första ansats utvecklades ”produktionstabeller” för de olika bonitetsklasserna under förutsättning av jämn åldersklassfördelning och inga väntetider för föryngring (Tabell 1). Den beräknade arealvägda medeltillväxten blev 5,01 m³sk per ha och år, vilket väl överensstämmer med medelboniteten enligt Skogsdata 1988. Med en total skogsmarksareal på 23 miljoner ha beräknas bruttotillväxten till 115 milj m³sk och totala virkesförrådet till 3,1 miljarder m³sk.

I ett andra steg utvecklades modellen med en kalmarks klass och en överhållningsklass. Utvecklingen beräknades sedan med arealer och volymer

Förklaringar till Tabell 1, 2, 3 och 5

SIS avser ståndortsindex enligt ståndortsbonitering. Åldersklass avser ålder mitt i klassen för tjugoåriga åldersklasser. Hdom avser den övre höjd som svarar mot angiven ålder, enligt kurvor för planterad tall (Elfving & Kiviste 1997) i SIS-klasserna 15 och 20 och för planterad gran (Elfving 2003) i SIS-klasserna 24 och 30. Tot.prod avser totalproduktion (m³sk per ha) till övre klassgräns för respektive åldersklass, beräknad som H_{dom}^2 , t.ex. är löpande tillväxt (10) = $(14.89 - 1.20) / 20 = 0,68$. Volym är genomsnittlig kvarvarande volym per ha efter gallring och naturlig avgång. Nat.avg. är naturlig avgång, Gallring och Slutavverkning anger medeltal

m³sk per ha under 20 år. iVtot avser total tillväxt per ha och tjugoårsperiod, i de olika åldersklasserna. Avverkningen beräknas i medeltal utföras vid övre klassgräns i högsta åldersklass. Det innebär att hela den avverkade arealen återfinns i åldersklass 0–20 efter 20 år. Gallringsstyrkan är en styrparameter som anger andelen av det stående förrådet som utgallras per tjugoårsperiod. Arealandel avser den areal av Sveriges 23 milj. ha skogsmark som enligt Riksskogstaxeringen finns i respektive SIS-klass. I tabellerna 2–4 avser data om tillväxt och avgång aktuell arealandel i respektive åldersklass.

ning avses utgallring av mogna träd i skiktad skog. Blädningsskottade huggningar tillämpades allmänt i Sverige fram till 1950 då de utdömdes för att ha givit upphov till glesa och lågproduktiva restskogar. Resultat och erfarenheter av ordnad blädning har dock sällan dokumenterats i mer gripbar form. Kunskapen är därför begränsad till hur ett långsiktigt blädning bruk fungerar och bör utformas under skilda förutsättningar. En övergång

I stället har en överslagsmässig kalkyl genomförts med en enkel produktionsmodell som utvecklats speciellt för detta projekt.

Produktionsmodellens byggnad

Skogsmarken indelades i bonitets- och åldersklasser med stöd av riksskogstaxeringens permanenta provytor. Arealer, förråd, tillväxt och avgång beräknades i de olika klasserna. Tillväxten beräknades utifrån en enkel schablon en-

Tabell 1. Produktionstabell för Sveriges skogar (23 milj. ha). Jämn åldersklassfördelning, optimal omloppstid, ingen föringringstid.

Åldersklass	Hdom (m)	Löp. tillväxt (m ³ sk/ha per år)	Tot.prod (m ³ sk/ha)	Volym (m ³ sk/ha)	Nat.avg. (m ³ sk)	Gallring (m ³ sk)	Slutavverkning (m ³ sk)	iVtot (m ³ sk)	Medeltillväxt (m ³ sk/ha per år)	Gallringsandel del av uttag	Gallrings- styrka	Arealandel per SIS-klass
SIS 15												
10	0,37	0,68	1,20	1,20	0,00	0,00		1,20				
30	2,95	2,01	14,89	11,40	0,82	2,67		13,69				
50	6,44	3,14	55,19	39,91	2,42	9,36		40,29				
70	10,06	3,56	118,00	80,16	3,77	18,80		62,82				
90	13,44	3,44	189,28	119,20	4,28	27,96		71,28				
110	16,45	3,06	258,11	148,96	4,13	34,94		68,82				
130	19,06	2,80	319,32	206,50	5,35		232,82	89,21				
				607,32	20,77	93,74		347,32	2,48	0,287	0,19	0,325
				Vol = 101,22								
SIS 20												
10	1,06	1,95	3,20	3,20	0,00	0,00		3,20				
30	6,14	4,61	42,17	31,47	2,34	8,36		38,97				
50	11,57	5,67	134,40	93,35	5,53	24,81		92,23				
70	15,80	5,22	247,82	157,97	6,81	41,99		113,42				
90	18,84	4,27	352,23	202,33	6,26	53,78		104,40				
110	20,98	3,79	437,65	282,63	7,40		318,25	123,32				
				770,94	28,34	128,96		475,55	3,96	0,288	0,21	0,252
				Vol = 154,19								
SIS 24												
10	0,90	2,35	3,20	3,20	0,00	0,00		3,20				
30	6,64	6,02	50,18	30,31	2,82	17,05		46,98				
50	12,97	8,09	170,50	91,78	7,22	51,63		120,32				
70	18,26	8,22	332,37	156,12	9,71	87,82		161,87				
90	22,35	7,93	496,71	310,60	14,62		385,14	243,63				
				592,02	34,37	156,50		576,01	5,76	0,289	0,36	0,186
				Vol = 148,00								
SIS 30												
10	1,65	5,86	10,00	10,00	0,00	0,00		10,00				
30	10,90	11,74	127,13	62,45	7,03	57,65		117,13				
50	19,12	12,26	361,93	147,25	14,09	135,92		234,81				
70	24,79	11,18	607,21	377,81	21,42		482,90	357,07				
				597,51	42,54	193,57		719,01	8,99	0,286	0,48	0,237
				Vol = 149,38								
Totalt (m³sk/ha)				134,68				5,01				
Totalt (milj. m³sk på skogsmark)				3097,71				115,1				

enligt Skogsdata 2003, avseende skogstillståndet vid sekelskiftet, Tabell 2. Trots att all skog i äldsta åldersklassen har slutavverkning och gallringsandelen har höjts till mellan 40 och 50 % så uppnås bara en årlig avverkning på 84 miljoner m³sk, medan bruttotillväxten beräknas till 108 miljoner m³sk. Programmet innebär att andelen skog i äldsta åldersklass reduceras från 14,7 till 11,8 %. Om denna andel sänks ytterligare kan naturligtvis högre avverkning uppnås.

Granskogens utveckling med trakthuggning resp. blädning

I ett tredje steg specialstuderades granskogens utveckling, dels med fortsatt trakthyggesbruk, dels med en övergång till blädningsbruk. Granmarkerna urskildes såsom produktiv skogsmark utanför 2004 års reservatsgränser där gran angivits som bonitetsvisande trädslag och som inte var dominerade av övriga lövträd (utöver björk). De uppdelades på likåldrig och olikåldrig skog.

Beräkningen baserades på färskaste tillgängliga data från riksskogstaxeringen (1999–2003 års inventeringar). Då klassades 43,3 % av skogsmarken som granmark utan dominans av övrigt löv. Andelen olikåldrig skog sjönk från drygt hälften i lägsta bonitetsklass till knappt 8 % i den bördigaste klassen. Medelvolymen vid given SIS-klass och ålder var 15 % lägre i olikåldrig än i likåldrig skog. Utgångslägena framgår av Tabell 3 och 4.

För scenariot *fortsatt trakthyggesbruk* (Tabell 3) tillämpades en relativt hög gallringsandel (35–38 %) vilket bedömdes vara realistiskt för rådande skogstillstånd och virkesbehov. Kalmarkstiden sattes genomgående till 3 år. Arealen slutavverkning beräknades så att jämn arealfördelning på ålders-

klasser vid optimal omloppstid uppnås på lång sikt. I första tjuugoårsperioden minskar andelen gammal skog mest på de bördiga markerna och avverkningen beräknas något understiga den långsiktigt uthålliga. Volymer i de lägsta åldersklasserna är relativt höga enligt Riksskogstaxeringen, vilket bl.a. beror på att gamla träd kvarlämnats som naturhänsyn. I beräkningen kvarlämnades 5 % av volymen vid slutavverkning. De första 40 åren efter avverkning beräknas deras tillväxt till 10 % av boniteten (Tabell 1), därefter beräknas den samlade tillväxten följa det nya beståndets höjdkvadratökning i enlighet med grundmodellen. Beräkningen omfattar inte effekter av bättre markberedning, förädlat plantmaterial och gödning. Medelförrådet minskar från 170 till 160 m³sk per ha under en hundraårsperiod och avverkningen på granmarkerna uppgår till i medeltal 53,9 miljoner m³sk per år (Tabell 4). På 100 år uppnås en i huvudsak jämn åldersklassfördelning.

För scenariot *omställning till blädningsbruk* (Tabell 5) blädades de olikåldriga bestånden, medan de likåldriga bestånden i de två äldsta åldersklasserna skärmställdes i den första 20-årsperioden. I skärmen kvarlämnades 50 % av volymen och skärmträden antogs växa i proportion till kvarstående volym. En fjärdedel av skärmträden antogs blåsa ner och övriga fick växa in i det olikåldriga bestånd som förväntas uppkomma på naturlig väg. Av det stormfällda virket antogs att 60 % kan tillvaratas som gagnvirke. På grundval av observationer i slutna, skiktade skogar (bl.a. urskogsytor) formulerades hypotesen att dessa växer i nivå med boniteten enligt ståndortsbonitering (Tabell 1). Skärmarna utglesades i den fortsatta beräkningen med uttag mot-

svarande normal gallring. Enligt observationer i försök reduceras tillväxten de första åren efter blädning i direkt proportion till utgallrad andel av volymen. Sedan ökar tillväxtnivån fram till nästa blädning. Vid en blädningsstyrka på 40 % beräknas tillväxtnivån inklusive inväxning i medeltal uppgå till ca 85 % av boniteten. I beräkningen reducerades tillväxten i blädade bestånd alltså med 15 % i relation till boniteten. Med angivna förutsättningar sänks avverkningen redan i första tillväxtperioden till en nivå som något understiger den långsiktigt uthålliga. Tillväxtnivån ligger kvar på ungefär samma nivå som i trakthuggningsalternativet de första 60 åren och det sker en snabb förrådsuppbyggnad (Tabell 4). En fullständig omställning till blädningsbruk beräknas ta drygt 200 år att genomföra, och medelförrådet beräknas då ligga 37 % över det i trakthyggesbruket.

Skogstillståndets förändring 1985–2001

Det är främst två företeelser som speciellt bör uppmärksammas i samband med långsiktiga tillväxtprognoser, bonitetsökningen och skogens förtätning. Skogsmarkens medelbonitet enligt ståndortsbonitering har ökat från 5,07 till 5,34 m³sk under perioden 1985–2001, och virkesförrådet per hektar har ökat med ca 15 % i alla bonitets- och åldersgrupper, i både brukad och obrukad skog. På 13 specialstuderade urskogsytor har tillväxten varit mer än dubbelt så stor som avgången under perioden 1987–2003.

Ståndortsboniteringen bygger i hög grad på variabler som är invariata över tiden: ståndortens latitud och altitud, markens lutning, fuktighet och textur. Dock ingår även markvegetationstypen och det måste vara den som indikerat

Tabell 2. Produktionstabell för Sveriges skogar. Prognos i 20 år utifrån uppmätt tillstånd vid sekelskiftet.

Åldersklass	Hdom (m)	Arealandel År 0/År 20	Löp. tillväxt (m ³ sk/ha per år)	Volym År 0/År20 (m ³ sk/ha)	Nat.avg. (m ³ sk)	Gallring (m ³ sk/ha)	Slutavverkning (m ³ sk)	iVtot (m ³ sk)	Medeltillväxt (m ³ sk/ha per år)	Gallringsandel av uttag	Gallrings- styrka	Arealandel per SIS-klass	Total avverkn. (m ³ sk/ha och år)
SIS 15													
0	0,00	0,035/0,013	0,00	0,00/0,00	0,00	0,00		0,00					
10	0,56	0,175/0,106	0,68	10,00/10,00	0,00	0,00		1,75					
30	3,51	0,175/0,175	2,01	37,00/22,87	0,14	0,00		2,40					
50	7,30	0,146/0,175	3,14	86,00/74,88	0,42	0,00		7,05					
70	10,83	0,107/0,146	3,56	114,00/116,04	0,55	4,24		9,17					
90	13,77	0,093/0,107	3,44	126,00/144,80	0,46	3,87		7,63					
110	16,09	0,094/0,093	3,06	142,00/152,56	0,38	3,55		6,40					
130	17,89	0,091/0,094	2,61	149,00/159,63	0,35	3,75		5,75					
150	19,30	0,084/0,091	2,19	139,00/198,15	0,40		13,41	6,60					
				Vol = 83,28/97,83	2,70	15,41	13,41	46,75	2,34	0,535	0,20	0,325	1,44
SIS 20													
0	0,00	0,033/0,023	0,00	0,00/0,00	0,00	0,00		0,00					
10	1,06	0,240/0,164	1,95	15,00/15,00	0,00	0,00		3,60					
30	6,14	0,185/0,240	4,61	76,00/51,63	0,56	0,00		9,35					
50	11,57	0,095/0,185	5,67	148,00/122,02	1,02	7,52		17,06					
70	15,80	0,078/0,095	5,22	187,00/190,96	0,65	6,05		10,78					
90	18,84	0,102/0,078	4,27	202,00/213,85	0,49	5,56		8,14					
110	20,98	0,113/0,102	3,35	222,00/211,72	0,52	7,20		8,71					
130	22,51	0,154/0,113	2,60	208,00/284,97	0,69		35,80	11,58					
				Vol = 124,03/126,04	3,94	26,33	35,80	69,22	3,46	0,424	0,25	0,252	3,11
SIS 24													
0	0,00	0,030/0,027	0,00	0,00/0,00	0,00	0,00		0,00					
10	0,90	0,219/0,180	2,35	22,00/22,00	0,00	0,00		4,82					
30	6,64	0,222/0,219	6,02	101,00/66,17	0,62	0,00		10,29					
50	12,97	0,131/0,222	8,09	184,00/149,87	1,60	14,26		26,71					
70	18,26	0,116/0,131	8,22	239,00/235,31	1,27	13,21		21,21					
90	22,35	0,105/0,116	7,37	243,00/275,43	1,14	13,69		19,06					
110	25,44	0,177/0,105	6,26	220/381,53	1,59		49,35	26,55					
				Vol = 143,52/154,57	6,23	41,16	49,35	108,64	5,43	0,455	0,30	0,186	4,53
SIS 30													
0	0,00	0,030/0,031	0,00	0,00/0,00	0,00	0,00		0,00					
10	1,65	0,211/0,203	5,86	28,00/28,00	0,00	0,00		5,91					
30	10,90	0,221/0,211	11,74	140,00/138,10	1,48	0,00		24,71					
50	19,12	0,163/0,221	12,26	216,00/216,43	3,11	31,89		51,89					
70	24,79	0,171/0,163	10,14	268,00/267,93	2,40	29,12		39,98					
90	28,58	0,204/0,171	7,80	280,00/458,56	3,03		72,08	50,58					
				Vol = 175,00/204,75	10,03	61,00	72,08	173,07	8,65	0,458	0,40	0,237	6,65
Totalt (m³sk/ha)				126,49/140,83				4,69					3,67
Totalt (milj. m³sk på skogsmark)				2909,3/3239,2				107,9					84,4

Tabell 3. Produktionsprognos för Sveriges granskogar vid fortsatt trakthyggesbruk. Tabellen visar utvecklingen i första tjuugoårsperioden, utvecklingen på längre sikt sammanfattas i Tabell 4.

Åldersklass	Hdom (m)	Arealandel År 0/År 20	Löp. tillväxt (m ³ sk/ha per år)	Volym År 0/År 20 (m ³ sk/ha)	Nat. avg. (m ³ sk)	Gallring (m ³ sk/ha)	Slutavverkning (m ³ sk)	iVtot (m ³ sk)	Medeltillväxt (m ³ sk/ha per år)	Gallringsandel av uttag	Arealandel perSIS-klass	Total averkn. (m ³ sk/ha och år)
SIS 15												
0	0,00	0,022/0,021	0,00	11,00/8,63	0,00	0,00		0,00				
10	0,56	0,094/0,141	0,68	24,00/10,88	0,00	0,00		0,26				
30	3,51	0,086/0,094	2,01	58,00/41,37	0,10	0,00		1,71				
50	7,30	0,093/0,086	3,14	93,00/95,88	0,21	0,00		3,47				
70	10,83	0,089/0,093	3,56	144,00/129,24	0,35	2,12		5,84				
90	13,77	0,132/0,089	3,44	154,00/179,35	0,38	2,82		6,34				
110	16,09	0,140/0,132	3,06	166,00/185,89	0,55	4,33		9,08				
130	17,89	0,151/0,140	2,61	166,00/190,01	0,51	4,69		8,57				
150	19,30	0,193/0,204	2,19	152,00/209,45	0,80		22,96	13,29				
			Vol =	126,92/135,70	2,90	13,96	22,96	48,56	2,43	0,378	0,122	1,85
SIS 20												
0	0,00	0,04/0,024	0,00	19,00/14,59	0,00	0,00		0,00				
10	1,06	0,172/0,176	1,95	25,00/18,59	0,00	0,00		0,85				
30	6,14	0,155/0,172	4,61	76,00/69,63	0,48	0,00		8,08				
50	11,57	0,112/0,155	5,67	141,00/130,15	0,86	5,04		14,30				
70	15,80	0,101/0,112	5,22	209,00/198,09	0,76	5,55		12,70				
90	18,84	0,140/0,101	4,27	216,00/245,71	0,63	6,20		10,54				
110	20,98	0,133/0,140	3,35	258,00/237,04	0,72	8,30		11,96				
130	22,51	0,147/0,120	2,60	253,00/320,97	0,74		44,36	12,30				
			Vol =	155,49/154,48	4,19	25,09	44,36	70,73	3,54	0,361	0,076	3,47
SIS 24												
0	0,00	0,043/0,029	0,00	22,00/19,22	0,00	0,00		0,00				
10	0,90	0,181/0,205	2,35	52,00/24,98	0,00	0,00		1,29				
30	6,64	0,205/0,181	6,02	95,00/107,69	0,64	0,00		10,59				
50	12,97	0,158/0,205	8,09	180,00/155,45	1,48	10,79		24,67				
70	18,26	0,136/0,158	8,22	231,00/248,12	1,53	13,28		25,58				
90	22,35	0,133/0,136	7,37	293,00/287,95	1,34	13,26		22,35				
110	25,44	0,144/0,087	6,26	313,00/431,53	1,51		69,38	25,23				
			Vol =	173,73/172,92	6,50	37,33	69,38	109,70	5,48	0,350	0,064	5,34
SIS 30												
0	0,00	0,043/0,036	0,00	21,00/22,36	0,00	0,00		0,00				
10	1,65	0,0211/0,247	5,86	45,00/31,36	0,00	0,00		2,29				
30	10,90	0,248/0,211	1174	155,00/173,10	1,71	0,00		28,51				
50	19,12	0,213/0,248	12,26	268,00/263,00	3,49	27,95		58,23				
70	24,79	0,160/0,213	10,14	326,00/348,99	3,13	31,86		52,24				
90	28,58	0,125/0,045	7,80	374,00/516,65	1,83		101,94	30,53				
			Vol =	204,83/207,88	10,17	59,81	101,94	171,80	8,59	0,370	0,171	8,09
Totalt (m ³ sk/ha)				169,62/173,00					5,51			5,11
Totalt (milj. m ³ sk på skogsmark)				1689,3/1722,9					54,9			50,9

Tabell 4. Långsiktig utveckling av virkesförråd per ha och total årlig tillväxt samt avverkning i Sveriges granskogar vid traktthuggning respektive blädning enligt beräkning med i texten specificerade förutsättningar. Granskogsarealen är nära 10 milj. ha, motsvarande 43,3 % av totala skogsmarksarealen.

Tidpunkt årtal	Traktthuggning			Blädning		
	(m ³ sk/ha)	(tillv.milj m ³)	(avv. milj m ³)	(m ³ sk/ha)	(tillv. milj m ³)	(avv. milj m ³)
2000	170			170		
2020	173	54,9	50,9	188	56,2	43,8
2040	168	55,3	55,2	201	54,9	42,4
2060	156	55,6	54,2	205	53,1	45,9
2080	162	56,4	54,4	202	47,0	44,4
2100	160	56,6	54,6	200	45,1	41,4
2120	158	56,4	54,3	200	47,0	43,3
2140	157	56,3	53,9	203	48,1	44,0
2160	156	56,4	53,7	206	48,8	44,2
2180	156	56,4	53,7	209	49,2	44,8
2200	156	56,4	53,7	211	49,3	45,6
2220	156	56,4	53,7	212	49,3	45,9
2240	156	56,4	53,7	213	49,3	46,0
2260	156	56,4	53,7	213	49,3	46,1
2280	156	56,4	53,7	213	49,3	46,2

allt högre bördighet. Detta kan delvis bero på att arealen kalmark och ungskog ökat och att vissa lågproduktiva områden avsatts som reservat. I äldre bestånd är blåbär den vanligaste vegetationstypen, och blåbärsmarkerna tenderar att bli gräsbevuxna efter slutavverkning. Gräs rankas högre än blåbär i bördighetsskalan. Det kan ligga något genuint i detta. Stagnerad mark i gamla bestånd vitaliserar i hyggesfasen och behåller vitaliteten bättre med ett välväxande trädbestånd. Det s.k. *Undret på Dundret* är ett gott exempel på detta. En del av sydslutningen brändes 1950 och planterades med tall. Tallen växer bra och vegetationstypen är nu blåbär, medan obrända delar med ett gles och trögväxande blandbestånd av gran och björk delvis uppvisar den betydligt svagare vegetationstypen kråkbär. Utöver dessa effekter är det också troligt att den ökade koldioxidhalten i luften och den

ökade depositionen av kväveföreningar från främst bilavgaser generellt bidragit till en ökad bördighet. För granmarkerna var medelboniteten 5,67 m³sk 1985 och 5,82 m³sk 2001. Andelen olikåldrig skog minskade från ca 28 % till 24 % av arealen under perioden. På 1980-talet var olikåldrig skog 50 % vanligare inom småskogsbruket än inom storskogsbruket.

Blädning i ett internationellt perspektiv

Det första dokumenterade försöket att systematiskt bedriva blädning gjordes i Schweiz. Där förbjöds kalhuggning redan 1902 i alla allmänna skogar och i privata skyddsskogar, sedan man upplevt omfattande översvämningar och lavinskador efter kalhuggningar på slutet av 1800-talet (Zingg & Erni 1997). En föregångsman var Biolley, som redan på slutet av 1880-talet påbörjade en övergång till blädningsbruk

i kantonen Neuchatel. Trots en långsiktig, idog strävan och ideala förutsättningar hade man efter 100 år bara lyckats uppnå fullskiktad skog på 40 % av arealen i denna kanton (Schütz 2001). Enligt Schütz (l.c.) är blädningsbruk lättast att genomföra inom områden där flera skuggtåliga trädslag (bok, gran, silvergran) växer i naturlig blandning. Full skiktning är dock inget naturligt tillstånd ens i dessa skogar. Långsiktigt blädningsbruk kräver stor påpasslighet. Man måste hålla skogen lagom gles för att ge nya plantor ljus att etableras och växa samt ge äldre träd möjlighet att utveckla långa kronor. Samtidigt måste en spatiell ojämnhet upprätthållas så att inte alla plantor blir träd samtidigt och beståndet blir tvåskiktat. I Danmark antogs 2002 ett nationellt skogsprogram för naturnära skogsbruk (Skov- og Naturstyrelsen, 2005). Syftet är att skapa mer varierande skogar av

Tabell 5a. Produktionsprognos för Sveriges granskogar vid omställning till bländningsbruk. Åldersklassfördelning och startvolymen enligt permanenta rikstaxrutor 1999–2003. Utveckling 2000–2020.

Ålders- klass	Hdom (m)	Arealandel år 0		Arealandel år 20		Löp. tillväxt (m ³ sk/ha per år)
		trakth.	blädn.	trakth.	blädn.	
SIS 15						
0	0,00	0,022	0,000	0,000	0,000	0,00
10	0,56	0,093	0,000	0,022	0,000	0,68
30	3,51	0,075	0,011	0,093	0,000	2,01
50	7,30	0,065	0,028	0,075	0,011	3,14
70	10,83	0,047	0,041	0,065	0,028	3,56
90	13,77	0,059	0,073	0,047	0,041	3,44
110	16,09	0,053	0,088	0,059	0,073	3,06
130	17,89	0,047	0,104	0,053	0,088	2,61
150	19,30	0,034	0,160	0,081	0,264	2,19
		0,495	0,505	0,495	0,505	
SIS 20						
0	0,00	0,040	0,000	0,000	0,000	0,00
10	1,06	0,172	0,001	0,040	0,000	1,95
30	6,14	0,145	0,009	0,172	0,001	4,61
50	11,57	0,094	0,018	0,145	0,009	5,67
70	15,80	0,070	0,031	0,094	0,018	5,22
90	18,84	0,088	0,052	0,070	0,031	4,27
110	20,98	0,084	0,049	0,088	0,052	3,35
130	22,51	0,053	0,094	0,137	0,143	2,60
		0,746	0,254	0,746	0,254	
SIS 24						
0	0,00	0,043	0,000	0,000	0,000	0,00
10	0,90	0,181	0,000	0,043	0,000	2,35
30	6,64	0,195	0,010	0,181	0,000	6,02
50	12,97	0,135	0,023	0,195	0,010	8,09
70	18,26	0,104	0,031	0,135	0,023	8,22
90	22,35	0,100	0,034	0,104	0,031	7,37
110	25,44	0,087	0,057	0,187	0,091	6,26
		0,845	0,155	0,845	0,155	
SIS 30						
0	0,00	0,043	0,000	0,000	0,000	0,00
10	1,65	0,210	0,001	0,043	0,000	5,86
30	10,90	0,243	0,005	0,210	0,001	11,74
50	19,12	0,194	0,020	0,243	0,005	12,26
70	24,79	0,133	0,027	0,194	0,020	10,14
90	28,58	0,099	0,025	0,232	0,052	7,80
		0,922	0,078	0,922	0,078	
Totalt (m³sk/ha)						
Totalt (milj. m³sk på skogsmark)						

Volym år 0 (m³sk/ha)		Volym år 20 (m³sk/ha)		Nat. avg. (m³sk)	Gallring (m³sk)	iVtot (m³sk)	Medeltillväxt (m³sk/ha per år)	Arealandel per SIS-klass	Total avverkn. (m³sk/ha per år)
trakth.	blädn.	trakth.	blädn.						
10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
44,00	0,00	13,13	0,00	0,00	0,00	0,07			
86,00	32,00	56,87	12,87	0,08	0,00	1,27			
114,00	113,00	123,88	69,88	0,21	0,00	3,47			
151,00	140,00	133,25	132,48	0,35	3,70	5,84			
168,00	139,00	167,86	159,39	0,38	4,31	6,27			
188,00	145,00	179,18	156,85	0,55	6,58	9,08			
177,00	154,00	189,07	155,96	0,52	7,09	8,63			
177,00	144,00	105,38	146,51	0,91	20,42	15,15			
				2,99	42,09	49,79	2,49	0,122	2,10
Vol: 120,17	141,03	122,32	148,25						
10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
21,00	4,00	13,76	4,00	0,01	0,00	0,16			
84,00	66,00	57,63	13,16	0,40	0,00	6,74			
148,00	124,00	128,02	114,52	0,85	6,53	14,20			
218,00	188,00	190,96	172,96	0,76	7,02	12,70			
230,00	207,00	237,10	214,60	0,63	7,75	10,54			
278,00	225,00	232,72	215,47	0,72	10,56	11,96			
286,00	238,00	162,16	222,26	0,96	32,92	15,97			
				4,34	64,79	72,29	3,61	0,076	3,24
Vol: 139,56	207,95	142,45	211,80						
23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
64,00	0,00	33,03	0,00	0,03	0,00	0,46			
116,00	117,00	108,17	44,17	0,51	0,00	8,50			
180,00	181,00	162,66	163,37	1,48	13,62	24,67			
238,00	203,00	235,83	236,54	1,53	15,23	25,58			
305,00	260,00	278,66	253,81	1,33	15,05	22,18			
316,00	310,00	201,60	284,80	1,75	48,29	29,15			
				6,63	92,18	110,54	5,53	0,064	4,61
Vol: 168,33	246,04	178,98	263,61						
13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
54,00	63,00	20,33	63,00	0,00	0,00	0,40			
156,00	143,00	164,10	173,10	1,48	0,00	24,71			
252,00	212,00	248,63	240,05	3,49	31,74	58,23			
320,00	271,00	318,49	292,09	3,15	34,84	52,49			
376,00	312,00	235,59	302,81	2,44	62,77	40,71			
				10,59	129,35	176,54	8,83	0,017	6,47
Vol: 193,58	258,14	230,15	294,37						
169,47	187,51						5,64		4,40
1687,72	1867,40						56,2		43,8

Tabell 5b. Produktionsprognos för Sveriges granskogar vid omställning till blädningsbruk. Utveckling 2020–2040. Utvecklingen på längre sikt sammanfattas i Tabell 4.

Ålders- klass	Hdom (m)	Arealandel år 0		Arealandel år 20		Löp. tillväxt (m ³ sk/ha per år)
		trakth.	blädn.	trakth.	blädn.	
SIS 15						
0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
10	0,56	0,022	0,000	0,000	0,081	0,68
30	3,51	0,093	0,000	0,022	0,000	2,01
50	7,30	0,075	0,011	0,093	0,000	3,14
70	10,83	0,065	0,028	0,075	0,011	3,56
90	13,77	0,047	0,041	0,065	0,028	3,44
110	16,09	0,059	0,073	0,047	0,041	3,06
130	17,89	0,053	0,088	0,059	0,073	2,61
150	19,30	0,081	0,264	0,053	0,352	2,19
		0,495	0,505	0,414	0,586	
SIS 20						
0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
10	1,06	0,040	0,000	0,000	0,137	1,95
30	6,14	0,172	0,001	0,040	0,000	4,61
50	11,57	0,145	0,009	0,172	0,001	5,67
70	15,80	0,094	0,018	0,145	0,009	5,22
90	18,84	0,070	0,031	0,094	0,018	4,27
110	20,98	0,088	0,052	0,070	0,031	3,35
130	22,51	0,137	0,143	0,088	0,195	2,60
		0,746	0,254	0,609	0,391	
SIS 24						
0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
10	0,90	0,043	0,000	0,000	0,187	2,35
30	6,64	0,181	0,000	0,043	0,000	6,02
50	12,97	0,195	0,010	0,181	0,000	8,09
70	18,26	0,135	0,023	0,195	0,010	8,22
90	22,35	0,104	0,031	0,135	0,023	7,37
110	25,44	0,187	0,091	0,104	0,122	6,26
		0,845	0,155	0,658	0,342	
SIS 30						
0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
10	1,65	0,043	0,000	0,000	0,232	5,86
30	10,90	0,210	0,001	0,043	0,000	11,74
50	19,12	0,243	0,005	0,210	0,001	12,26
70	24,79	0,194	0,020	0,243	0,005	10,14
90	28,58	0,232	0,052	0,194	0,072	7,80
		0,922	0,078	0,690	0,310	
Totalt (m³sk/ha)						
Totalt (milj. m³sk på skogsmark)						

Volym år 0 (m³sk/ha)		Volym år 20 (m³sk/ha)		Nat. avg. (m³sk)	Gallring (m³sk)	iVtot (m³sk)	Medeltillväxt (m³sk/ha per år)	Arealandel per SIS-klass	Total avverkn. (m³sk/ha per år)
trakth.	blädn.	trakth.	blädn.						
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
13,13	0,00	13,13	96,66	1,37	0,85	1,43			
56,87	12,87	26,00	12,87	0,02	0,00	0,30			
123,88	69,88	94,75	50,75	0,22	0,00	3,75			
133,25	132,48	140,85	99,27	0,32	3,48	5,40			
167,86	159,39	154,19	153,60	0,40	4,28	6,63			
179,18	156,85	179,07	172,55	0,36	4,63	6,06			
189,07	155,96	182,27	165,08	0,48	6,81	8,08			
105,38	146,51	111,37	144,45	1,01	21,52	16,86			
				4,19	41,57	48,50	2,43	0,122	2,08
Vol: 122,32	148,25	132,95	141,97						
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
13,76	4,00	13,76	149,82	3,56	2,22	3,86			
57,63	13,16	22,92	13,16	0,09	0,00	1,56			
128,02	114,52	108,24	74,89	0,96	6,23	15,96			
190,96	172,96	175,98	165,85	1,05	9,00	17,47			
237,10	214,60	216,83	203,33	0,70	8,01	11,69			
232,72	215,47	238,05	221,18	0,52	7,84	8,63			
162,16	222,26	137,93	212,71	1,04	26,11	17,30			
				7,92	59,42	76,46	3,82	0,076	2,97
Vol: 142,45	211,80	154,74	189,48						
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
33,03	0,00	33,03	192,09	6,11	3,77	7,65			
108,17	44,17	77,20	44,17	0,12	0,00	2,02			
162,66	163,37	157,10	111,66	1,31	11,61	21,78			
235,83	236,54	223,52	224,03	1,99	18,72	33,18			
278,66	253,81	277,12	277,62	1,56	17,89	25,96			
201,60	284,80	186,78	262,42	1,35	32,50	22,53			
				12,44	84,49	113,12		0,064	4,22
Vol: 178,98	263,61	200,88	223,87						
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
20,33	63,00	20,33	240,14	9,08	5,47	14,72			
164,10	173,10	130,43	173,10	0,30	0,00	5,04			
248,63	240,05	253,98	259,92	2,97	27,61	49,54			
318,49	292,09	316,27	310,60	3,65	40,39	60,83			
235,59	302,81	224,51	292,81	2,28	54,42	37,96			
				18,28	127,88	168,08	8,40	0,171	6,39
Vol: 230,15	294,37	259,93	253,57						
187,51	201,22						5,51		4,26
1867,4	2003,93						54,9		42,4

främst inhemska lövträd, i första hand genom att främja naturlig föryngring. På så sätt väntas skogsbrukets kostnader minska och skogen bli mindre känslig för störningar samt mer attraktiv för friluftslivet. Samtidigt ökar den biologiska mångfalden och skogens funktion för vatten- och luftvård förbättras. Principerna utvecklas inom statens skogar för att tjäna som föredömen för det enskilda skogsbruket. Larsen (2005) urskiljer här tre strategier för att konvertera likåldriga barrträdkulturer till ”naturlig” skog: *den naturliga vägen*, *den direkta vägen* och *den naturnära genvägen*. *Den naturliga vägen* omfattar processerna stormfällning, inväxning av pionjärarter, inväxning av successionsarter, differentiering och stabilisering. *Den direkta vägen* omfattar skärmställning med underplantering. *Den naturnära genvägen* omfattar stabiliserings- och strukturhuggning, successiv utglesning och gruppviss inplantering av önskade trädslag. De två senare metoderna anses bara tillämpbara om utgångsbeståndet är någorlunda stabilt, dvs. inte alltför högt, tätt, exponerat eller ytligt rotat. Ogallrade bestånd med övre höjd över 18 meter bör få växa ostörda till slutavverkning och förnyas genom plantering. Liknande program kan troligen tillämpas på sådana marker i sydsverige, där skogens övriga funktioner väger betydligt tyngre än virkesproduktionen. På större delen av granmarkerna är dock virkesproduktionen viktig och granen det naturliga och mest produktiva trädslaget.

Förutsättningar för en storskalig övergång till blädningsbruk

I Sverige har vi fortfarande olikåldrig skog (skog med mindre än 80 % av huvudbeståndets volym inom en tjugoorlig åldersklass) på en betydande del av

granmarkerna, troligen ofta uppkommen genom successiv igenväxning av gamla hagmarker, brännor och restsko- gar efter hårda dimensionshuggningar. I redovisade beräkningar förutsattes att blädning direkt kan tillämpas på dessa marker. På övriga marker tillämpades skärmställning, som på sikt genom naturlig föryngring antogs ge upphov till skiktad och blädningsbar skog. Hur realistiska är dessa antaganden?

Försök i både Finland (Lähde et al 2002) och Sverige (Lundqvist et al 2006) visar att en måttlig uthuggning av grövre träd i skiktad skog ger en relativt liten tillväxtreduktion på beståndsnivå. Detta gäller om uthuggningen kan klaras utan omfattande skador på kvarvarande bestånd. Det är dock svårt att fälla de större träden i beståndet utan att åstadkomma skador på kvarvarande träd och plantor. I norska blädningsförsök (Granhus & Fjeld 1998, 2001) uppmättes skador på 12,5 % av träden och 41 % av de beståndsförnygrade plantorna efter 44 % uttag med engreppsskördare. Skadorna kan möjligen minskas något med en utvecklad avverkningsteknik. Andra frågetecken kan sättas för inverkan av vindskador, rotröta och ogynnsamma betingelser för plantetablering.

Ifråga om vindskador får man räkna med ökad risk för nedblåsning de första åren efter huggning, precis som efter gallring i likåldrig skog. Skillnaden är att blädning utförs i äldre bestånd med högre höjd, vilket gör dem mer vindutsatta, och att det ofta är de största och stabilaste träden som huggs bort. I ett omfattande försök i kanadensisk granskog ökade den årliga avgången av stamantalet från 0,45 % i ogallrad skog till ca 1 % i trakthuggen skog (skador i hyggeskanter) och till 1,5 % i bläddad skog. Det gällde de för-

sta tre åren efter uthuggning av 33 % av volymen (Huggard et al 1999). Tyvärr saknas bakgrundsdata för en djupare tolkning av dessa uppgifter.

Rotröta återfinns i uppmot 20 % av de äldre och grövre granarna i skogen, och rötan kan spridas från rötade träd och stubbar till angränsande träd via rotkontakter (Thor et al 2005). Teoretiskt kan detta innebära att skadenivån på sikt ökar i bläddade skogar, men direkta studier av detta saknas.

Under goda fröår sprids stora frö mängder i ett granbestånd, men plantbildningen kan vara nyckfull p.g.a. ojämna groningsbetingelser och känslighet för uttorkning. Plantbildningen och inväxningen kan bli för liten i en blädningsskog för att en uthållig produktion ska kunna uppnås. Orsakerna är flera. Speciellt kärva klimatlägen, där det är långt mellan fröåren, risk för torka, tjocka råhumuslager och stor rotkonkurrens, ger dåliga groningsbetingelser. Här kan möjligen markberedning och kvävegödsling hjälpa upp situationen.

I yngre, likåldriga granskogar kan inte mycket göras för att påskynda en transformation till blädningsskog. Även efter stark utglesning sluter sig skogen snabbt igen vilket gör det omöjligt för nya plantor att etablera sig. I litteraturen anges att ankarträd bör frihuggas i detta skede, så att de kan utbilda långa kronor och god stabilitet inför en senare skärmställning. Den egentliga transformationen inleds med en skärmställning. Skärmen bör vara relativt tät för att minimera risken för vind- och torkskador och på bördiga, marker uppkomsten av ymnig fältvegetation som försvårar granplantornas etablering och tillväxt. På svaga marker i kyligt klimat, med tjock råhumus och långt mellan fröåren, kan

precis som i blädningsfallet, särskilda åtgärder krävas för att tillräcklig plantbildning ska uppnås. Avgången i granskärmar har bl.a studerats av Sikström (1997) och Sikström & Pettersson (2005). I medeltal för 77 granskärmar i länen F, G, P, W, X uppmättes den totala avgången de första 5 åren till 16 %. Andra data tyder på att ca 2/3 av den förhöjda skadenivån efter skärmställning uppkommer de först 5 åren, varför den extra avgången p.g.a. skärmställning totalt kan beräknas till ca 25 %. Hånell & Ottosson-Lövenius (1994) noterade 40 % avgång i 9 skärmar på dikad torvmark 6 år efter skärmhuggning. Den högre avgången i dessa försök bedöms främst bero på att skärmträden utsetts bland med-

härskande och inte bland härskande träd och att bestånden var mycket täta före skärmställning. Gran anses annars vara stabilare på dikad torvmark än på fastmark p.g.a. större rotningsdjup.

Slutsatser

Med rätt tillämpning och utvecklad avverkningsteknik kan man med blädning troligen uppnå en produktionsnivå på ca 85% av boniteten enligt ståndortsbonitering. Med trakthuggning och utnyttjande av förädlade plantor och bästa planteringsteknik bör man dock kunna nå en produktion som avsevärt överstiger boniteten. Blädning anses av experterna kräva stor påpasslighet och en långsiktigt stabil organisation för att lyckas. En omlägg-

ning till blädningsbruk beräknas få omedelbart genomslag i avverkningsnivån. Tillväxten förblir visserligen högre de första 60 åren, men mycket virke binds i den förrådsökning som krävs för ordnad blädning. Det beräknas ta mer än 200 år att fullt ut ställa om Sveriges granmarker till blädningsbruk.

Granskogsbruk med och utan kalhyggen – produktion och ekonomi

Björn Elfving, SLU
Torbjörn Brunberg, Skogforsk
Bo Karlsson, Skogforsk

Skog kan brukas med två principiellt skilda system, traditionellt benämnda trakthyggesbruk och blädningsbruk. Vid trakthyggesbruk tas huvuddelen av virkesproduktionen ut genom traktvis kalhuggning. De nya bestånd som uppkommer på hyggena, genom naturlig föryngring eller kultur, blir likåldriga. För att uppnå jämn och uthållig avkastning erfordras jämn fördelning av beståndsarealerna på åldersklasser. Vid blädningsbruk tas virkesproduktionen ut genom upprepad utgallring av främst grövre träd. Nya träd tillkommer genom inväxning, vanligen av naturligt uppkomna plantor. Skogen blir olikåldrig. För att uppnå en jämn och uthållig avkastning erfordras en till varje ståndort och trädslag väl avpassad balans mellan beståndstäthet och huggningsomdrev.

Vilket system som är att föredra i olika situationer har varit under ständigt debatt i minst 250 år. Regelrätta försök är svåra att göra, dels därför att lång försökstid erfordras, dels därför att skogens värden och de tekniska möjligheterna att bruka den förändras med tiden. Flera blädningssystem i granskog anlades omkring år 1920 och har trots brister och tidig nedläggning

p.g.a. lågt intresse givit viss information om produktionen (Lundqvist 1989, Chrimes & Lundqvist 2004). I Norge har motsvarande försök indikerat en produktionsnivå som ligger 15–20 % under vad man beräknar för trakthyggesbruk (Andreassen 1994, Andreassen & Öyen 2002). För särskilda försök med ”fjellskogshogst” har en liknande produktionskillnad beräknats (Nilsen & Öyen 2004).

Många försök har gjorts att utvärdera ekonomin för virkesproduktionen med de två skogsbrukssystemen. Hanewinkel (2002) ger en översikt av en mängd studier, främst från Centraleuropa. Som slutsats anges att systemen ger ungefär samma årliga nettoinkomst. Trakthyggesbruket binder dock mer kapital vid de långa omloppstider som anses erfordras för högsta värdeproduktion (140 år). Under dessa förhållanden blir markvärdet därför högst med blädningsbruk. Analysen baseras på en modell som förutsätter lika produktion i de två systemen. Wikström (2000) jämförde produktion och nuvärde för tre olika modellbestånd vid tillämpning av trakthuggning respektive blädning. Nuvärdet beräknades bli 4–11 % lägre med blädning. På lång sikt beräknades blädning också halvera produktionen, vilket bedömdes bero på en orealistisk tillväxtmodellering. Hagner (2004)

har lanserat begreppet Naturkultur, som inte är ett skogsbrukssystem utan en ekonomisk princip, men som enligt Hagner oftast leder till blädningsbruk. I kalkyler påvisas strålände lönsamhet med skogsskötsel enligt denna princip. I en kritisk granskning påvisar dock Lexeröd (2004) betydande brister i kalkylerna och framlägger en egen kalkyl baserad på beståndsdata från ett skiktat granbestånd i Norge. För ett normalalternativ beräknas volymproduktionen bli 16 % lägre och nuvärdet vid 2 % avkastningskrav 13 % lägre med blädningsbruk jämfört med trakthyggesbruk. För en fullständig värdering måste naturligtvis även andra skogliga värden beaktas, såsom natur- och rekreativvärden samt skogens roll för den globala miljön.

Avsikten med denna uppsats är att ge ytterligare kalkylexempel på produktion och ekonomi för granskogsbruk med och utan kalhyggen. De två systemen benämns i det följande MH (=med hyggen) respektive UH (=utan hyggen).

Tillväxtkalkyler

Utgångspunkten är ett avverkningsmoget och skiktat granbestånd. Som underlag används de ogallrade parcelerna i Lars Lundqvists gallringsförsök i skiktad granskog: yta 2279 Ätnarova/Norrbottnen och yta 2280 Fagerland/Jämtland (Tabell 1). Behandlingarna består av renodlad höggallring respektive låggallring med 3 olika styrkor. Utvecklingen har följts under en tioårsperiod. Den observerade utvecklingen följer relativt väl den prognos som gjorts med Heureka-systemets prognosfunktioner. Prognoser för en 35-årsperiod i Jämtland indikerar att

Tabell 1. Beståndsdata före huggning 1990/91.

Lokal	Lat. (°N)	Alt. (m.ö.h.)	SIS (M)	Hdom (m)	N (st/ha)	G (m ² /ha)	V (m ³ sk/ha)
Ätnarova	67,0	425	15,0	22,5	890	28,8	217
Fagerland	63,4	485	19,2	21,6	1 350	32,8	255

Tabell 2. Diameterfördelningar före och efter höggallring.

Lokal	Spec.	Andel träd (%) i olika diameterklasser (cm)									
		5–10	–15	–20	–25	–30	–35	–40	–45	45–	s:a
Ätnarova	före gallring	27	25	16	10	9	6	3	2	2	100
	obs. efter gallr.	36	28	18	11	6	1	0	0	0	100
	ber. efter gallr.	31	29	16	10	7	4	2	1	0	100
Fagerland	före gallring	42	21	14	6	9	5	2	1	0	100
	obs. efter gallr.	52	22	12	6	4	2	2	0	0	100
	ber. efter gallr.	48	23	13	6	6	3	1	0	0	100

höggallring med lägsta styrka (35 % av grundytan, 43 % av volymen) upprätthåller en hög tillväxt och ger möjlighet till en ny avverkning av samma karaktär efter 20–25 år. Detta program förefaller intuitivt vara det bästa och används i kalkylen.

Gallringarna på försöksytorna har utförts utan stickvägsupptagning. I praktiken erfordras stickvägar om man vill tillämpa UH. Med 35 % uttag blir uttaget utöver vägvirket begränsat i den första gallringen. Stickvägarna kan troligen återanvändas vid kommande gallringar, varvid höggallringsmomentet kan skärpas. Vidare har gallringarna i försöket genomförts med särskild försiktighet, så att skador på kvarvarande träd och plantor i möjligaste mån undvikits. Tyvärr kan inte uppkomna skador kvantifieras. Norska studier av avverknings-skador vid höggallring i skiktad granskog (Granus & Fjeld 1998, 2001) visar att skadorna varierar med gallringsstyrkan. I medeltal skadades 12,5 % av träden och 41 % av plantorna vid helmekaniserad gallring med 44 % uttag.

För en rättvis jämförelse av MH och UH bör man utgå från ett redan anpassat UH, dvs. det förutsätts att stickvägarna redan finns där. Systemjämfö-

relsen förutsätter också normal-skogskoncept, dvs. att den årliga avverkningen hela tiden motsvarar produktionsförmågan med respektive system. Praktiskt genomförs detta genom att uttrycka värdet som avkastningsvärde, dvs. i kronor per ha och år (utan diskonteringar) vid evig upprepning. För full jämförbarhet bör detta dock reduceras med räntekostnaden på uppbundet virkeskapital. Omställningskostnader mellan systemen är en sak för sig som måste hanteras separat.

I beräkningen förutsätts att stickvägarna i ett längre perspektiv har försumbar inverkan på beståndsstrukturen och att våra utgångslägen och prognosfunktioner därför gäller fullt ut. I Tabell 2 visas observerade diameterfördelningar för ogallrade och höggallrade ytor i Ätnarova och Fagerland samt beräknad fördelning efter höggallring enligt Heurekamodell. Utvecklingen med blädning har alltså beräknats med en preliminär version av Heurekamodellen, varvid beståndsåldrarna satts till 140 år i Ätnarova och 90 år i Fagerland.

Problemet att beräkna jämförbara utvecklingar för alternativet traktuggning är nog så svårt att tackla. Unga granplanteringar indikerar generell

sett högre ståndortsindex enligt höjdbonitering (SIH) än vad ståndortsboniteringen (SIS) indikerar, i medeltal 4,6 m högre enligt Elfving & Nyström (1996). I Ätnarova beräknas SIS till G15 och i Fagerland till G19.2. Dessa värden kan enligt boniteringshandboken översättas till boniteterna 2,7 resp. 4,0 m³sk. Beståndet i Fagerland ligger på bördig, silurpåverkad mark och har nått övre höjden 21,6 m på ca 100 år vilket svarar mot boniteten 4,8 m³sk. Baserat på funktionen i Elfving & Nyström, Tabell 4 (1996), beräknas plantering i Ätnarova ge ett SIH på 4,2 m över SIS, alltså 15,0 + 4,2 = 19,2 m. Motsvarande värde för Fagerland blir 21,6 + 4,3 = 25,9 m. Med plantering av genetiskt förädlad material på höglagd mark blir lyftet troligen ännu högre. Unga granplanteringar vid Fagerland indikerar G28. Det är dock osäkert i vilken utsträckning en snabbare start p.g.a. god markberedning ger en fortsatt gynnsam utveckling i förhållande till ”den normala”.

Som generellt utgångsläge för granplanteringar används grundytan 11,6 m²/ha, som svarar mot övre höjden 10 meter och stamantalet 2 000 st/ha enligt Elfving & Nyström (1996), (Tabell 6, funktion 2, praktisk-

Tabell 3. Data från tillväxtberäkningarna samt beräknade utbyten vid tidpunkt för avverkning. Utgångsbestånd avser data för det bestånd som ska blädas alt. slutavverkas. Ålder för K-skogsbruk anger om-drevet (tiden mellan två blädningar).

Benämning	Åtgärd	Ålder (år)	SUT (st/ha)	SEG (st/ha)	VOL (m ³ fub/ha)	MSTAM (m ³ fub/ ha)	TIM (%)
Ätnarova							
MH	Gallring 1	74	772	1 157	53	0,07	0
MH	Gallring 2	94	366	744	61	0,17	27
MH	Slutavverkning	129	672	0	253	0,38	67
UH	K-Skogsbruk	45	140	750	66	0,471	79
UH	Utgångsbestånd	-	602	0	172	0,286	54
Fagerland							
MH	Gallring 1	46	789	1 193	47	0,06	0
MH	Gallring 2	61	382	777	60	0,16	24
MH	Slutavverkning	91	730	0	305	0,42	73
UH	K-Skogsbruk	22	199	1 105	78	0,393	70

Förklaringar och förutsättningar:

MH Med hygge

UH Utan hygge

SUT Antal uttagna stammar per ha

SEG Antal kvarstående stammar per ha

VOL Uttagen volym per hektar

MSTAM Uttagen medelstamvolym

TIM Timmerandel

Tabell 4. Jämförelse av observerade och beräknade tillväxter, m³sk/ha, år.

Lokal	Obs. tillväxt 10 år		Ber. Tillväxt 10 år		Ber. medeltillv., brutto		Rel.tillv. (%) blädn./trakth.
	Ogallrat	Blädat	Ogallrat	Blädat	Blädning	Trakthugg.	
Ätnarova	2,7	1,6	2,7	2,1	2,3	3,7	62
Fagerland	6,0	4,3	5,8	4,6	4,8	5,8	83

ka planteringar 400 m.ö.h., variabeln Hrel ska vara $\ln(1 + Hrel)$ vid tillämpningen av denna funktion, felskrivet i tabellen.) Mot övre höjden 10 m svarar brösthöjdsåldrarna 37 år i Ätnarova och 22 år i Fagerland. Tillväxtberäkningen genomförs med produktionsmodellen ProdMod (Ekö 1985).

Ekonomisk värdering

I Tabell 3 presenteras förutsättningar för de ekonomiska kalkylerna. Erfaren-

heterna från drivning vid kontinuitets-skogsbruk är ännu så länge mycket begränsade. De erfarenheter som finns är utnyttjade för beräkning av intäkter och kostnader i Tabell 5. Timmerandelen har beräknats som funktion av medelstamvolymen med ett generellt samband. Kostnaderna har beräknats utifrån de produktionsnormer som gäller för vanligt skogsbruk (Brunberg 1995, 1997, 2004). Därvid har blädning likställts med höggallring.

Dessutom har antagits att det krävs en skördare i samma storleksklass som vid slutavverkning. Förutom kostnaderna och intäkterna i Tabell 5 har antagits att anläggningskostnaden för ett bestånd är 9 000 kr/ha och att en röjning utförs för 2 110 kr/ha. Vid beräkning av nuvärdet har kalkylen startat med det befintliga utgångsbeståndet. För trakthyggesbruket har beståndet slutavverkats varvid nettot lagts till i kalkylen. För blädningens bestånd är detta

bestånd en förutsättning för produktionen. Nuvärdet av det bestånd som återstår vid kalkylens slut har då tillgodoräknats resultatet för blädningsalternativet. För Ätnarova har tre och för Fagerland har fem blädningshuggningar utförts under kalkylens gång. Räntan har satts till 2 %.

För att jämföra de båda skogsbruksätten gjordes en känslighetsanalys där det genomsnittliga virkespriset vid bilväg ökades för blädningsalternativet. Syftet var att studera hur stor ökning av virkespriset som krävs för att uppnå samma ekonomiska resultat per hektar och år för båda alternativen. Jämförelsen gjordes för nuvärdet vid 2 % ränta.

Resultat och diskussion

Omdrevet vid blädningsbruk beräknas till 45 år i Ätnarova och 22 år i Fagerland. Prognosen anger att både stamantal och volymer uppnår ursprungsvärden med dessa omdrev. Gallringsuttagen beräknas till 78 respektive 93 m³sk/ha och medeldiametern på uttagna träd till 30 respektive 26 cm. Det genomsnittliga virkesförrådet vid upprepat blädningsbruk beräknas till 169 m³sk/ha i Ätnarova och 205 m³sk/ha i Fagerland. Medeltillväxterna beräknas brutto till 2,3 resp. 4,8 m³sk/ha och år (Tabell 4). Beräkning tillväxt den första tioårsperioden efter blädning har beräknats också för ogallrat bestånd. Denna överensstämmer väl med den observerade. För blädat bestånd överskattas tillväxten, vilket främst beror på att avgången varit större än beräknat, d.v.s. kvarvarande bestånd har blivit glesare än avsett och därför haft lägre tillväxt. Den högre medeldiametern i Ätnarova beror dels på att beståndet är glesare, dels på att det troligen stått orört länge, varvid några träd har uppnått

Tabell 5. Kostnader, intäkter och netton för avverkningsaktiviteter. Alt. slutavverkning avser slutavverkning i stället för kontinuitetsskogsbruk vid tidpunkt för blädning.

Benämning	Åtgärd	Kostnad (kr/m ³ fub)	Intäkt (kr/m ³ fub)	Netto (kr/m ³ fub)	Netto (kr/ha)
Ätnarova					
MH	Gallring 1	186	277	91	4823
MH	Gallring 2	134	307	173	10568
MH	Slutavverkning	75	352	277	70091
UH	K-Skogsbruk	124	365	241	15938
UH	Värdering av utgångsbestånd	87	337	250	43083
Fagerland					
MH	Gallring 1	203	277	74	3478
MH	Gallring 2	137	304	167	10013
MH	Slutavverkning	72	359	287	87462
UH	K-Skogsbruk	123	355	232	18127
UH	Värdering av utgångsbestånd	81	344	263	53166

Förklaringar och förutsättningar:

MH Med hygge

UH Utan hygge

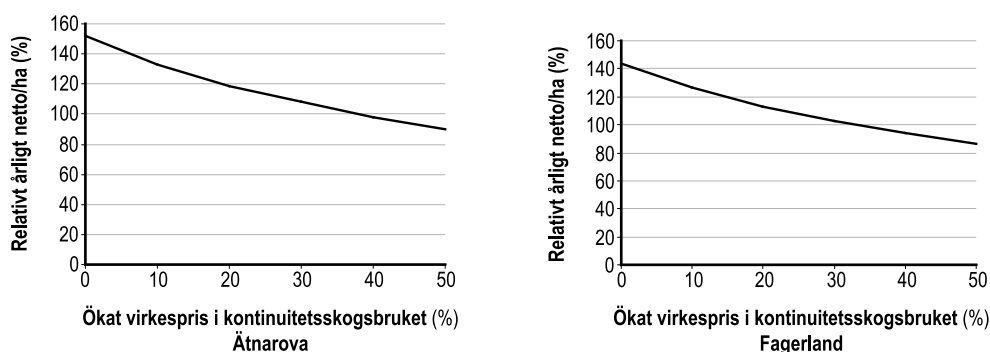
Kost Drivningskostnad

Intäkt Virkesintäkt (389 kr/m³fub timmer, 277 kr/m³fub massaved)

Netto Intäkt - drivningskostnad

mycket höga diametrar. Det är troligt att uttagets medeldimension blir lägre vid upprepat blädning. Speciellt för denna prognos gäller att tillväxten för inväxta träd underskattats. Det beror bl.a. på att de får för hög ålder vid ålderstilldelningen. Detta ska korrigeras senare, men bedöms inte påverka prognosen särskilt mycket. Viktigare att notera är att beståndsåldern ökar mellan omdreven, vilket troligen medför successivt sjunkande produktivitet. Om detta är riktigt är det ett extra memento för UH. Korrelationen mellan diameter och ålder är dock svag i olikåldrig skog och om man automatiskt inriktar gallringsuttaget på gamla, oväxtliga, och färdigvuxna träd så är det något vi inte får fram med dagens modeller.

I produktionskalkylen för trakthyggesbruk har "normala" gallringsprogram och omloppstider tillämpats. Medeldimensionen för avverkade träd beräknas i Ätnarova till 19 cm och i Fagerland till 21 cm, medan medelförråden under omloppstiden beräknas till 101 resp. 142 m³sk/ha. Medeltillväxterna beräknas brutto till 3,7 resp. 5,8 m³sk/ha, vilket kan jämföras med de boniteter som enligt boniteringshandboken svarar mot beräknade SIH-värden efter plantering: 4,0 resp. 6,3 m³sk/ha. Beräknade tillväxter ligger alltså något under boniteten. Blädningsbruk beräknas brutto producera 62 % av trakthyggesbruk i Ätnarova och 83 % i Fagerland. Skillnaderna i nettoproduktion blir större därför att den naturliga avgången beräknas bli



Figur 1. Resultat från känslighetsanalys. Graferna visar den relativa förändringen (trakthyggesbruk/blädning) av det årliga nuvärdesnettot/hektar när det genomsnittliga virkespriset vid bilväg ökas i kontinuitetsskogsbruket. Kalkylränta 2%.

Tabell 6. Nettoproduktion och ekonomi.

Lokal	Avverkningsform	Nettoprod. (m ³ sk/ha)	Resultat (kr/ha per år)	Nuvärde (kr/ha)
Ätnarova	MH	3,5	316 (100 %)	40 802
	UH	1,7	209 (66 %)	28 161
Fagerland	MH	5,5	673 (100 %)	61 279
	UH	4,2	467 (69 %)	51 386

Förklaringar:

MH med hygge

UH utan hygge

Nettoprod. Genomsnittligt årligt virkesuttag

Resultat Nuvärdet dividerat med antal år

Nuvärde Summan av framtida intäkter och kostnader under hela omloppstiden, diskonterade till år 0 med 2 % ränta

större med blädning. Blädning ger ett årligt resultat som motsvarar 66 % av resultatet vid trakthuggning i Ätnarova och 69 % i Fagerland, (Tabell 6). Som framgår av tabellen skiljer sig nuvärdet väsentligt mellan systemen. Detta under förutsättning att inga andra värden t.ex. diversitet eller kulturmiljö påverkas av systemet.

Känslighetsanalysen (Figur 1) visar att kontinuitetsskogsbruket kräver ett virkespris (brutto) vid bilväg som är ca 35 % högre än dagens för att resultatet

räknat i årligt nuvärdesnetto per hektar ska bli likvärdigt.

Hur tillförlitliga och generaliserbara är då dessa typfall? Det måste framhållas att osäkerheten är stor, både ifråga om beståndsutveckling efter blädning och produktionsnivå för alternativet trakthyggesbruk. I Ätnarova är ståndorten mosaikartad, med hörgörtsrika drog omväxlande med mer försumpade partier med skogsfräken och hjortron. Vid bedömningen av SIS har beståndets höjd, ålder och

tillväxt beaktats. Markerna runt försöket är betydligt magrare. De försöksplanteringar med gran som finns inom området är fortfarande unga och växer på andra marktyper. I Fagerland är marken jämnare och närbelägna granplanteringar har kunnat utnyttjas för kontroll. I Wibecks förbandsförsök på Frösön (plantor 2/0 gran 1918) på likartad mark som i Fagerland (G26) har tvåmetersförbandet vuxit helt enligt ProdMod-prognos under mätperioden 1952–1993. Beräkningen för Fagerland är alltså stadigare förankrad. Den beräknade produktionsminskningen med blädning (17 %) är av samma storleksordning som beräknats i refererade norska studier. Den högre reduktionen i Ätnarova är alltså osäkrare men inte orimlig då den relativa effekten av skogliga åtgärder som markberedning och plantering med utvalt material kan förväntas öka i kärva lägen. I analogi med detta kan man anta att den relativa produktionskillnaden blir lägre på bördiga marker i gynnsamma lägen. De norska studierna ger dock inget stöd för dessa hypoteser.

Effekter av storskaligt systemskifte från trakthyggesbruk till kontinuitetsskogsbruk

Bo Karlsson, Skogforsk

Den stora blädning- och plockhuggningsepoken som avslutades i och med 1950-talets inträde lämnade stora arealer restskogar med mycket låg produktion. Nya forskningsrön visar att gran i trakthyggesbruk producerar 15–20 % större virkesvolym än granskogar som sköts med blädning (Elfving m.fl. i denna Redogörelse).

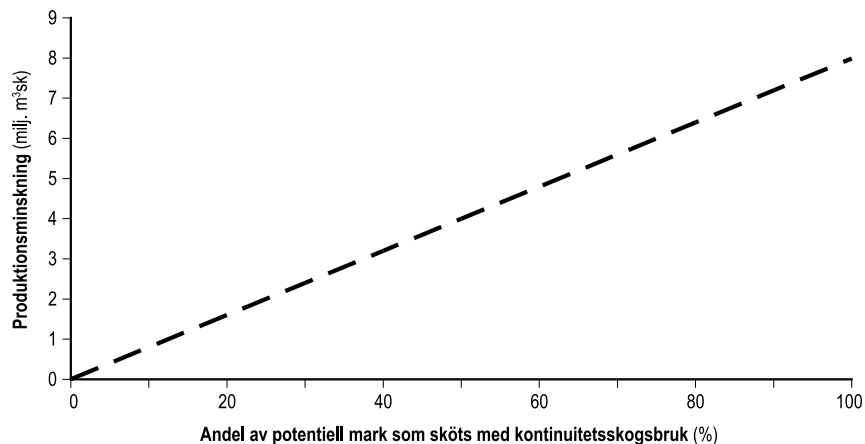
Det finns granbestånd där det är viktigt att bevara skogskontinuiteten av naturvårdsskäl eller andra anledningar. Skogsstyrelsen genomför en omfattande utredning om kontinuitetsskogar som haft en skogskontinuitet på över 300 år (Skogsstyrelsen, 2005).

Analys och resultat

En mer omfattande övergång till kontinuitetsskogsbruk kan få konsekvenser för den långsiktiga virkesförsörjningen. En enkel systemkalkyl har därför utförts för att belysa ett sådant scenario. Förutsättningar för kalkylen redovisas i Tabell 1.

Figur 1 visar hur virkesförrådet av gran påverkas långsiktigt om varierande andelar av den grandominerade skogsmarken blädas i stället för att skötas med trakthyggesbruk. Skattningen gäller vid jämvikt dvs. när dessa skogar är fullskiktade. Innan det stadiet uppnåtts kan förlusten bli betydligt större. Tiden för att nå denna jämvikt är ofta mycket utdragen i tid, om ens möjlig att genomföra (Lundqvist 2005).

Resultatet blir en avsevärd virkesförlust om skogsbrukssystemet för gran ändras. För varje procentenhet mark som konverteras till kontinuitetsskogsbruk görs en produktionsförlust



Figur 1. Produktionsförlust vid varierande andel av lämplig mark som brukas med blädning i stället för trakthyggesbruk. Medeltillväxten på dessa marker antas vara 5,7 m³sk/ha år vid trakthyggesbruk.

Tabell 1. Antagande om potentiell mark för kontinuitetsskogsbruk (blädning) i Sverige. Totalt förutsätts 22,7 miljoner ha produktiv skogsmark i Sverige.

	Andel av skogsmarken ¹ (%)	Potential för kontinuitetsskogsbruk (%)	(milj. ha)
Granskog (>7/10 gran)	27	100	6,1
Barrblandskog (>7/10 barr)	16	50	1,8
Blandskog (4-6/10 löv, resten barr)	8	30	0,5
Summa			8,4

1. Källa: Skogsdata 2004.

av 80 000 m³sk/år. Om 50 % (4,2 milj. ha) av den möjliga arealen skulle skötas med blädning uppgår produktionsförlusterna till 4,0 milj. m³sk årligen d.v.s. lika mycket som förbrukningen i en av våra största massaindustrier. I ett längre tidsperspektiv ökar denna förlust

efterhand som ett allt bättre genetiskt förädlad skogsodlingsmaterial används i konventionellt trakthyggesbruk.

Naturvårdsaspekter på trakthygges- kontra kontinuitetsbruk

Jan Weslien, Skogforsk

Den teoretiska bakgrunden rörande landskapsfragmentering, organismers spridning, abundans och överlevnad är mycket omfattande. Som en grundsten till nästan alla senare teorier finns Mac-Arthurs och Wilsons (1967) klassiska ö-teori. Mycket kortfattat så innebär teorin att stora öar nära fastlandet har många arter medan små öar långt från fastlandet har få arter. Flera senare teorier har försökt utveckla teorin att gälla för "habitatöar" på fastland. Men många av de teorier som har följt ö-teorin går isär och är inte lätta att förena. Särskilt gäller detta neutrala spridningsteorier (t.ex. Bell 2001, Hubbel 2001). Det finns de som säger att växt- och djursamhällen är mer eller mindre slumpmässigt sammansatta och i ständig förändring (en neutral drift av artabundans). Andra nischteorier säger att arter finns där de finns, därför att de är anpassade till sin miljö (för diskussion se McGill 2003, Nee & Stone 2003). Lortie m.fl. (2004) menar att ingetdera av synsätten i renodlad form speglar hur de flesta ekologer tänker idag. Men det har gjorts ett försök att kombinera dessa i en ny modell "integrated community (IC) concept". Huvudsakligen utifrån detta koncept har Appelqvist

(2005) sammanställt en modell som han kallar för "filtermodellen". Den utgår ifrån den regionala artstocken, det som Hubbel kallar för "metasamhället". En långsiktigt artrik lokal måste först och främst vara belägen i ett artrikt landskap. En isolerad eller liten lokal kommer att få en utarmad flora och fauna (spridningsfilter). Den lokala artstocken på en plats vid en tidpunkt beror också på den enskilda lokalens kvalitéer (habitatfilter), arters livshistoria och interaktioner mellan arter (ekologiskt filter) samt slumpmässiga faktorer (stokastiskt filter).

Det som är bra med dessa ekologiska teorier är inte att de förklarar verkligheten särskilt bra (det gör de sällan). Värdet utifrån ett praktiskt perspektiv, är att de hjälper att "hålla ordning" på vilka förutsättningar som måste uppfyllas för att arter ska kunna överleva långsiktigt. Enligt min uppfattning är "filtermodellen" särskilt väl lämpad för detta. Min tolkning är bl.a. att:

- 1 Skogsbruk och naturvård måste till att börja med sikta på att åtminstone kortsiktigt bevara "metasamhället" genom t.ex. avsättningar och anpassad skötsel av lokaler med särskilda naturvärden.
- 2 Skogsbruk och naturvård måste rikta åtgärder mot missgynnade enskilda arter eller artgrupper. Obser-

vera att sådana åtgärder är effektiva endast om omfattningen är så stor att arterna kan överleva långsiktigt i landskapet d.v.s. överleva inom bestånden och sprida sig mellan bestånden. Att avsätta små isolerade lokaler är långsiktigt meningslöst om inte ytterligare åtgärder görs.

Syfte

Med ovanstående kortfattade teoretiska bakgrund kan målet med denna sammanställning formuleras: att bedöma om kontinuitetsskogsbruk kan öka antalet arter som långsiktigt kan överleva i landskapet.

Artperspektivet

Ett sätt att se på hur skogsbruk kan kombineras med artbevarande är att utgå ifrån enskilda arter. I Sverige används ofta rödlistade arters habitatkrav. Enligt Berg m.fl. (1995) som analyserade dåvarande rödlistor (Ahlén & Tjernberg 1991, Anonymus 1991, Ehnström m.fl. 1993) skiljer sig olika artgrupper åt ifråga om tolerans för huggningsingrepp. Tabell 1 sammanfattar deras resultat som visar att gruppen kryptogamer är känsligast. Inom gruppen kryptogamer fanns endast små skillnader i tolerans mellan de ingående organismgrupperna mossor, lavar och svampar. I denna studie analyseras 1 201 rödlistade skogsarter

Tabell 1. Tolerans mot huggningsingrepp för olika grupper av rödlistade arter. Efter Berg m.fl. (1995). Siffror anger procent av arterna inom varje grupp.

	Kryptogamer	Kärlväxter	Ryggradslösa djur	Ryggradsdjur
Tål ej huggning	71	27	35	46
Tål plockhuggning	28	72	60	50
Tål kalhuggning med naturhänsyn	2	22	44	43

(för 286 arter saknades kunskap). Men det finns ca 23 000 skogslevande arter inom dessa artgrupper (Gustafsson & Ahlén 1996). Bland de ej rödlistade arterna finns med säkerhet en större tolerans mot huggningsingrepp. I denna studie gjordes bedömningen huvudsakligen efter hur arterna klarar att leva kvar lokalt och lite eller ingen hänsyn togs till om arterna har förmåga att flytta på sig och etablera sig någon annanstans. Analysen ger dock en fingervisning om vilka organismgrupper som är mest ljus- och/eller uttorkningskänsliga.

Ljus- eller uttorkningskänsliga arter klarar inte att leva kvar på en plats som kalavverkats. För att överleva i ett landskap med trakthyggesbruk måste de därför ha en tillräckligt god spridnings- och etableringsförmåga. Rolstad & Gjerde (2003) analyserade skogslevande organismers spridningsförmåga. Det är en mycket bra studie som sammanfattar nuvarande kunskap och identifierar kunskapsluckor. De fann att arter med dålig spridnings- och etableringsförmåga finns inom följande organismgrupper och skogsmiljöer:

- Fröplantor i ädellövskog och andra rika vegetationstyper.
- Skalbaggas knutna till död ved och ihåliga träd, huvudsakligen i rika lövskogar.
- Epifytiska lavar, d.v.s. lavar som växer på levande träd, finns huvudsakligen inom två grupper. Dessa är hänglavar på gamla barrträd och lunglavssamhället (*Lobarion*) som växer så på lövträd i boreal barrskog, tempererad lövskog och både på barr- och lövträd i kustnära skogar.

- Mossor i fuktiga miljöer. Bland dessa finns uppenbarligen arter som enbart sprider sig vegetativt.

Om man kombinerar Rolstads & Gjerdes studie med studien av Berg m.fl. (1995) så finner man "överlappningar" av dålig tolerans mot huggning och dålig spridningsförmåga inom alla artgrupper utom ryggradsdjur. Mest påtaglig är dock överlappningen för mossor och lavar. Svampar identifieras inte som en grupp med dålig spridningsförmåga av Rolstad & Gjerde, men som en grupp med låg tolerans mot huggning av Berg m.fl. Men det finns tecken på att vissa mykhorrisvampar har dålig etableringsförmåga (Risberg 2003, Nitare m.fl. 2004 och referenser däri).

För de starkast hotade arterna hjälper dock inte anpassningar av skogskötsel utan här krävs speciella avsättningar och/eller lokalt anpassade restaurerings- och skötselplaner. En anledning till detta är att alla (lönsamma) skogsbruksätt är dåliga på att skapa kontinuerlig tillgång på död ved, gamla träd och grova träd i stora mängder (Angelstam 2005).

Störningsperspektivet

Ett annat sätt att kombinera olika skogsbruksätt med artbevarande är att utgå ifrån naturliga störningsregimer (Angelstam 1998, Hunter 1999, Lindenmeyer & Franklin 2002). ASIO modellen (Rülcker m.fl. 1994) är exempel på ett sådant synsätt. Här utgår man inte från enskilda arters habitatkrav utan från antagandet att arter är anpassade till olika störningsregimer. Skogsbruk som efterliknar naturliga störningar skapar också de habitat som naturligt förekommande arter kräver. Trakthyggesbruk efterliknar i viss

mån storskaliga beståndsomvälvande störningar t.ex. brand och storm, där trädsiktet till största delen dör, men är ganska dåligt på att efterlikna oregelbundet förekommande småskaliga störningar inom bestånd (Angelstam 2003).

Trakthyggesbruk medför att flera successionsstadier passeras vilket skapar flera olika habitat med ganska kort varaktighet på samma plats under en omloppstid. Kontinuitetsskogsbruk medför färre, men mer långvariga habitat och har ett relativt konstant växt- och djursamhälle.

Det finns också starka kopplingar mellan organismers spridningsförmåga och varaktigheten på deras habitat (Rolstad & Gjerde 2003, Appelqvist 2005). Arter som utnyttjar korta successioner, t.ex. brandfält, måste ha god spridningsförmåga för att kunna överleva på denna fläckvis och slumpvis uppkommande resurs, medan andra organismer som lever i samma habitat under flera decennier kan invänta att lämpligt habitat uppstår i närheten (t.ex. hänglavar eller hålträdsarter).

Sammanfattningsvis så uppvisar trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk olika, men kompletterande egenskaper som har betydelse för biodiversiteten i landskapet (Tabell 2).

Naturhänsyn i kontinuitetsskogsbruk

För att kontinuitetsskogsbruk ska vara ett bra komplement till trakthyggesbruk måste omfattningen vara så stor att de gynnade arterna kan överleva långsiktigt inom bestånden och sprida sig mellan dessa. Var denna kritiska gräns går är okänt. Sannolikheten för att arter ska kunna överleva långsiktigt ökar troligen om bestånd med konti-

Tabell 2. Skillnader mellan trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk. Plus anger bra tillgodoseende, minus anger dåligt tillgodoseende av variabeln ifråga för resp. skogsbrukssätt.

	Storskaliga störningar	Småskaliga störningar	Många kortvariga habitat	Få långvariga habitat
Trakthyggesbruk	+	-	+	-
Kontinuitetsskogsbruk	-	+	-	+

nuitetsskogsbruk planeras att ingå i s.k. stabila nätverk tillsammans med nyckelbiotoper och andra avsatta bestånd samt kant- och förstärkningszoner.

Det är inte alldeles lätt att översätta certifieringskrav från trakthyggesbruk till kontinuitetsskogsbruk och sannolikt är det heller inte biologiskt optimalt. Exempelvis så lämnar man, vid trakthyggesbruk mycket stående död ved (högstubbar och torrträd). Detta är exempel på relativt kortvariga habitat som i huvudsak utnyttjas av organismer med god spridningsförmåga (insekter, svampar). Det vore förmodligen bättre att kraftsamla naturvårdsåtgärder till habitat som trakthyggesbruket är dåligt på att leverera, förslagsvis

en kontinuerlig förekomst av gamla träd (viktigt för hänglavar) och grova lågor (förstörs ofta vid slutavverkning och markberedning). Sannolikt krävs mer omfattande artgruppspecifika analyser av vilka naturhänsyn som krävs i bestånd med kontinuitetsskogsbruk.

Slutsatser

Många arter med dålig ljus-/uttorkningstolerans och dålig spridningsförmåga är idag hotade och alternativet till trakthyggesbruk har hittills varit avsättning av skogsbestånd med förekomst av någon sådan art. Här kan kontinuitetsskogsbruk fylla en funktion. Kontinuitetsskogsbruk som komplement till trakthyggesbruk och

till avsättningar av bestånd med höga naturvärden är alltså positivt för den biologiska mångfalden. Det är sannolikt viktigt att utforma särskilda åtgärder för naturhänsyn i kontinuitetsskogsbruk som framförallt säkerställer långvariga habitat t.ex. kontinuerlig förekomst av gamla levande träd. Omfattningen av ett sådant skogsbruk måste dock vara så stor och ha en rumslig fördelning i landskapet, så att den möjliggör en långsiktig överlevnad av aktuella arter på landskapsnivå. Sannolikt bör man planera den rumsliga fördelningen av bestånd med kontinuitetsskogsbruk, så att de ingår i s.k. stabila nätverk.

Kväveutlakning vid olika grader av avverkningsuttag med koppling till kontinuitetsskogsbruk

Eva Ring, Skogforsk

Kväveutlakningen från svensk skogsmark är generellt sett låg jämfört med utlakningen från jordbruksmark. Utlakningen från skogsbevuxen mark är i storleksordningen 0,5–5 kg totalkväve per hektar och år, varav mindre än ca 1 kg utgörs av oorganiskt kväve, d.v.s. nitrat och ammonium (Löfgren & Olsson 1990, Nohrstedt 1993).

Bakgrund

En ökad kväveutlakning strider mot flera av de nationella miljömålen och kan medföra att vattenkvaliteten försämras och eutrofieringen och försurningen ökar. Åtgärder eller processer som medför att nitrifikationen ökar är oftast negativa för mark och vatten. En ökad produktion och utlakning av nitrat medför ofta att pH-värdet sjunker och utlakningen av baskatjoner och aluminium ökar. Även tungmetaller, exempelvis kadmium vars löslighet är pH-beroende kan öka. Eftersom kvävet spelar en viktig roll i våra ekosystem ligger fokus i denna sammanställning på effekterna på kväve.

Effekter av skogsbruksåtgärder, såsom avverkning, har studerats i inströmningsområden (markvatten) och i avrinningsområden. De flesta markvattenstudier visar utlakningen från rotzonen till grundvattnet, eller halten i markvattnet under rotzonen, medan studier i avrinningsområden visar transporten via vatten till andra ekosystem. Man bör vara försiktig med att göra direkta jämförelser av utlakning som bestäms i markvattenstudier respektive avrinningsområden. Vissa variabler exempelvis organiskt kväve kan

påverkas genom att slutavverkningen påverkar de hydrologiska förhållandena i anslutning till vattendragen. Sådana effekter syns inte i markvattenundersökningar eftersom dessa sker främst i inströmningsområden.

Kväveutlakning från kalhyggen

Det är välkänt att slutavverkning, med vissa undantag, ökar utlakningen av kväve under ett antal år (Ring 2001). Under svenska förhållanden har endast öknings av kväveutlakningen uppmätts eller beräknats (Grip 1982, Wiklander 1983, Wiklander m.fl. 1991, Ring 1996, Rosén m.fl. 1996, Berdén m.fl. 1997, Örlander m.fl. 1997, Ring m.fl. 2001 & 2003, Akselsson m.fl. 2004). Ovan nämnda studier representerar både markvattenstudier och mätningar i avrinningsområden.

Då helträdsuttag jämförts med konventionell slutavverkning har man observerat lägre nitrathalter i markvattnet vid helträdsuttag (Ring m.fl. 2001, Staaf & Olsson 1994). Det finns få studier över hur utlakningen påverkats. Om vattenflödet är högre genom mark, där det inte ligger några avverkningsrester, motverkar detta effekten av de lägre nitrathalterna. Örlander m.fl. (1997) beräknade utlakningen av oorganiskt kväve från rotzonen under sju år på två sydsvenska hyggen med och utan riståkt. I det ena fallet var utlakningen 228 kg N/ha med riset borttaget och 264 kg N/ha med riset kvarlämnat. På det andra hygget var motsvarande siffror 20 resp. 35 kg N/ha.

Kväveutlakning i skärmställningar och luckor

För att belysa möjliga effekter av kon-

tinuitetsskogsbruk har jag tagit med studier som visar effekter av skärmställning och olika stora luckor i beståndet, s.k. ”gaps” eller ”openings”. Eventuella skillnader till följd av trädslag är svåra att bedöma, men de största effekterna erhålls troligtvis mellan lövhållande och lövfällande trädslag, exempelvis mellan gran/tall- och björkskog. Även klimatet spelar troligtvis en viktig roll, dels för skillnaderna mellan olika trädslag och dels för funktionen under olika årstider. Man måste även beakta att det är ett dynamiskt system som man studerar. Effekterna varierar över tiden.

En svensk studie visar att talldominerade skärmar på frisk mark kan minska kväveläckaget under vegetationsperioden under de första åren efter att skärmen lämnats jämfört med kalavverkning (Nilsson m.fl. 2000). Vad som händer när skärmen avvecklas är inte klarlagt. Förutom att halterna var lägre i skärmarna än på hyggena torde även vattenflödet i marken under skärmen ha varit lägre än på hyggena p.g.a. högre evapotranspiration. Vad som händer under vinterperioden är dock inte klarlagt. Mätningarna gjordes under vår/försommar och hösten. Under vintern är det risk för ett högre läckage från skärmarna eftersom depositionen kan ha varit högre i skärmarna än på hygget. Vattenflödet i skärmarna bör dock ha varit mindre även under vintern. Vilken effekt som en skärm i ett utströmningsområde eller på fuktigare mark ger, har vi begränsade kunskaper om. En studie av gran-skärmar på torvmark i Uppland och Dalarna redovisar inga större skillnader i vattenkemi mellan kalavverkad mark

Tabell 1. Sammanfattning av effekter på kväve från studier av olika avverkningsmetoder. "År" anger vilka år efter avverkning som studien omfattar. "es" betyder ej signifikant skilljd ifrån.

Land	Trädslag	Undersökt variabel	År	Effekt	Referens
Sverige	tall	Halt NH_4^+ och NO_3^- i markvatten (50 cm)	ca 2–5	skärm < hygge	Nilsson m.fl. (2000)
Sverige	gran	N i avrinnande vatten (halt + utlakning)	1–4	Oftast små skillnader mellan skärm och hygge	Lundin (1999)
Tyskland	gran och bok	NO_3^- -halt i markvatten (40-100 cm)	1–5	småskalig avverkning < hygge	Rothe & Mellert (2004)
Tyskland	gran med bokföryngring	NO_3^- -halt i markvatten (40 cm)	1	20–30% av grundytan avverkad och bok planterad < hygge	Weis m.fl. (2001)
British Columbia, Kanada	douglas-gran	Halt oorganiskt N i organiska skiktet	3,5	50 % minskning av kron-taket es hygge	Hope m.fl. (2003)
		mineraljord		50 % minskning av kron-taket > hygge	
British Columbia, Kanada	<i>Tsuga heterophylla</i> & <i>Abies amabilis</i>	N-mineralisering i org. skiktet och mineraljord	1-2	skärm (70% av grund-ytan avverkad) es hygge	Prescott (1997)
		NO_3^- -utlakning i markvatten (30 cm)	1–3	För enbart NO_3^- i org. skiktet: skärm < hygge skärm es hygge	Feller m.fl. (2000)
British Columbia, Kanada	engelmann- och klippgran	NO_3^- halter i marken	1–7	skörd av enstaka träd < skörd av samma andel träd i form av en lucka	Prescott m.fl. (2003)
Washington, USA	douglas-gran	N-mineralisering och nitrifikation	*	partiell avverkning es kalaverkning	Barg & Edmonds (1999)

* Behandlingarna gjordes 2–5 år innan mätningarna påbörjades. Mätperioden var drygt 1 år.

och skärmar under de första tre-fyra åren (Lundin 1999). Jämfört med skogen så var utlakningen alltid högre från skärmen beroende på det högre vattenflödet. Lundin (1999) nämner skärmträdens höga ålder, försämrad

trädvitalitet till följd av ökad grundvattennivå och den korta mätperioden som möjliga förklaringar till att avrinningen från skärmen och hygget inte skiljde sig nämnvärt.

I en tysk studie av 12 granbestånd

fann man ett positivt linjärt samband mellan nitrathalten i markvattnet under rotzonen (ett medelvärde) och det procentuella uttaget av beståndet som gjorts under de föregående fem åren ($r^2=0,69$) (Rothe & Mellert

2004). I samma bestånd fann man ett negativt samband mellan nitrathalten och markvegetationens täckningsgrad. Det finns många exempel som visar att markvegetationens utveckling efter slutavverkning påverkar nitratutlakningen (se sammanställning av Ring 2001). Ett snabbt och stort uppslag av hyggesvegetation efter avverkning kan markant minska nitratutlakningen. Hur en skärmställning påverkar markvegetationen är därför av stort intresse och kan förklara eventuella skillnader mot kalhyggen. I en studie från södra Sverige fann Karlsson och Nilsson (2005) att grästäckets under talldominerade skärmar var mindre än på kalhyggena, men fåltskiktetsvegetationens totala täckningsgrad var inte signifikant olika. I snitt hade 60 % av den stående volymen skördats i skärmarna. I denna studie mättes inte kvävehalter eller utlakning.

I Tabell 1 ges en förenklad sammanfattning av resultaten från ett antal studier som har anknytning till kontinuitetsskogsbruk. Ofta sågs tendenser till effekter, men den stora rumsliga variationen gjorde att effekterna inte kunde bekräftas statistiskt. Sammanställningen visar att effekterna varierar.

Diskussion

Den kvantitativa betydelsen av enskilda processer i ett skogsekosystems kväveomsättning varierar vid

olika skörduttag. Dessa processer är exempelvis trädens och markvegetationens kväveupptag, nitrifikation, kväveminerisering och deposition. Ett slutavverkningsbart bestånd representerar skörduttaget noll och ett kalhygge representerar 100 % uttag. Hur kväveutlakningen påverkas vid olika skörduttag styrs troligen av olika processer vid olika skörduttag. Ökad avrinning och minskat kväveupptag i träden är viktiga processer som leder till ökad kväveutlakning vid slutavverkning, d.v.s. vid 100 % uttag, medan kväveupptaget i träden i det gamla beståndet sannolikt har stor betydelse för kväveutlakningen. Hur kväveutlakningen styrs vid skörduttag mellan 0 och 100 % vet vi inte så mycket om, men någonstans finns det uppenbarligen en brytpunkt då kväveutlakningen ökar. Resonemanget ovan bygger på ett jämnt fördelat uttag i beståndet areellt sett. Troligen kan avståndet mellan träden eller luckans ha betydelse för effekterna (cf Hope m.fl., 2003). Om kontinuitetsskogsbruk medför att avrinningsökningen blir mindre än vid trakthyggesbruk, kan kväveutlakning till följd av yttlig avrinning i förstorade utströmningsområden minska med kontinuitetsskogsbruk.

Slutsatser

Det är möjligt att kontinuitetsskogsbruk med gran kan ge lägre kväveut-

lakning och därtill kopplade effekter på vissa marker än trakthyggesbruk, men kunskapsunderlaget är magert och motsägelsefullt. En förutsättning för minskad utlakning är sannolikt att man har ett vitalt rotsystem som täcker en stor del av marken. Teoretiskt sett kan detta utgöras av träd såväl som hyggesvegetation. Hur många träd per hektar som krävs på olika marker kan inte besvaras idag. Exakt vilken roll träden spelar är heller inte klarlagt. Slutligen finns det en risk för att den ökade körning, som ett kontinuitetsskogsbruk förväntas innebära, ger oönskade miljöeffekter. Vilka effekter kan jag dock inte bedöma.

Effekter av och på vilt – trakthyggesbruk jämfört med kontinuitetsskogsbruk för gran

Roger Bergström, Skogforsk

Vad kan en partiell övergång till kontinuitetsskogsbruk betyda för några viltarter, främst hjortdjur och hur påverkas risken för skogsskador. Dessa frågor kan dels betraktas för områden med ändrat skogsbruk och dels för omgivande områden.

Bakgrund

Skogsviltet påverkas starkt av det skogsbruk som tillämpas i Sverige. Tillgången på mat och skydd är beroende av en rad faktorer. Sätt att slutavverka, ungskogsarealer, trädslagsval vid föröngning, röjning och skogarnas slutenhet torde vara sådana faktorer.

Trakthyggesbruket har bidragit till att skapa nära optimala förhållanden för vårt viktigaste viltslag, älgen (Cederlund & Bergström 1996). Denna art, liksom rådjuret, är anpassade till skogens tidiga utvecklingsstadier och kan snabbt tillgodogöra sig de resurser som ställs till förfogande efter kalavverkning (Liberg & Wahlström 1995). Bra sommar- och vinterföda, i form av örter och vedartade växter, finns ofta i riklig mängd i plant- och ungskogar (Cederlund & Bergström 1996). Samtidigt är dagens avverkningsytor av den storleken att det för dessa rörliga djur alltid finns nära tillgång till skydd mot opassande väder och mot rovdjur. Räknet per arealenhet så är fodertillgången på träd och buskar i ungskogar 5–10 gånger så hög som den i äldre skogar (Bergström m.fl. 2005). Men samtidigt är arealen övrig skog betydligt större än ungskogsarealen så fodertillgång i de äldre skogarna kan inte negligeras, speciellt inte om man beaktar vissa viktiga

födoväxter i fältskiktet, t.ex. ljung och bärris. Vinterutnyttjandet, mätt som antal spillningshögar per ytenhet, är också 5–10 gånger så hög i ungskogar som i äldre skogar (Bergström opubl.).

När skogen växer upp och blir högre än 4–5 m avtar tillgången på föda på enskilda träd och buskar (Kalén 2004, Bergström m.fl. 2005). Ett mer slutet krontak minskar också utvecklingen av buskskikt. Bärriset, en annan viktig resurs för älg och rådjur (Cederlund m.fl. 1980), tilltar dock, i alla fall på vissa marker. Här intar dock äldre granskogar med tätt kronskikt en särställning då de nästan helt kan sakna fält- och buskskikt.

De övriga två hjortdjursarterna, kron- och dovhjort, är inte på samma sätt kopplade till skogens tidiga utvecklingsstadier utan utnyttjar i större utsträckning föda från äldre skogar och andra mer eller mindre stabila miljöer (Lavsund 1976, Liberg & Wahlström 1995).

Effekter på viltet

Trots att inga studier finns tillgängliga på kontinuitetsskogsbrukets effekter på foderproduktion kan vi med stöd av ovanstående dra slutsatsen, att en övergång mot kontinuitetsskogsbruk skulle påverka fodersituationen negativt för älg och rådjur på de områden där sådan skötsel tillämpas. Ett kontinuerligt mer slutet krontak skulle ge mindre produktion av både sommar- och vinterföda, möjligen med undantag av bärrisproduktion. Utvecklingen av den sistnämnda födoresursen blir starkt avhängig av kontinuitetsskogarnas slutenhet. Värdet av denna resurs kan också variera över landet, då snö starkt kan påverka åtkomligheten för älg och

rådjur som båda är dåliga grävare i snö. Då man i blädningsskogsbruk eftersträvar hög slutenhet (Lundqvist 2005) kommer inväxning av lövträd, som ofta är begärliga för de stora växtätarna, att bli måttlig. Dessutom kommer troligen sådana självföryngrade lövträd att ha en dålig tillväxt med påföljande låg smaklighet för växtätarna (Danell m.fl. 1985; Hiekkilä 1991). En minskning av ungskogsarealer, genom övergång mot alltmer kontinuitetsskogsbruk, skulle därför framför allt drabba älgar och rådjur, medan kron- och dovhjort förmodligen påverkas i mindre utsträckning.

Skogsskador

Skaderisken i flerskiktade skogar skulle troligen bli måttlig, då det visat sig att betet på plantor och ungträd av gran är normalt svag, inte minst på självföryngrade plantor (Bergström 1998). Av älg och kronhjort orsakade barknag på gran kan lokalt vara ett svårt problem. Kunskapen är dock för bristfällig för att prognostisera eventuella förändringar av barknagfrekvensen i kontinuitetsskogar jämfört med i skogar föryngrade genom trakthyggesbruk.

Vid en given älg- eller rådjurstäthet skulle en övergång till kontinuitetsskogar medföra högre betestryck i omkringliggande befintliga plant- eller ungskogar, med påföljande ökad risk för skador på ekonomiskt intressanta trädslag. Hur stor den riskökningen blir, är naturligtvis beroende på omfattningen av ändrat skogsbruk.

Referenser

- Ahlén, I. & Tjernberg, M. 1992. Artfakta. Sveriges hotade och sällsynta vertebrater 1992. Databanken för hotade arter, Uppsala.
- Akselsson, C., Westling, O., & Örlander, G. 2004. Regional mapping of nitrogen leaching from clearcuts in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 202: 235–243.
- Andreassen, K. & Öyen, B.-H. 2002. Economic consequences of three silvicultural methods in uneven-aged mature coastal spruce forests of central Norway. *Forestry* 75(4): 483–488.
- Andreassen, K. 1994. Utvikling og produksjon i bledningsskog. *Medd. Skogforsk* 47(5): 1–37.
- Angelstam, P. 2003. Reconciling the linkages of land management with natural disturbance regimes to maintain forest biodiversity in Europe. In: Bissonette, J. A. and Storch, I. (eds). *Landscape ecology and resource management: linking theory with practice*. Island Press, Covelo CA and Washington, D.C., pp. 193–226.
- Angelstam, P. 2005. Sustainability of forests and woodlands: the need to match ecological and management dimensions at the landscape level. *Visnyk Lviv University, Ser. Geogr.* 32: 5–21.
- Anonymus 1991. Databanken för hotade arter & Naturvårdsverket. Hotade växter i Sverige 1990. SBT, Lund.
- Anonymus. 2001. Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitikens effekter – SUS 2001. Meddelande 2002:01.
- Appelqvist, T. 2005. Naturvårdsbiologisk forskning. Underlag för områdesskydd i landskapet. Rapport nr. 5452 Naturvårdsverket, 154 s.
- Barg, A.K., & Edmonds, R.L. 1999. Influence of partial cutting on site microclimate, soil nitrogen dynamics, and microbial biomass in Douglas-fir stands in western Washington. *Can J Forest Res* 29: 705–713.
- Bell, G. 2001. Neutral macroecology, *Science* 293: 2413–2417.
- Berdén, M., Nilsson, S.I., & Nyman, P. 1997. Ion leaching before and after clear-cutting in a Norway spruce stand – effects of long-term application of ammonium nitrate and superphosphate. *Water Air Soil Pollut* 93: 1–26.
- Berg, Å., Ehnström, B., Gustafsson, L., Hallingbäck, T., Jonsell, M. & Weslien, J. 1995. Threat factors, distribution and habitat associations in relation to threat levels of red-listed species in Swedish forests. *Conservation biology* 9: 1629–1633.
- Bergquist, J., Ekö, P. M., Elfving, B., Johansson, U. & Thuresson, T. 2005. Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort. Rapport 19. Skogsstyrelsen.
- Bergström, R., Danell, K., Edenius, L. & Persson, I.-L. 2005. Älgfoder – tillgång och utnyttjande. – Resultat från Skogforsk Nr. 3, 2005
- Brunberg, T. 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. Skogforsk. Redogörelse nr 8 1997.
- Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Skogforsk. Redogörelse nr 3 2004.
- Cederlund, G., and R. Bergström. 1996. Trends in the moose-forest system in Fennoscandia - with special reference to Sweden. - In: *Conservation of faunal diversity in forested landscapes*. Chapman and Hall, USA. pp265–281.
- Cederlund, G., Ljungqvist, H., Markgren, G. & Stålfelt, F. 1980 Foods of moose and roe-deer at Grimsö in central Sweden. Results of rumen content analyses. – *Swedish Wildlife Research* 11(4):169–247.
- Chrimes, D. & Lundqvist, L. 2004. Simulated volume increment of managed uneven-aged *Picea abies* stands in central Sweden. *Silvestria* 304 (doktorsavhandling).
- Danell, K., K. Huss-Danell, and R. Bergström. 1985. Interactions between browsing moose and two species of birch in Sweden. - *Ecology* 66 (6): 1867–1878.
- Ehnström, B. Gärdenfors, U. & Lindelöw, Å. 1993. Rödlistade evertrebrater i Sverige 1993. Databanken för hotade arter, Uppsala.
- Ekelund, H. & Hamilton, G. 2001. Skogspolitisk historia. Rapport 8A. Skogsstyrelsen.
- Ekö, P. M. 1985. En produktionsmodell för skogs i Sverige, baserad på bestånd från riksskogstaxeringens provytor. SLU, Institutionen för skogskötsel, Rapport nr 16. Umeå.

- Elfving, B. & Nysröm, K. 1996. Yield capacity of planted *Picea abies* in Northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 11: 38–49.
- Feller, M.C., Lehmann, R., & Olanski, P. 2000. Influence of forest harvesting intensity on nutrient leaching through soil in southwestern British Columbia. *Journal of Sustainable Forestry* 10: 241–247.
- Fjeld, D. & Granhus, A. 1998. Injuries after selection harvesting in multi-stored spruce stands. *J. For. Engeneering* 9(2): 33–40.
- Granhus, A. & Fjeld, D. 2001. Spatial distribution of injuries to Norway spruce advance growth after selection harvesting. *Can. J. For. Res.* 31: 1903–1913.
- Grip, H. 1982. Water chemistry and runoff in forest streams at Kloten. Water chemistry and runoff in forest streams at Kloten. Department of Physical Geography, Uppsala University, UNGI Report nr 58, 144 s.
- Gustafsson, L. & Ahlén, I. 1996. Geography of plants and animals. National atlas of Sweden. SNA publishing Stockholm, 160 s.
- Hagner, M. 2004. Naturkultur – Ekonomiskt skogsbruk kännetecknat av befriande gallring och berikande plantering. Mats Hagners bokförlag, Umeå.
- Hanewinkel, M. 2002. Comparative economic investigations of even-aged and uneven-aged silvicultural systems: a critical analysis of different methods. *Forestry* 75(4): 473–481.
- Hope, G.D., Prescott, C.E. & Blevins, L.L. 2003. Responses of available soil nitrogen and litter decomposition to openings of different sizes in dry interior Douglas-fir forests in British Columbia. *Forest Ecology and Management* 186: 33–46.
- <http://pm.knows.it/> Adress till kalkylprogram
- Hubbel, S. P. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ, US. 374 s.
- Huggard, D. J., Klenner, W. & Vyse, A. 1999. Windthrow following four harvest treatments in an Engelmann spruce – subalpine fir forest in southern interior British Columbia, Canada. *Can. J. For. Res.* 29: 1547–1556.
- Hunter, M.L. (ed.) Maintaining biodiversity in forest ecosystems. Cambridge University Press.
- Hånell, B. & Ottosson-Lövenius, M. 1994. Windthrow after shelterwood cutting in *Picea abies* peatland forests. *Scand. J. For. Res.* 9: 261–269.
- Kalén, C & Bergquist, J. 2004. Forage availability for moose of young silver birch and Scots pine. *Forest Ecology and management* 187: 149–158.
- Karlsson, M. & Nilsson, U. 2005. The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 205: 183–197.
- Larsen, B. 2005. Naturnaer skovdrift. *Dansk Skovbrugs Tidsskrift* 1–2. 400 s.
- Lavsund, S. 1976. Kronhjortens, *Cervus elaphus* L., ekologi i områden med nyetablerade populationer i Syd- och Mellansverige. – Institutionen för skogszoologi, Rapporter och uppsatser Nr 25.
- Lexeröd, N. 2004. Er prognosene for naturkultur realistiske? Samsvarer de med norske erfaringer og forskningsresultater? I: Woxholt, S. (red.): Kontaktkonferanse for skogbruk og skogforskning. *Aktuellt fra skogforskningen* 7/04: 10–14.
- Liberg, O. & Wahlström, K. 1995. Habitat stability and litter size in the Cervidae; a comparative analysis. – I: Wahlström, K. 1995. Natal dispersal in roe deer – an evolutionary perspective. *Dokt-avh. Zoologiska institutionen, Stockholms universitet.*
- Lindenmeyer, D.B. & Franklin, J.F. 2002. Conserving forest diversity. A comprehensive multiscaled approach. Island Press, Washington, Covelo, London. 351 s.
- Lortie J., Brooker, R.W., Choler, P. Kikvidze, Z. Michalet, R., Pugnaire, F.J. & Callaway, R.M. 2004. Rethinking plant community theory. *Oikos* 107: 433–438.
- Lundin, L. 1999. Effects on hydrology and surface water chemistry of regeneration cuttings in peatland forests. *International Peat Journal* 9: 118–126.
- Lundkvist, L. 2005. Blädnings-skogsbruk. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 61. SLU. Umeå.
- Lundkvist, L. 1989. Blädning i granskog. SLU, institutionen för skogsskötsel. Doktorsavhandling.

- Lundqvist, L., Chrimes, D., Elfving, B. Mörling, T. & Valinger, E. 2006. Stand development in partially harvested uneven-aged *Picea abies* forests in boreal Sweden. Manuskript under publicering.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksala, T. 2002. Development of Norway spruce dominated stands after single-tree selection and low thinning. *Can. J. For. Res.* 32: 1577–1584.
- Löfgren, S., & Olsson, H. 1990. Tillförsel av kväve och fosfor till vattendrag i Sveriges inland. Underlagsrapport till Hav-90, Aktionsprogram mot havsföroreningar. Naturvårdsverket Rapport nr 3692, 100 s.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press. Princeton.
- McGill, B.J. 2003. A test of the unified neutral theory of biodiversity. *Nature* 422: 881–885.
- Nee, S. & Stone, G. 2003 The end of the beginning for neutral theory. *Trends Ecol. & Evol.* 18: 433–434.
- Nilsen, P. & Öyen, B-H. 2004. 30 års erfaring med fjellskogshogst – forsvarlig produksjon uten traer? I: Woxholt, S. (red.): Kontaktkonferanse for skogbruk og skogforskning. Aktuellt fra skogforskningen 7/04: 15–18.
- Nilsson, U., Örlander, G. & Karlsson, M. 2000. Naturlig föryngring av tall och anläggning av blandskog – Försöksbeskrivning, – Preliminär redovisning av resultat. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Arbetsrapport 23, 18 s.
- Nitare, J. Ringagård, J., Sollander, E., Svensson, S.A., Thuresson, T. & Wallin, B. 2004. Kontinuitetsskogar – en förstudie. Medd. 1/2004, Skogstyrelsen, Jönköping.
- Nohrstedt, H.-Ö. 1993. Den svenska skogens kvävestatus. Skogforsk Redogörelse nr 8, 40 s.
- Pommerening, A. & Murphy, S.T. 2004. A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention afforestation and restocking. *Forestry*, Vol.77:1.
- Prescott, C.E. 1997. Effects of clearcutting and alternative silvicultural systems on rates of decomposition and nitrogen mineralization in a coastal montane coniferous forest. *Forest Ecology and Management* 95: 253–260.
- Prescott, C.E., Hope, G.D., & Blevins, L.L. 2003. Effect of gap size on litter decomposition and soil nitrate concentrations in a high-elevation spruce-fir forest. *Can J Forest Res* 33: 2210–2220.
- Ring, E. 1996. Effects of previous N fertilizations on soil-water pH and N concentrations after clear-felling and soil scarification at a *Pinus sylvestris* site. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11: 7–16.
- Ring, E. 2001. Nitrogen in soil water at five nitrogen-enriched forest sites in Sweden. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Agraria* 267: 36 s.
- Ring, E., Bergholm, J., Olsson, B.A., & Jansson, G. 2003. Urea fertilizations of a Norway spruce stand: effects on nitrogen in soil water and field-layer vegetation after final felling. *Can J Forest Res* 33: 375–384.
- Ring, E., Högbom, L., & Nohrstedt, H.-Ö. 2001. Effects of brush removal after clear felling on soil and soil-solution chemistry and field-layer biomass in an experimental nitrogen gradient. In Optimizing nitrogen management in food and energy production and environmental protection: Proceedings of the 2nd International Nitrogen Conference on Science and Policy. Anonymous, TheScientificWorld, 1(S2): 457–466.
- Risberg, L. 2003. Goliatmusseronen (*Tricholoma matsutake*) – kräver den en kontinuitet av träd? Examensarbete, Inst. f skoglig mykologi och patologi, SLU, Uppsala, 31 s.
- Rolstad, J. & Gjerde, I. 2003. Skoglevende organismers spredningsevne – en litteraturgjennomgang. Aktuellt fra Skogforsk 1/2003, 40 s.
- Rosén, K., Aronson, J.-A., & Eriksson, H.M. 1996. Effects of clear-cutting on streamwater quality in forest catchments in central Sweden. *Forest Ecology and Management* 83: 237–244.
- Rothe, A., & Mellert, K.H. 2004. Effects of forest management on nitrate concentrations in seepage water of forests in southern Bavaria, Germany. *Water Air Soil Pollut* 156: 337–355.
- Rülcker, C., Angelstam, P. & Rosenberg, P. 1994. Natural forest fire dynamics can guide conservation and silviculture in boreal forests. *Results* 2/2004, Skogforsk.
- Schütz, J-P. 2001. Opportunities and strategies of transforming regular forests

- to irregular forests. *For. Ecol. Manage.* 151: 87–94.
- Sikström, U. 1997. Avgång i skärmen och plantetablering vid föryngring av gran under högskärm. Skogforsk, Arbetsrapport nr 369.
- Sikström, U. & Pettersson, F. 2005. Föryngring av gran under högskärm. Skogforsk, Arbetsrapport nr 589.
- Skogsdata 1988, 2003. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik.
- Skogsdata. 2004. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från riksskogstaxeringen. Tema: Föryngringar. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. SLU. Umeå.
- Skogsstyrelsen 2001. Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitikkens effekter – SUS 2001. Meddelande 2002:01.
- Skogsstyrelsen 2003. Skogsstatistisk årsbok. Skogsstyrelsen.
- Skogsstyrelsen 2004. Kontinuitetsskogar – en förstudie. Meddelande 2004:01.
- Skogsstyrelsen. 2005. Direktiv för projektet "kontinuitetsskogar och kontinuitetsskogsbruk". Direktiv, Diarienumr. 417/03 3.39. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Skov- og Naturstyrelsen, 2005. Handlingsplan for naturnær skovdrift i stats-skovene Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen. ISBN: 87-7279-602-2.
- Staafl, H., & Olsson, B.A. 1994. Effects of slash removal and stump harvesting on soil water chemistry in a clearcutting in SW Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 305–310.
- Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. 2005. Modelling root rot incidence in Sweden using tree, site and stand variables. *Scand. J. For. Res.* 20: 165–176.
- Weis, W., Huber, C., & Göttlein, A. 2001. Regeneration of mature Norway spruce stands: early effects of selective cutting and clear cutting on seepage water quality and soil fertility. *TheScientificWorld* 1: 493–499.
- Wiklander, G. 1983. Loss of nitrogen by leaching from fertile forest soils in southern Sweden (In Swedish with English summary). *Journal of the Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry* 122: 311–317.
- Wiklander, G., Nordlander, G., & Andersson, R. 1991. Leaching of nitrogen from a forest catchment at Söderåsen in southern Sweden. *Water Air Soil Pollut* 55: 263–282.
- Wikström, P. 2000. A solution method for uneven-aged management applied to Norway spruce. *For. Sci.* 46(3): 452–463.
- www.svo.se/fakta/stat/
- Zingg, A., Erni, V. & Mohr, C. 1997. Selection forests – a concept for sustainable use: 90 years of experience of growth and yield research in selection forestry in Switzerland. *Proceedings from an IUFRO meeting in sept.-97 in Corvallis, Oregon USA*, s. 415–435.
- Örlander, G., Langvall, O., Petersson, P., & Westling, O. 1997. Arealförkluster av näringsämnen efter riståkt och markberedning på sydsvenska hyggen. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, Swedish University of Agricultural Sciences, Arbetsrapport nr 15, 15 s.

TIDIGARE REDOGÖRELSE FRÅN SKOGFORSK

2001

- Nr 2 von Hofsten, H., Petersson, M. & Örlander, G.: Mekaniska snytbaggesskydd – påverkan på rot- och skottutveckling hos gran.
- Nr 3 Högborg, K.-A. & Jansson, G.: Odlingstester av tallfröplantager i södra Sverige.
- Nr 4 Pettersson, F.: Effekter av olika röjningsåtgärder på beståndsutvecklingen i tallskog.

2002

- Nr 1 Norin, K.: Upphandling och försäljning av entreprenadtjänster i skogsbruket – en diskussion om affärskoncept som stöder drivningssystemens utveckling.
- Nr 2 Möller, J. J., Sondell, J., Lundgren, C., Nylinder, M. & Warensjö, M.: Bättre diametermätning i skog och industri.
- Nr 3 Hallonborg, U. & Granlund, P.: Virkesbehandling med engreppsskördare.
- Nr 4 Gyllemark, M.: Provenienser av svartgran (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) i södra och mellersta Sverige.
- Nr 5 Glöde, D. & Strömmer P.-G.: Norrskogsgallring – utveckling, förankring och implementering av ett gallringskoncept.
- Nr 6 Högbom, L. & Jacobson, S.: Kväve 2002 – en konsekvensbeskrivning av skogsgödsling i Sverige.
- Nr 7 Möller, J. J., Sondell, J. & Arlinger, J.: Virkesvärdestest 2001 – Apteringsfrågor.

2003

- Nr 1 Hallonborg, U.: Maskinsågkedjor i praktisk drift.
- Nr 2 Aulén, G. & Gustafsson, L.: Skogliga naturvärdesregioner för södra Sverige.
- Nr 3 Pettersson, F.: Effekter på beståndsutvecklingen och ekonomin av olika förstagallringsåtgärder i tallskog – Redovisning av försöksresultat och synpunkter på dagens röjnings- och gallringsverksamhet.
- Nr 4 Glöde, D. & Bergkvist, I.: 30 år med maskinell röjning – summering av utförd FoU och analys av framtida potential.

2004

- Nr 1 Utvecklingskonferens 2004.
- Nr 2 Werner, M. & Heurlin Karlsson, L.: Skånska strövområden – vistelse, preferenser och värderingar.
- Nr 3 Brunberg, T.: Underlag till produktionsnormer för skotare.
- Nr 4 Rytter, L.: Produktpotential hos asp, björk och al.
- Nr 5 Kroon, J. & Rosvall, O.: Optimal produktion vid nordförflyttning av gran i norra Sverige.

2006

- Nr 1 Kroon, J. & Rosvall, O.: Förflyttningseffekter hos vit- och svartgran i norra Sverige
- Nr 2 Skogforsk: Utvecklingskonferens 2006, dokumentation.
- Nr 3 Granlund, P.: CTI på virkesfordon.
- Nr 4 Karlsson, B.: Trakthyggesbruk med gran och självföryngrad björk, en jämförande studie
- Nr 5 Karlsson, B.: Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk med gran, en jämförande studie

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk
på ekologisk grund. Vår verksamhet består av tillämpad FoU,
uppdrag och kommunikation av ny kunskap.



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
Tel. 018-18 85 00 Fax. 018-18 86 00
E-post. skogforsk@skogforsk.se
www.skogforsk.se

© Skogforsk 2006
ISSN 1103-4580