

BLÄDNINGSBRUK



Skogsskötselserien är en sammanställning för publicering via Internet av kunskap om skogsskötsel utan ställningstaganden eller värderingar.

Texterna har skrivits av forskare och har bearbetats redaktionellt både sakligt och språkligt. De är upphovsrättsligt skyddade och får inte användas för kommersiellt bruk utan medgivande.

I Skogsskötselserien ingår:

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

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

Omarbetningar (revisioner) för att ta fram andraupplagor har till stor del även bekostats av Erik Johan Ljungbergs Utbildningsfond och Stiftelsen Skogssällskapet.

Skogsskötselserien – Blädningsbruk

Första upplagan, juni 2009

Andra omarbetade upplagan, januari 2014

Författare:

Lars Lundqvist, SkogDr, docent, SLU
Jonas Cedergren, SkogDr
Lars Eliasson, SkogDr, forskare, Skogforsk

© Lars Lundqvist, Lars Eliasson, Jonas Cedergren och Skogsstyrelsen

Redaktör: Clas Fries

Typografisk formgivning: Michael Ernst, Textassistans AB

Grafisk profil: Louise Elm, Skogsstyrelsen

Diagrambearbetning, layout och sättning: Bo Persson, Skogsstyrelsen

Foto omslag: Lars Lundqvist

Utgivning: Skogsstyrelsens förlag, www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien

Innehåll

Blådningsbruk	4
Principer för skogsskötsel	5
Blådning och blådningsbruk	7
Blådning i praktiken	9
Olika former av blådningsbruk	9
Var kan man blåda	11
Varför måste skogen vara fullskiktad?	12
Planering av blådningsbruk	12
Blådningsingreppet	15
Avverkningstekniska aspekter	16
Få tillämpbara studier	16
Maskinval vid blådning	16
Arbetsmoment	17
Fällning	17
Stickvägsdragning	17
Produktivitet och ekonomi	18
Få studier av avverkningsteknik	19
Skador på kvarvarande bestånd	20
Vinter- eller sommaravverkning	21
Blådning och drivningsplanering	21
Blådningsskogens utseende och dynamik	23
Diameterfördelningen	23
Diameterstillväxt över diameterklasser	25
Avgångar och blådningsjämvikt	26
Rumslig fördelning av träden	27
Höjdfördelning och höjdtillväxt	28
Inväxning och föryngring	29
Volymtillväxt	33
Uppkomst av fullskiktad skog	34
Blådningsbrukets historia	36
Blådningsbrukets historia i Sverige	37
Skogsvårdslagen och blådningsbruk	39
Blådningsbruk kontra trakthyggesbruk	41
Virkesproduktion	41
Ekonomi	43
Naturvärden	45
Svampar	45
Lavar	47
Övrig flora	47
Fauna	47
Rennäring och blådningsbruk	47
Skogsbruksfilosofier och övriga avverkningssformer	49
Dimensionshuggning	49
Fjällskogshuggning	50
Plockhuggning och genomhuggning	51
Continuous Cover Forestry, Pro Silva och New Forestry	51
Naturnära skogsbruk	52
Lübeckmodellen	52
Naturkultur	52
Kalhyggesfritt skogsbruk, kontinuitetsskogsbruk	53
Litteratur	54

BLÄDNINGSBRUK

Principer för skogsbruk

Skogshushållning innebär att man planerar nyttjandet av skogen som resurs inom ett visst område i enlighet med uppsatta ramar och mål mot ett önskvärt resultat. Skogsskötsel bedrivs på tre nivåer – åtgärd, metod och system.

Blädning och blädningsbruk

Blädning är en gallring där skogen efter avverkningen är fullskiktad. En skog som sköts med upprepade blädningar sköts med skogsskötselssystemet blädningsbruk. En fullskiktad skog har träd i alla höjdklasser, från små plantor till stora träd, i alla delar av skogen, och det finns alltid fler små än stora träd. Blädningsbruk förutsätter skuggförfordrande trädslag, och i Sverige innebär det granskog.

Blädning i praktiken

Vid blädning ska man behålla skiktningen i beståndet, inte försöka gynna föryngringen utan vårda trädsiktet, bibehålla ett stort virkesförråd jämnt fördelat över arealen, undvika att skapa eller utvidga luckor och alltid använda samma stickvägar.

Avverkningstekniska aspekter

I blädningsbruk är avverkningsteknik en viktig aspekt av skogsskötseln. Ingen annan åtgärd betyder lika mycket för beståndets framtida utveckling eftersom det är den enda behandling som görs.

Blädningsbruk kontra trakthyggesbruk

Det mesta talar för att produktionen blir högre om man sköter skogen med trakthyggesbruk än med blädningsbruk, under förutsättning att man utnyttjar de möjligheter som trakthyggesbruket ger.

Naturvärden

Blädningsbruk måste anpassas för att ge goda förutsättningar för arter knutna till gamla träd och död ved att fortleva.

Exploaterande avverkningar

Sådana avverkningar utvinna de lönsamma delarna av beståndet, utan hänsyn till avverkningens effekter på det kvarvarande beståndets långsiktiga virkesproduktion.

Principer för skogsskötsel

Skogshushållning innebär att man planerar nyttjandet av skogen som resurs inom ett visst område i enlighet med uppsatta ramar och mål mot ett önskvärt resultat. "Man" kan vara skogens ägare, samhället eller någon annan person eller grupp av personer som har intressen i skogen.

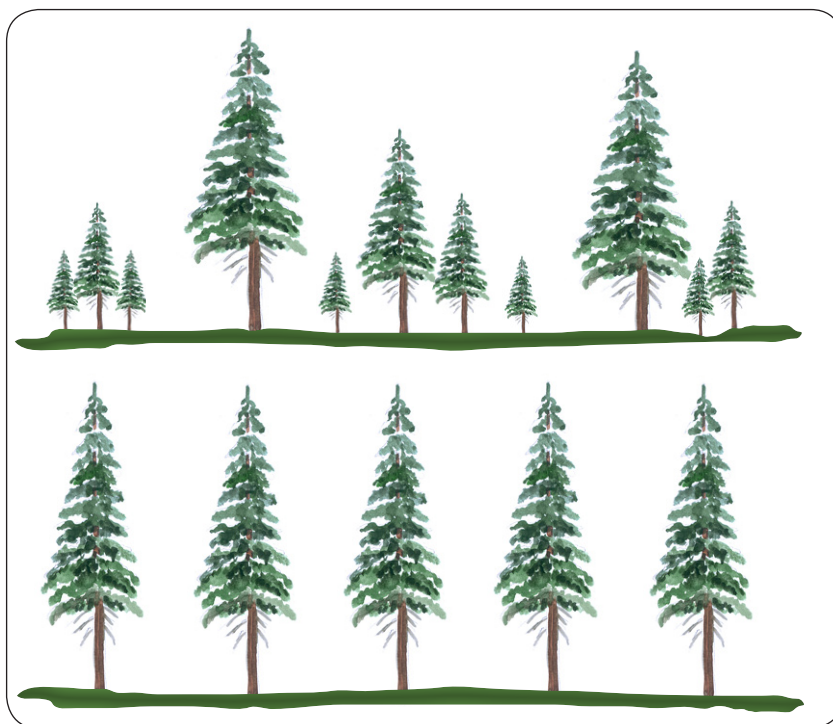
Skogsskötsel bedrivs på tre nivåer – åtgärd, metod och system. Plantering är ett exempel på en *skogsskötselåtgärd*, föryngring under skärm (skärmställning) är ett exempel på en *skogsskötselmetod* och trakthyggesbruk är ett exempel på ett *skogsskötelsystem* eller skogsbrukssätt som man tidigare kallade det.

Ett skogsskötelsystem (skogsbrukssätt) är enligt Skogsordlistan ett "system enligt vilket skogsbestånd vårdas, skördas och ersätts med ny skog".¹

Skogsskötelsystem

I Sverige dominerar för närvarande skogsskötelsystemet *trakthyggesbruk*. Det innebär att man etablerar den nya generationen samtidigt över en stor areal. Under uppväxten vårdas beståndet med olika former av röjning och gallring, för att slutligen skördas genom någon form av slutavverkning, varpå ett nytt bestånd kan anläggas och cykeln upprepas.

Det tydligaste kännetecknet på skog som sköts med trakthyggesbruk är att skogen är enskiktad, dvs alla träd är ungefär lika höga och det finns ett tydligt krontak (figur B1). Även skärmställning hänförs till trakthyggesbruk trots att skogen ofta är tvåskiktad under föryngringsfasen, eftersom den ungskog som så småningom skapas blir enskiktad.



Figur B1 Principskiss över kronstrukturen i fullskiktad (överst) respektive enskiktad skog (nederst). Illustration Bo Persson.

¹ Anon. 1994. *TNC 96 Skogsordlista*. Tekniska nomenklaturcentralen & Sveriges Skogsvårdsförbund.

Blädningsbruk är skogsskötselsystemet för *fullskiktad* skog. Med fullskiktad skog menas en skog som har träd i alla höjdklasser, från små plantor till stora träd, i alla delar av skogen och det finns alltid fler små än stora träd.

Mellan de två ytterligheterna enskiktade och fullskiktade bestånd kan man tänka sig en skala av olika beståndsformer: tvåskiktade, treskiktade, osv. Idag finns dock inte några etablerade, utprovade system för hur man kontinuerligt ska kunna upprätthålla sådana beståndsformer. Däremot förekommer det ju att skogen är tvåskiktad under en begränsad tid i samband med generationsväxlingen i trakthyggesbruk, när man föryngrar under skärm.

Vid sidan av systemen, metoderna och åtgärderna för skogsskötsel finns vad som kan beskrivas som ”skogsbruksfilosofier”, det vill säga någon form av grundläggande moraliska eller filosofiska riktlinjer för hur skogsbruk bör bedrivas. Exempel på sådana filosofier är New Forestry, Pro Silva, Naturkultur och Continuous Cover Forestry. Det finns också avverkningsingrepp som är rent exploaterande och därmed inte inkluderas i begreppet skogsskötsel, som till exempel dimensionshuggning.

Principerna för hur skogsskötsel systematiseras beskrivs mer i detalj i Skogsskötselserien nr 1, *Skogsskötselns grunder och samband*².

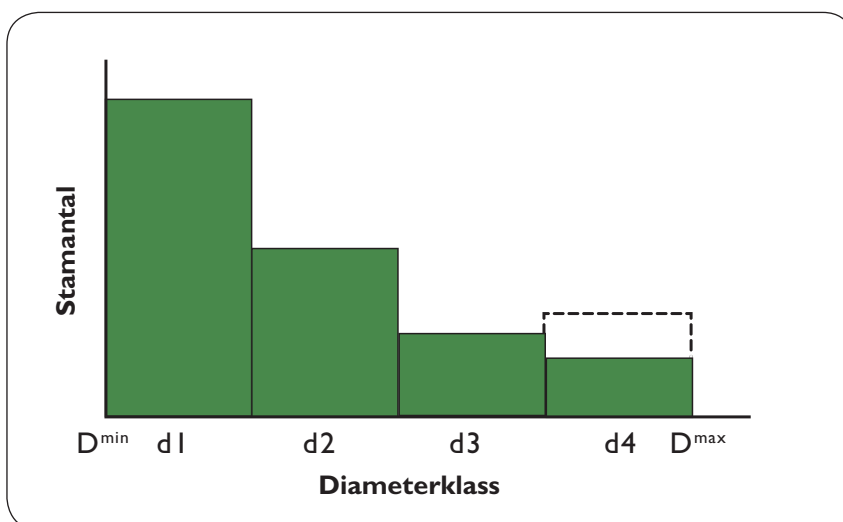
² Se: *Skogsskötselserien* nr 1, ”Skogsskötselns grunder och samband”. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

Blädning och blädningsbruk

Blädning är en gallring där skogen efter avverkningen är fullskiktad. En skog som sköts med upprepade blädningar sköts med skogsskötselsystemet blädningsbruk. En fullskiktad skog har träd i alla höjdklasser, från små plantor till stora träd, i alla delar av skogen, och det finns alltid fler små än stora träd.

Mer strikt formulerat är en skog fullskiktad om volymsslutenheten (så som den definieras i skogsvårdslagen 10 §) är minst 0,5 och om diameterfördelningen dessutom uppfyller följande krav (se även figur B2)³:

- grövsta trädet är minst 25 cm
- det finns flest träd i den klenaste klassen, d1
- det finns näst flest träd i nästa klass, d2
- det finns träd i båda de två återstående diameterklasserna, d3 och d4.



Figur B2 Diameterfördelningens principiella utseende vid definition av fullskiktad skog. Träden delas in i fyra diameterklasser, jämt fördelade mellan minsta inmätta dimension och grövsta trädets diameter.

Den fullskiktade skogen har ungefär samma utseende hela tiden och man kan alltså inte urskilja olika utvecklingsfaser. Därför finns det bara en typ av åtgärder inom blädningsbruket, nämligen *blädning*.

Blädning endast i granskog

Rent definitionsmässigt är blädning och blädningsbruk inte begränsat till vissa trädslag eller marktyper, men det är bara skuggfördragande trädslag⁴ som kan skapa och upprätthålla fullskiktad skog. Plantor och småträd måste ha förmågan att etablera sig, överleva och växa under ett slutet bestånd. I Sverige är blädning därför i första hand aktuellt i granskog.

I samband med 1992 års skogsutredning gjordes ett försök att kvantifiera

³ Anon. 1992. *Skogspolitiken inför 2000-talet*. Bilagor II. Allmänna förlaget, Stockholm. 412 s.

⁴ Trädslag som fördrar skugga, dvs kan klara att växa under skuggiga förhållanden. Svenska skuggfördragande trädslag är främst gran och bok, men även alm och lind.

arealen fullskiktad granskog i Sverige.⁵ Studien hade stora brister men är hittills den enda i sitt slag. För att identifiera skog lämplig för blädning användes fem kriterier baserade på riksskogstaxeringens variabler:

- Markvegetationstyp blåbär eller ”bättre”
- Gallrings- eller slutavverkningsmogen skog (huggningsklass C och D)
- Minst 70 procent av grundytan utgörs av gran
- Lämplig beståndsstruktur (figur B2)
- Virkesförråd minst 150 m³sk per ha

Totalt 4,5 miljoner hektar skog uppfyllde de tre första kriterierna. Av denna areal hade cirka 1 miljon ha lämplig beståndsstruktur och 0,6 miljoner ha av dessa så stort virkesförråd att blädning bedömdes som möjlig i nuläget.

Siffrorna måste dock tas med en stor nypa eftersom de baseras på cirkelytor med arean 314 m². Beståndsstruktur går egentligen inte att beskriva på ett relevant sätt på så små ytor. I samband med utredningen gjordes en analys som visade att ca 1/3 av provytorna i en fullskiktad skog inte klassificerades som fullskiktade, trots att de alltså låg i en fullskiktad skog.

Den verkliga arealen skog som var möjlig att bläda 1992 kan därför antas ha varit större än den 1 miljoner ha som utredningen kom fram till. Under de dryga 20 år som gått sen dess har antagligen en hel del fullskiktad skog slutavverkats, så arealen är förmodligen mindre idag.



Figur B3 Fullskiktad, blädad granskog på god bonitet i Jämtland. Foto Sebastian Kirppu.

⁵ Anon. 1992. *Skogspolitiken inför 2000-talet*. Bilagor II. Allmänna förlaget, Stockholm. 412 s.

Blådning i praktiken

För att kunna blåda måste man ha en fullskiktad granskog med rimligt stort virkesförråd. Vid blådningen gäller det att inte avverka för mycket och att inte skapa onödiga luckor i beståndet.

Eftersom blådningsbruk använts i så begränsad omfattning i Skandinavien så finns det ganska lite erfarenhet av hur det fungerar i praktiken. De erfarenheter som funnits eller finns är dessutom ytterst sällan offentligt dokumenterade eftersom de som blådat under den senaste 50-årsperioden, med få undantag, har gjort det i smyg.

De praktiska råd och anvisningar som följer i detta avsnitt bygger därför på utländska erfarenheter, resonemang baserade på blådningsbrukets biologiska grundvalar, resultat från de få försöksytor och halvpraktiska försök som finns, samt samtal med personer som har erfarenhet av blådning och blådningsbruk.

Blådning definieras idag som *en avverkning där man efter avverkningen har kvar ett fullskiktat bestånd*. Man kan alltså avverka på många olika sätt och avverkningen ryms ändå inom begreppet blådning. Inom trakthyggesbruket finns det olika former av till exempel röjning och gallring, och på motsvarande sätt kan man definiera olika blådningsformer inom ramen för blådningsbruket. Men trots att det finns många olika förslag på blådningsformer i äldre litteratur så finns det i realiteten bara en form av blådning definierad sedan tidigare: *Stamvis blådning*. Under de senaste åren har dock Lars Lundqvist vid SLU lanserat en blådningsform som skulle kunna kallas *volymblådning*⁶.

Olika former av blådningsbruk

Stamvis blådning

Stamvis blådning är den ursprungliga formen av blådning, utvecklad i slutet av 1800-talet i Tyskland och Schweiz. Den kallades ofta *ren blådning*,⁷ men så småningom ändrades namnet till *stamvis blådning*.^{8,9}

Namnet är dock missvisande såtillvida att all blådning är stamvis, precis som gallring, och inte grupp- eller beståndvis som en slutavverkning. ”J-kurve-blådning” vore ett namn som tydligare beskriver metoden. En av de grundprinciper som tidigt lades fast var att man kontinuerligt skulle upprätthålla en i förväg bestämd diameterfördelning, vars form skulle motsvara ett spegelvänt ’J’.^{10,11} Därigenom fick man i princip samma volymtillväxt under varje blådningsintervall och man kunde avverka lika stor virkesvolym vid varje blådning. Medelvolymer hos de avverkade träden blev dessutom ungefär densamma vid varje blådning.

⁶ Lundqvist, L. 2005. *Blådning*. SLU, inst. för skogsskötsel, *Rapporter* nr. 61.

⁷ Leijonhufvud, W. 1921. Skogens förnygring. *Skogen*, s. 105–113.

⁸ Juhlin Dannfelt, M. 1954. *Skogsskötsel – Lärokurs för statens skogsskolor*. Emil Kihlströms tryckeri AB, Stockholm.

⁹ Söderström, V. 1978. *Ekonomisk skogsproduktion, Del 1: Naturliga och ekonomiska förutsättningar*. LTs förlag, Stockholm.

¹⁰ Liocourt, F. de. 1898. De l'aménagement des sapinières. *Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et Belfort* 6, s. 396–405.

¹¹ d'Alverny, A. 1904. L'aménagement des résineux en montagne. *Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et Belfort* 7, s. 408–440, s. 465–489.

Man ska ha i åtanke att metoden utvecklades långt innan det fanns prognosmodeller eller liknande. Fokuseringen på diameterfördelningen gjorde att man fick en övergripande kontroll över hur skogen utvecklades. Inom trakthyggesbruket var kontrollenheten arealen, medan den inom blådningsbruk baserat på stamvis blådning var diameterfördelningen. Systemet kallades ”kontrollmetoden” och innebar ofta att man klavade samtliga träd i skogen.^{12,13,14}

På kontinenten användes ibland begreppet *måldiameter* (zieldurchmesser) inom ramen för stamvis blådning för att ytterligare kontrollera beståndsutvecklingen. Måldiametern var då den önskvärda diameter man vill ha på de träd som skulle avverkas, ofta 45-50 cm eller 70-80 cm. Måldiametern blev därmed lika med den *maximala* diameter som träden fick uppnå.

I Sverige har begreppet *måldiameter* under de senaste åren introducerats som den *nedre* gräns för hur små träd som får avverkas vid ett slags kontrollerad dimensionshuggning, så kallad *måldiameterhuggning*.

Volymblådning

Volymblådning är en blådningsform som lanserades i samband med diskussioner om blådning i fjällnära skog på 1990-talet¹⁵, men principen fungerar på samma sätt oavsett var i landet man befinner sig. Vid volymblådning fokuserar man på beståndets volym (virkesförråd) före och efter blådning. Man släpper på de strikta kraven på diameterfördelningen som man har vid stamvis blådning och nöjer sig med att beståndet förblir fullskiktat. Fördelen är att det blir enklare ur praktisk synpunkt jämfört med stamvis blådning. Nackdelen är att man får sämre kontroll över inväxningen. Genom att koncentrera avverkningen till de allra grövsta träden, ”skogens filéer”¹⁶, och undvika att avverka klenare träd, så kommer man att avverka få träd per ha, och därmed sjunker också kraven på inväxning eftersom det är färre träd som ska ersättas (figur B4).

¹² Gurnaud, A. 1878. *Cahier d'aménagement pour l'application de la méthode par contenance exposée sur la forêt des Éperons*. Exposition universelle de 1878, à Paris.

¹³ Biolley, H.-E. 1920. *L'aménagement des forêts par la méthode expérimentale et spécialement la méthode du contrôle*. Attinger, Paris & Neuchâtel.

¹⁴ Schaeffer, A., A. Gazin & d'Alverny, A. 1930. *Sapinières: Le jardinage par contenance*. Presses Universitaires de France. Paris.

¹⁵ Lundqvist, L. 2005. Blådning. SLU, inst. för skogsskötsel, *Rapporter* nr. 61.

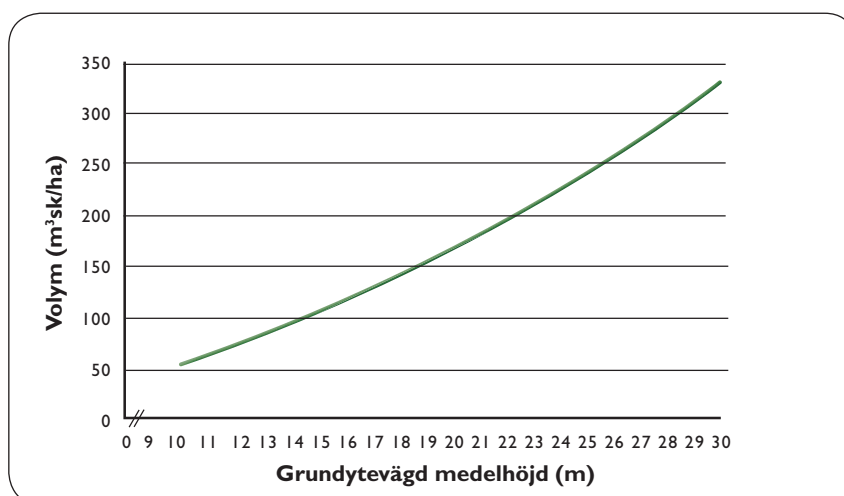
¹⁶ Palmér, C.H. 2002. Nyttänkande om blådning: avverka bara skogens filéer. *Skogen* nr 1/02.



Figur B4 Fjällnära granskog i Lappland efter volymblädning. Uttag ca 30 % av volymen. Efter 18 år är virkesförrådet tillbaka på de ursprungliga ca 130 m³sk/ha. Foto Sebastian Kirppu.

Var kan man bläda

Tidigare har man ofta sagt att blädningsbruk kräver fuktiga, näringsrika marker. Skälet till att man trodde detta var antagligen det faktum att man normalt har riklig föryngring på sådana marker. Men det är inte mängden plantor som avgör om man kan bläda eller ej, utan om beståndet är fullskiktat och har tillräckligt stort virkesförråd för att kunna ta tillvara markens produktionsförmåga. En lägsta accepterad nivå finns specificerad i 1993 års skogsvårdslag (figur B5), men man bör normalt sett ligga på en högre nivå (se vidare nedan).



Figur B5 Lägsta tillåtna virkesförråd efter gallring enligt 1993 års skogsvårdslag, § 10.¹⁷

¹⁷ Tillgänglig på: www.skogsstyrelsen.se/Lagen

Om beståndet idag uppfyller de krav vi ställer på en blådningskog vad gäller struktur och virkesförråd så går beståndet att blåda, minst en och sannolikt flera gånger. Genom att man utgår från hur beståndet ser ut idag så kan man bortse från markförutsättningarna.

När man funderar på att blåda ett skogsbestånd så är det viktigt att komma ihåg att ett beslut om att blåda idag inte innebär något åtagande om framtida blådningsbruk. Blådningsbruk kan närsomhelst avbrytas och ersättas med trakt-hyggesbruk. En enskild blådning innebär därmed också ett betydligt mindre risktagande än vad en slutavverkning gör. Så länge skogen finns kvar kan man alltid välja att avverka den, men har man väl avverkat den så måste man börja om från början och anlägga ny skog.

Varför måste skogen vara fullskiktad?

Blådningsbruk bygger på principen att man kontinuerligt, med några få års intervall, gallrar bland de större träden. Dessa stora träd ska då ersättas av något mindre träd som växer till sig och blir stora, vilka i sin tur ska ersättas av ännu något mindre träd, osv hela vägen ända ner till plantskiktet.

Träd som växer upp inne i en skog växer betydligt långsammare än träd som växer upp på ett hygge. Det tar normalt 150-200 år att växa upp från liten planta till fullstort träd moget för avverkning inne i en blådningskog. En konsekvens av detta är att alla träd vi ska avverka de närmaste 150-200 åren måste finnas i skogen redan idag, plus de träd som dör under tiden. Annars hinner inte träden växa sig tillräckligt stora tills det är dags att avverka dem.

Kan man inte plantera inne i skogen då, efter att man gallrat? Jo det kan man naturligtvis, men de planterade plantorna kommer inte växa fortare än de naturligt föryngrade som redan finns där, så de kommer inte påverka möjligheterna att avverka under de närmaste 150 åren.

Det här gör också att det sannolikt tar mycket lång tid att omvandla en enskiktad, likåldrig skog till en fullskiktad blådningskog. Exakt hur det ska gå till och hur exempelvis virkesproduktionen påverkas under tiden vet man inte, eftersom det av naturliga skäl saknas dokumenterade exempel där man gjort denna omvandling. Däremot har det gjorts försök att simulera detta med prognosmodeller och resultaten visar att om man startar omvandlingen i samband med första gallringen i en granskog så tar det åtminstone 50-100 år att skapa en nästan fullskiktad struktur och under tiden förlorar man ungefär halva produktionen jämfört med ett normalt gallringsprogram som syftar till slutavverkning.¹⁸

Planering av blådningsbruk

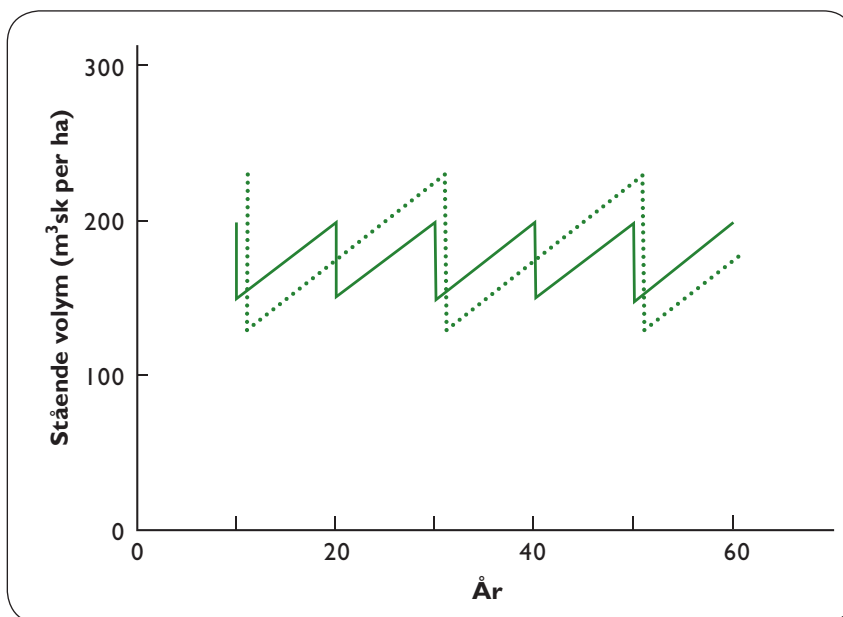
På samma sätt som omloppstiden är en central punkt inom trakthyggesbruket så är *blådningsintervallet* av central betydelse för blådningskogens brukets planering. Blådningsintervallet avgör nämligen *årsytans* storlek, dvs hur stor andel av den blådningsbara skogen som årligen ska blådas.

¹⁸ Drössler, L., Nilsson, U. & Lundqvist, L. 2013. Simulated transformation of even-aged Norway spruce stands to multi-layered forests – An experiment to explore the potential of tree size differentiation. *Forestry*, in press.

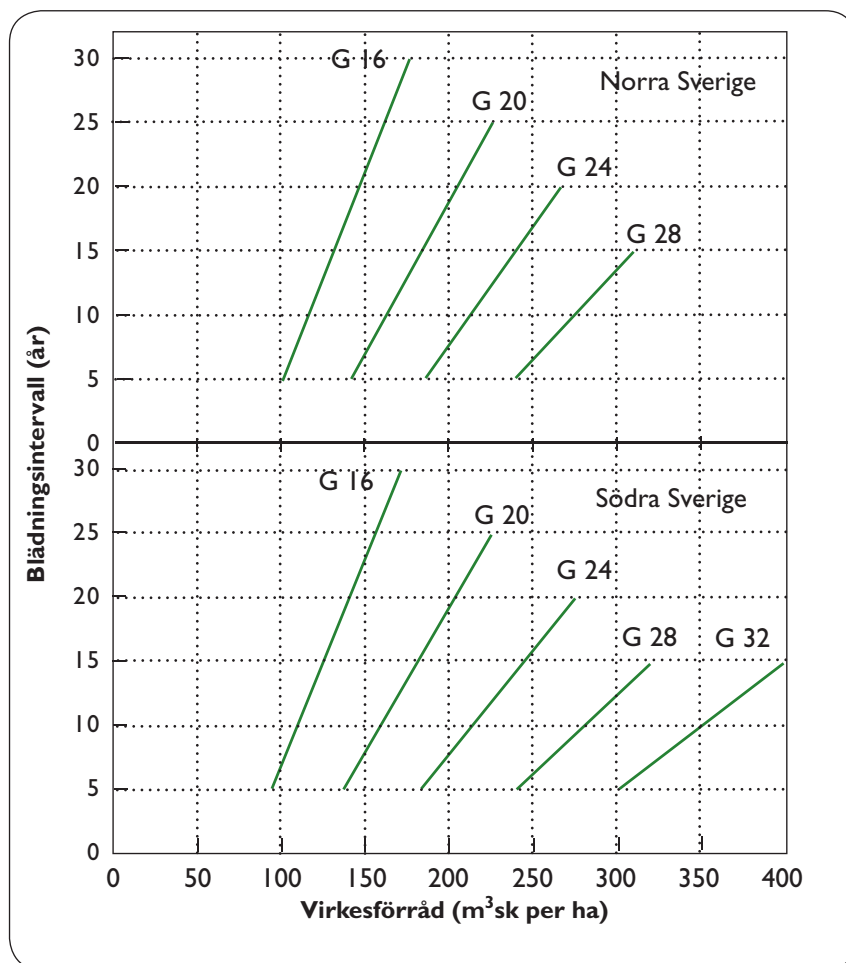
Den skogsbrukare som avser att blåda mer än bara något enstaka bestånd bör därför först bestämma vilka delar av skogsinnehavet som ska skötas med blådningsbruk. Därefter fastställs blådningsintervallet och därmed också årsytans storlek, med ledning av bl a beståndens bonitet och virkesförråd.

När det gäller kraven på virkesförråd så varierar det naturligtvis med boniteten, men också med intervallet mellan blädningarna. Eftersom virkesförrådets förändring över tiden ska följa ett sågtandsmönster vid blådningsbruk (figur B6) så krävs ett större utgångsförråd om man har långa intervall (20-25 år) än om man har korta (5-10 år), trots att man kan ha ett något lägre virkesförråd *efter* blädning om man har längre intervall. Ett längre intervall innebär samtidigt att en större volym tas ut vid varje ingrepp, vilket i sin tur innebär att det inte räcker att avverka endast bland de allra grövsta träden utan man måste gallra ut även något mindre träd. Därmed krymper medelvolumen för de utgallrade träden och antalet utgallrade träd per hektar utslaget per år stiger, vilket gör att det krävs högre inväxning per år ju längre man har mellan varje blädning.

I figur B7 presenteras grova tumregler för förhållandet mellan virkesförråd *före* blädning och intervall mellan blädningarna för olika ståndortsindex.



Figur B6 Virkesförrådets principiella utveckling över tiden i en skog skött med blådningsbruk med korta (heldragen linje) respektive långa (streckad linje) intervall mellan blädningarna.



Figur B7 Tumregler för förhållandet mellan blädningsintervall och lämpligt virkesförråd före blädning för olika ståndortsindex.

Man bör ha i åtanke att långa intervall mellan blädningarna inte bara medför stora virkesuttag per hektar, utan också innebär ett större risktagande vad gäller tillväxten, inväxningen och stormskador. Kraftigt sänkta virkesförråd medför att tillväxten sänks i motsvarande grad, och denna tillväxtförlust kan man troligen aldrig kompensera. Ju större volym som avverkas, desto mindre blir samtidigt medelvolymer per stam, eftersom allt fler klenta träd måste avverkas. För att det ursprungliga stamantalet ska återställas måste därmed också den årliga inväxningen vara högre efter en hård huggning jämfört med en svagare.

På samma sätt som för starka gallringar i äldre granskog, så medför starka blädningar troligen en ökad risk för stormskador. Sammantaget gör allt detta att blädningsintervallet bör vara högst 15 år på goda marker (G28 och bättre), 20 år på medelgoda marker (G18-G26) och 30 år på svaga marker (G16 och sämre).

När det gäller att uppskatta virkesförrådet i fullskiktad skog så finns det inga enkla schablonmetoder som det gör för enskiktad skog. Den som vill ha kontroll över tillståndet i sin fullskiktade granskog måste därför provytinventera skogen och beräkna virkesförrådet med hjälp av diameterfördelning och höjd på provträd.

Ett annat praktiskt problem är att ståndortsindex inte kan skattas med

övrehöjds- eller interceptmetoden i blådningskog och att skattning med hjälp av ståndortsegenskaper ofta underskattar SI i blådningskog i norra Sverige.

Blådningsingreppet

När det gäller det direkta trädvalet så är huvudreglerna:

- bibehåll skiktningen
- försök inte gynna föryngringen utan vårda trädskiktet
- bibehåll ett stort virkesförråd jämnt fördelat över arealen
- undvik att skapa eller utvidga luckor
- använd samma stickvägar

I övrigt har man stor frihet. Avverkningen koncentreras till de större träden, grövre än 25-30 cm i brösthöjd. Detta gör att medelvolymer för de avverkade träden normalt blir avsevärt större än vid gallring inom trakthyggesbruket och oftast även större än vid slutavverkning. Som exempel kan nämnas att medelvolymer för de avverkade träden på de äldre svenska försöksytorna var 0,38 m³sk per stam. På två demonstrationsytor i fjällnära skog i Västerbottens inland var medelvolymer 0,30 och 0,36 m³sk per stam, inklusive uttaget i stickvägarna. Vid kommande blådningsar finns ju redan stickvägarna och medelvolymer bör då bli större.

Den som vill avverka enstaka mindre träd (10-25 cm diameter i brösthöjd), för att avlägsna skadade träd eller träd med dålig kvalitet, kan naturligtvis göra det. Det finns inget som hindrar det, men inte heller något krav att man måste ”sköta” de klenare träden. Eftersom man långsiktigt inte kan avverka fler träd än vad inväxningen motsvarar, och man sällan vet hur stor inväxningen är, så finns det faktiskt skäl att vara restriktiv med avverkning av mindre träd. Som riktvärde kan man räkna med en årlig inväxning på cirka 10 träd per ha och år som växer förbi 8-10 cm diameter i brösthöjd.

Vad som också är viktigt att tänka på är att man inte ska försöka påverka vare sig föryngring eller inväxning genom att till exempel glesa ut lite extra eller göra luckor i beståndet. Sådana åtgärder resulterar bara i sänkt virkesproduktion. Man ska normalt inte heller ”röja” i yngre grupper, annat än i extrema undantagsfall. Våra svenska marker är sällan så föryngringsvilliga att man får problem med för mycket plantor.

Avverkningstekniska aspekter

I blådningsbruk är avverkningstekniken en viktig aspekt av skogsskötseln, eftersom avverkning är den enda behandling som görs.

Hänsyn till vad man vill sköta, bevara eller utveckla i en skog manifesterar sig till sist i ett sätt att avverka. Ingen skötselåtgärd, målklassning eller hänsynspecifikation i världen kan i efterhand kompensera en dåligt utförd avverkning.

Praktisk tillämpning av blådningsbruk kräver att alla inblandade personer har goda insikter i skogsteknikens möjligheter och begränsningar. Målbilder måste kommuniceras på ett för alla begripbart sätt.

Få tillämpbara studier

I skogsbrukssättet blådningsbruk ingår normalt endast en åtgärd, blådning. Blådning innebär normalt gallring av stora, glest utspridda träd, oftast bara 50 till 150 träd per hektar, där stamvolymen hos enskilda träd kan överstiga 1 m³. Vid det första blådningsingreppet i ett bestånd tillkommer träden i stickvägen, som då utgör en betydande del av uttaget.

Avverkningstekniska frågor inom blådningsbruk har varit föremål för ytterst få studier. Man är därför till stor del hänvisad till studier som så mycket som möjligt liknar blådningsingrepp, till exempel sena gallringar och avverkningar i skärmställningar.

Erfarenheter från europeiska kontinenten och andra delar av världen är av begränsat värde. Skillnader i avverkningssystem, trädstorlek, fysiska förhållanden och mål är ofta så stora att resultaten ej är giltiga eller ens intressanta för svenska förhållanden.

Maskinval vid blådning

Vid blådning strävar man efter att hugga ett urval av främst de större träden i beståndet. Samtidigt ska mellanstora och små träd vara kvar för att växa vidare. För att inte äventyra kvarvarande träds fortlevnad och värdetillväxt är det ett grundläggande krav att man inte skadar dem när man avverkar de utvalda träden.

Detta ger oss tre kriterier vid val av avverkningsmaskiner för blådning:

- Maskinerna måste klara av de förväntade trädstorlekarna
- Skadenivåerna måste kunna hållas låga
- Avverkningskostnaderna måste vara acceptabla

Eftersom de flesta träd som skall avverkas är stora, dvs har en stamvolym som överstiger 0,5 m³sk, så talar det mesta för att stora (15 ton eller större) skördare är att föredra vid blådning:

- Maskinen måste vara tillräckligt stor för att kunna utrustas med ett stort skördaraggregat
- Kranen måste vara kraftig och maskinen måste vara stabil, det vill säga ha en hög massa, för att den skall kunna hantera dessa stora träd på förhållandevis stora avstånd från maskinen

- Avverkningskostnaden per kubikmeter blir lägre för en större maskin än en mellanmaskin då de hanterade träden är stora

Riskerna med att välja en mellanstor skördare (12-15 ton) är att man får ökade reparations- och underhållskostnader på grund av att man belastar maskinen för hårt samt att man får ökade skador på det kvarlämnade beståndet då den mindre maskinen inte klarar av att fälla och upparbeta träden på ett fullgott sätt.

Valet av skotare står mellan större mellanskotare, det vill säga mellanskotare med en lastkapacitet på 12-16 ton och stora slutavverkningsskotare med en lastkapacitet på 18-20 ton. Det finns fördelar med både mellanstora och stora skotare. Mellanstora maskiner är mindre utrymmeskrävande och lättare, medan stora skotare har en högre lastkapacitet och därmed blir mindre känslig för långa transportavstånd. I de flesta fall torde det vara fördelaktigt att välja en mellanmaskin.

Arbetsmoment

Fällning

Fällning kan utföras som vanligt, med fällning av träden in i beståndet samtidigt som man försöker undvika skador på de kvarvarande träden, eller så att maskinföraren strävar efter att fälla och lyfta träden så att de faller i stickvägen för att minimera arealen som påverkas.

I en studie av skärmhuggning jämfördes normal fällning med en metod för kontrollerad fällning kallad ”stångstötning” vid avveckling av en högskärm bestående av tall och gran.¹⁹ I den senare metoden fälldes träden in mot stickvägen och under fallet lyfte skördaren in trädets rotände till stickvägen. Glöde och Sikström fann att den genomsnittliga produktiviteten inte påverkades signifikant av metodvalet men det observerade stickvägsavståndet och den observerade produktiviteten var något högre vid normal fällning.

Stickvägsdragning

Vid blådningsbruk måste man normalt sett räkna med att anlägga ett permanent stickvägsnät (figur B8). Det tar 100-150 år för träden i stickvägen att bli så stora att stickvägen verkligen har vuxit igen, och det gör att man i praktiken inte kan flytta stickvägarna. Det går dock att utnyttja luckor i beståndet för ”instick” med skördaren för att på så sätt minska risken för skador på det kvarvarande beståndet.

Ett problem med permanenta stickvägar är att man tvingas att hantera de träd som skall avverkas på ett avstånd från maskinen som man ej kan påverka. Ju större stickvägsavstånd, desto större maskiner behövs. Riktigt stora stickvägsavstånd nödvändiggör stora bandgående maskiner eller skördare byggda på stora bandgående fällare- eller läggarechassin. Med tätare mellan stickvägarna kan man ha mindre maskiner men då ökar å andra sidan andelen stickvägsareal i beståndet, så det är en avvägning mellan teknik och markutnyttjande.

¹⁹ Glöde, D. & Sikström, U. 2001. Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester productivity and damage to the regeneration. *Silva Fennica* 35(1), s. 71-83.



Figur B8 Permanent stickväg i fjällnära, volymbläddad skog i Lappland, 18 år efter avverkning. Foto Sebastian Kirppu.

Produktivitet och ekonomi

De beräkningsmodeller vi har för att skatta produktivitet och kostnader för avverkningsarbete vid gallring och slutavverkning är inte anpassade till blädning och det kan bli problem att anpassa dem till blädning.

Ett grundantagande i de flesta svenska produktivetsmodeller är att tidsåtgången per träd är linjär mot trädvolymen, vilket gör att man kan använda volymmedelstammens volym för att skatta tidsåtgång och produktivitet på beståndsnivå. Studier av stora skördare visar att detta ej stämmer för träd som är för stora i förhållande till engreppsaggregatets kapacitet och att detta blir mer markerat ju större träd det är fråga om.²⁰ Orsaken är att större träd oftare måste dubbelsågas eller har ansättningshinder. Exakt vid vilken diameter detta sker bör vara avhängigt av avverkningsaggregatets maximala kapdiameter. Konsekvensen blir dock att dagens produktivetsmodeller förmodligen överskattar produktiviteten och därmed underskattar avverkningskostnaden per kubikmeter i blädning.²¹

Ur drivningssynpunkt liknar blädning och höggallring varandra. Skillnaden är att i blädning gäller det att minimera skadorna på underväxt och mindre träd, eftersom dessa gradvis ska ersätta de större träden. Det är väl belagt att underväxt sänker skördarproduktionen i slutavverkning och gallring.^{22,23} I både gallrings- och skärnhuggningar beror tiden per träd dessutom på de avverkade trädens volym, trädform, antal träd per hektar som

²⁰ Brunberg, T. 1995. Underlag för produktionsnorm för stora engreppsskördare i slutavverkning. Skogforsk. Redogörelse 7–1995.

²¹ Petersson, S. 1997. *Diameterspridningens effekt på prestationen vid slutavverkning*. Modo Skog AB, skogstekniska avdelning. PM. 4 s.

²² Brunberg, T. 1988. Underlag för prestationsnormer för skördare i slutavverkning. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista. Redogörelse 4–1988.

²³ Brunberg, T., Thelin, A. & Westerling, S. 1989. Underlag för prestationsnormer för engreppsskördare i gallring. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista. Redogörelse 3–1989.

huggs och antal träd per hektar som står kvar.^{24,25} Sammantaget leder detta till att skördarens produktivitet i blädning logiskt sett bör vara något lägre och kostnaden därmed något högre än vid en gallring under förutsättning att medelstamvolymen är densamma. Vid blädning är dock medelstorleken av de avverkade träden betydligt större än vid konventionell gallring.

Få studier av avverkningsteknik

Det finns få studier av avverkningsarbete i blädningsskogsbruk. De som finns har för det mesta genomförts som sidostudier vid utläggandet av skogliga produktionsförsök, som exempelvis Perssons studie av tvågreppsskördare²⁶. Sådana studier ger en ögonblicksbild av avverkningsarbetet men är inte upplagda så att man på en vetenskaplig grund kan uttala sig om eller förklara skillnader mellan olika behandlingar.

De större studier som finns genomfördes i början av 1990-talet i Norge. De gjordes vid det första blädningssingreppet i bestånden, vilket gjorde att stickvägsträden stod för en väsentlig del av uttaget (42 % vid 25 % volymuttag)²⁷. Blädning bör normalt innebära lägre produktivitet för skördaren än vid slutavverkning, vid jämförbar medelvolym per avverkad stam.^{28,29} Vid blädning blir dock medelstammen ofta större än vid slutavverkning. I de norska studierna medförde detta att skördarens produktivitet faktiskt blev högre än vid slutavverkning, trots att produktivitetskurvorna för blädning ligger under kurvorna för slutavverkning.³⁰

I de fall då man av skogsskötselskäl är tvungen att avverka mindre träd, exempelvis skadade träd och träd som hämmar inväxningen (jfr ³¹), kan medelstamsvolymen hos de avverkade träden bli lägre än vid slutavverkning av ett välskött enskiktat bestånd och i dessa fall blir produktiviteten i blädningssavverkningen lägre än vid slutavverkningen.

Jämfört med normala gallringar bör skotarens produktivitet vid blädning främst påverkas av de skillnader som kan finnas i volymsuttag per hektar och avverkad volymmedelstam. Skotarens produktivitet ökar då virkesmängden längs stickvägen ökar, det vill säga med ökande avverkningsvolym per hektar, den ökar också något med ökande medelstam eftersom det i normal fallet tar längre tid att hantera massaved än timmer.³² Sammantaget gör det

²⁴ Brunberg, T. 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. Skogforsk. Redogörelse 8–1997.

²⁵ Eliasson, L. 1998. Analyses of single-grip harvester productivity. SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae. Silvestria*, 80.

²⁶ Persson, H. A. 1992. Tvågreppsskördare vid avverkning i alternativa skötselmodeller. SLU, inst. för skogsteknik. *Uppsatser och Resultat* 240, 19 s.

²⁷ Fjeld, D. 1994. Time consumption for selection and patch cutting with a one-grip harvester. Norwegian Forest Research Institute, Ås. *Communications of Skogforsk* 47.4, 27 s.

²⁸ Dale, Ö. & Stam, J. 1994. Grunlagsdata for kostnadsanalyse av alternative hogstformer. Norsk institutt for skogforskning (NISK), Institutt for skogfag NLH, Ås. *Rapport fra skogforsk* 7, 37 s.

²⁹ Fjeld, D. 1994. Time consumption for selection and patch cutting with a one-grip harvester. Norwegian Forest Research Institute, Ås. *Communications of Skogforsk* 47.4, 27 s.

³⁰ Suadicani, K. & Fjeld, D. 2001. Single-tree and group selection in montane Norway spruce stands: Factors influencing operational efficiency. *Scand. J. For. Res.* 16(1), s. 79–87.

³¹ Anon. 2013. *Experiment Plw 16/1-2, Misch 59. Todtmoos Forest District, State forest 4/92. FVA Baden Wurtemberg*. Department of Forest Growth. Stencil.

³² Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Skogforsk. Uppsala. Redogörelse 3–2004.

att produktiviteten för skotningen bör bli högre vid blådning än vid gallring.

Skogsstyrelseprojektet *Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk* lät göra studier i avverkningsteknik.³³ Resultaten tyder på att de totala drivningskostnaderna för blådning ofta blir jämförbara med dem i konventionell gallring.

Skador på kvarvarande bestånd

Småträden har en avgörande roll vid blådningsbruk eftersom de på sikt ska ersätta de större träden. Därför kan man inte acceptera omfattande skador på inväxande träd. Än så länge finns det få studier av hur helmekaniserad blådning påverkar plantor och mindre träd (figur B9).

I en blådningsstudie i Gäddede skadades 2-15 procent av småträden (höjd mer än 0,5 m och brösthöjdsdiameter mindre än 6 cm) mellan stickvägarna av avverkningen.³⁴ Studien visar att skadenivåerna ökar exponentiellt med uttagsstyrkan – med uttag på högst 25 % av virkesförrådet skadades mindre än 6 % av plantor och små träd mellan stickvägarna. I en liknande studie i trakterna kring Bräcke studerades skador på träd grövre än 8 cm i brösthöjd vid helmekaniserad blådning. Cirka 4,5 % av träden skadades, varav minst 80 % var klenare än 15 cm.

I två norska studier fick man högre skadefrekvens, vilket sannolikt kan förklaras av större virkesförråd före avverkning och att man avverkade en betydligt större andel av virkesförrådet.³⁵

Vid normal gallring har väldigt varierande skadenivåer noterats, det generella målet vid gallring är att mindre än 5 % av de kvarstående gagnvirkesträden skall vara skadade.³⁶ Skadorna orsakas ej enbart av skördaren; skotaren kan mer än fördubbla skadorna om föraren ej är försiktig.³⁷

Sammantaget visar studierna att skadenivåerna bör kunna bli acceptabla vid de avverkningsstyrkor som är aktuella vid blådning.

Maskinförarna har stor inverkan på skadenivåerna. Studier visar att högproduktiva skördarförare ofta har lägre skadenivåer än förare som presterar mindre.³⁸ Körskickligheten är alltså gynnsam från både ett produktivets- och ett skadeperspektiv.

³³ Cedergren, J. 2008. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Skogsstyrelsen, Meddelande 1–2008.

³⁴ Hagström, S. 1994. En studie av avverkningsskador på inväxningsbeståndet vid blådning. SLU, inst. för skogsteknik. *Studentuppsatser* 2, 16 s.

³⁵ Fjeld, D. & Granhus, A. 1998. Injuries after selection harvesting in multi-storied stands – the influence of operating system and harvest intensity. *Journal of Forest Engineering* 9(2), 33–40.

³⁶ Fröding, A. 1992. *Gallringsskador – nuläge och förändringar sedan början av 1980-talet*. SLU, inst. för skogsteknik. 45 s.

³⁷ Lageson, H. 1996. Thinning from Below or Above? Implications on operational efficiency and residual stand. SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae, Silvestria* 14.

³⁸ Sirén, M. 2001. Tree damage in single-grip harvester thinning operations. *Journal of Forest Engineering* 12(1), s. 29–38.



Figur B9 Helmekaniserad volymblädning på hög bonitet i Jämtland. Avverkning 30 % av virkesförrådet. Volym efter 15 år ca 260 m³sk/ha. Foto Sebastian Kirppu.

Vinter- eller sommaravverkning

Vinterförhållanden ger både positiva och negativa effekter på skadenivåerna på småträden. De minsta träden får ett visst skydd av snötäcket vilket minskar skadorna på dessa. För de träd som sticker upp så ökar kölden trädens känslighet för påfällning och böjning.³⁹ Känsligheten för böjning ökar med trädstorlek och sjunkande temperatur.⁴⁰ Det talar emot vinteravverkning då det är riktigt kallt, även om snötäcket utgör ett skydd för de minsta småträden.

Snön har å andra sidan fördelen att den minskar risken för markskador i stickvägarna, vilket är extra viktigt vid blädning eftersom man där har permanenta stickvägar.

Blädning och drivningsplanering

Drivningsplanering är av stor betydelse vid blädningsbruk. De skogsbestånd som är lämpliga för blädning är ofta små. Det beror i huvudsak på att den övervägande delen av Sveriges skogar domineras av trädslag som är olämpliga för blädning eller har behandlats med åtgärder som gör dem olämpliga för blädning, exempelvis låggallring och slutavverkning.

Dagens maskinsystem är kostsamma och prestationskraven är därför höga. Att flytta maskiner till en trakt enbart för att bläda ett mindre område är dyrt. Blädningar kommer därför ofta utföras när de kan samordnas med

³⁹ Fjeld, D. & Granhus, A. 1998. Injuries after selection harvesting in multi-storied stands – the influence of operating system and harvest intensity. *Journal of Forest Engineering* 9(2), 33–40.

⁴⁰ Eliasson, L., Lageson, H. and Valinger, E. 2003. Influence of sapling height and temperature on damage to advance regeneration. *For. Ecol. Manage.* 175, s. 217–222.

andra avverkningar i närheten av blädningsobjektet. Detta kan i vissa fall påverka blädningsintervallens längd.

Det är inte möjligt att fastställa generella minsta beståndsstorlekar eller volymer som gör det lönsamt att flytta maskiner till ett bestånd. Olika maskiner kostar olika, och ställer därför olika ekonomiska krav. Vidare beror detta också på hur markägare prioriterar åtgärder. I till exempel tätortsnära miljöer kan det vara andra värden än virkesvärdet som bestämmer prioriteten.

Blädningsskogens utseende och dynamik

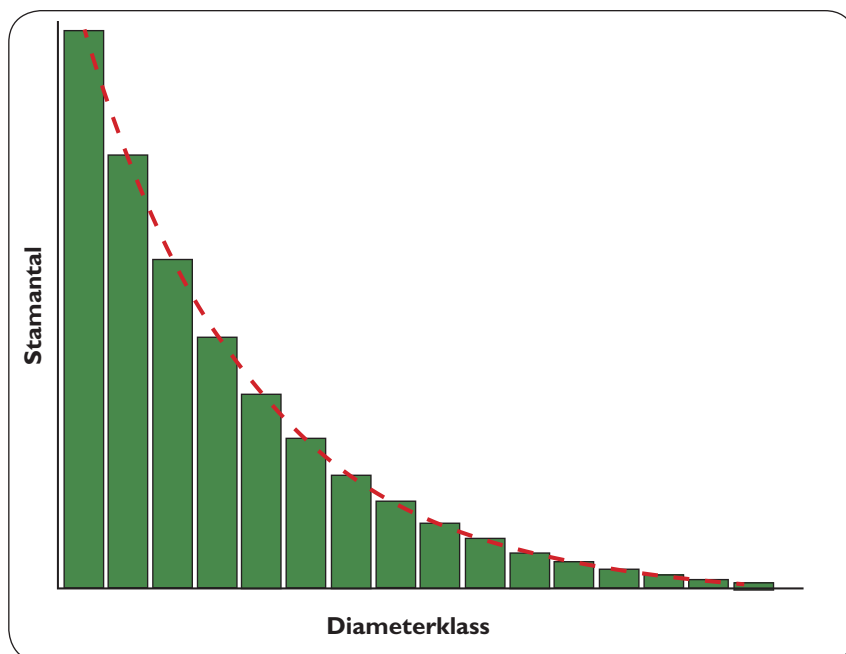
Blädningsskogen har en inverterat J-formad diameterfördelning, och träd som dör eller avverkas ersätts gradvis genom inväxning av mindre träd.

Diameterfördelningen

Det klassiska kännetecknet på skogar som sköts med blädningsbruk är den konkava, "inverterat J-formade" diameterfördelningen. Den förste som beskrev J-kurvan i blädningsskog var den schweiziske skogsforskaren François de Liocourt.⁴¹ Vid studium av olikåldriga blandskogar av silvergran, bok och gran i Savoien i franska alperna fann Liocourt att diameterfördelningen ganska väl följde en geometrisk serie.

Liocourts geometriska serie kan enkelt beskrivas med en konstant⁴², det så kallade q-värdet, som är kvoten mellan stam-antalet i en diameterklass och närmast grövre klass (figur B10). Detta q-värde ger på ett enkelt sätt en uppfattning om diameterfördelningen i ett bestånd – ju högre q-värde desto brantare lutar kurvan – och det ger därmed också en bild av hur virkesförrådet är fördelat på små och stora träd.

Låga q-värden innebär att huvuddelen av virkesförrådet utgörs av de grövre träden medan höga q-värden innebär att det finns en stor andel klenta träd. Men q-värdet påverkas också av klassvidden i diameterfördelningen. Ju vidare diameterklasser desto högre blir q-värdet. Det gör att ett q-värde alltid måste kompletteras med klassvidden för att det ska kunna tolkas.



Figur B10 Principskiss över "inverterad J-kurva", med konstant förhållande mellan stamtalen i två intilliggande diameterklasser, det så kallade q-värdet.

⁴¹ Liocourt, F. de. 1898. De l'aménagement des sapinières. *Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et Belfort* 6, s. 396–405.

⁴² Schaeffer, A., A. Gazin & d'Alverny, A. 1930. *Sapinières: Le jardinage par contenance*. Presses Universitaires de France. Paris.

Den konkava, inverterat J-formade diameterfördelningen har senare beskrivits med flera olika matematiska funktioner. Den tidigast beskrivna och oftast använda funktionstypen är den negativa exponentialfunktionen^{43,44}:

$$n_d = c_1 e^{-c_2 d}$$

där n är antalet träd i diameterklassen d , och c_1 och c_2 är konstanter. Om diameterfördelningen utjämnas så kan q -värdet beräknas som⁴⁵:

$$q = e^{c_2 w}$$

där w är diameterklassvidden. Andra funktionstyper som använts för att beskriva diameterfördelningen är polynom och Weibullfördelning.⁴⁶

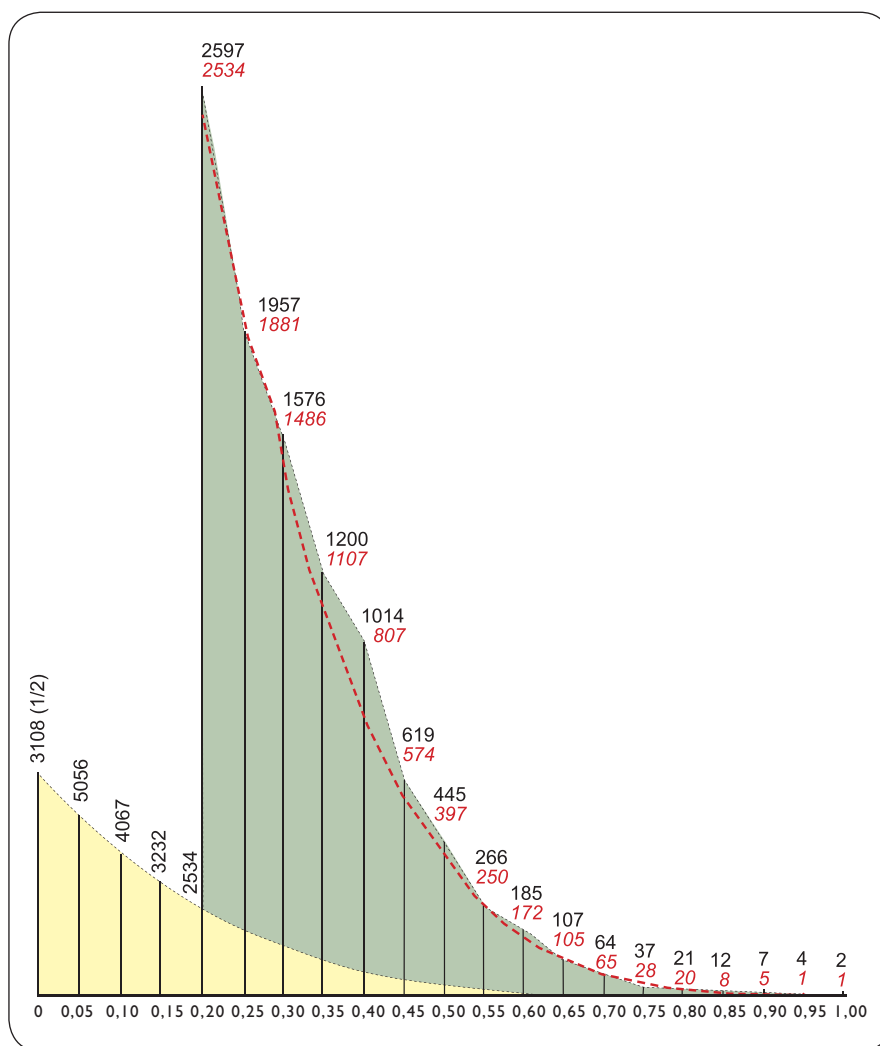
Ända sedan Liocourt presenterade den inverterade J-kurvan i slutet av 1800-talet så har den varit standard i blädningsammanhang. Att den kommit att kallas just ”inverterad J-kurva” beror dock på något så trivialt som att Liocourt presenterade sina första diagram över diameterfördelningar i stående format (figur B11), vilket gjorde att kurvan påminde om ett spegelvänt J (på engelska ”*inverted J*”). Hade han istället valt att rita sina diagram på liggande pappersformat så hade kurvan sannolikt kallats ”liggande J”.

⁴³ Meyer, H.A. 1933. Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Plenterwaldes. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 84, s. 33–46, s. 88–103, s. 124–131.

⁴⁴ Leak, W.B. 1965. The J-shaped probability distribution. *Forest Science* 11, s. 405–409.

⁴⁵ Meyer, H.A. 1933. Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Plenterwaldes. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 84, s. 33–46, s. 88–103, s. 124–131.

⁴⁶ Till exempel: Bailey, R.L. & Dell, T.R. 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science* 19, s. 97–104.



Figur B11 Diameterfördelning så som den presenterades av Liocourt år 1898.⁴⁷ Svarta siffror visar det uppmätta stamantalet och röda siffror det av Liocourt uträknade teoretiska stamantalet. Den gula delen till vänster visar en extrapolering gjord av Liocourt i skala 1:10.

Den inverterade J-kurvan har visat sig vara giltig för många olika trädslag i olika delar av världen. Att diameterfördelningen har den formen beror på sambandet mellan trädens diameter och diametertillväxt.

Diametertillväxt över diameterklasser

I enskiktad, likåldrig skog har träden störst diametertillväxt i ungdomen och den avtar sedan gradvis ju större träden blir. I en tät, välväxande fullskiktad granskog är förhållandet närmast det omvända (figur B12). Ju grövre träden blir desto bredare blir årsringarna i brösthöjd och ökningen kulminerar inte förrän träden blivit mycket grova.^{48,49}

⁴⁷ Liocourt, F. de. 1898. De l'aménagement des sapinières. *Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et Belfort* 6, s. 396–405.

⁴⁸ Mitscherlich, G. 1952. Der Tannen-Fichten-(Buchen)-Plenterwald. *Schriftenreihe der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt*, Freiburg im Breisgau, Heft 8.

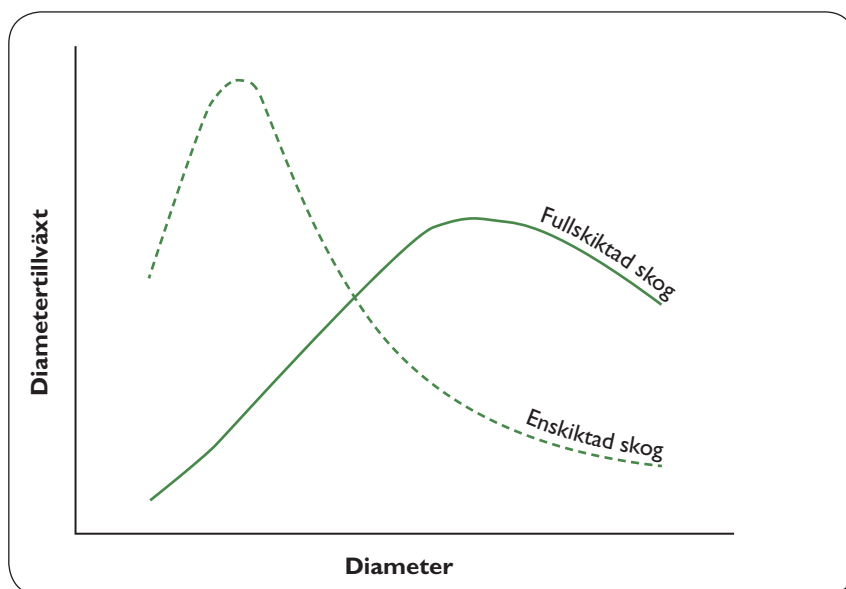
⁴⁹ Mitscherlich, G. 1961. Untersuchungen in Plenterwäldern des Schwarz waldes – Die Versuchsflächen Wolfach 3/II und Freudenstadt, Plenter wald 5. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 132, heft 3 und 4.

Den stigande diametertillväxten gör att träden växer igenom diameterklasserna allt snabbare. Antalet träd som samtidigt befinner sig i varje diameterklass sjunker därför med stigande diameter. Detta är den viktigaste orsaken till varför diameterfördelningen är inverterat J-formad i fullskiktad skog. Med kännedom om sambandet mellan diameter och diametertillväxt kan man faktiskt beräkna formen på diameterfördelningen. Detta visades första gången i Tyskland på 1940-talet av Prodan⁵⁰:

$$\frac{n_j}{n_{j+1}} = \frac{i_{j+1}}{i_j}$$

där n är antalet träd och i diametertillväxten i diameterklasserna j och $j+1$.

För att ekvationen ska stämma måste dock den genomsnittliga inväxningen in i minsta inmätta diameterklass vara konstant över tiden. Ekvationen förklarar varför diameterfördelningen blir fallande, men för att man ska få en fördelning med konstant q -värde måste den kompletteras med självgallring och avverkning.



Figur B12 Principfigur över diametertillväxten i enskiktad skog (streckad linje) respektive fullskiktad skog (heldragen linje).

Med hjälp av sambandet mellan diameter och diametertillväxt kan man beräkna ungefär hur lång tid det tar för träd i en fullskiktad skog att växa upp från litet till stort träd. En årsringsbredd på 1 mm innebär att det tar 50 år att växa 10 cm och en årsringsbredd på 2 mm innebär 25 år.

Avgångar och blädningsjämvikt

Sedan granarna i en fullskiktad skog passerat plantstadiet och vuxit upp i trädskiktet så är den naturliga avgången liten. På SLU:s fasta försöksytor var avgången bland träd som var 8,5 cm i diameter eller mer, i genomsnitt mindre än 1,5 träd per hektar och år, vilket motsvarar mindre än 0,5 procent av

⁵⁰ Prodan, M. 1944. *Zuwachs- und Ertragsuntersuchungen im Plenterwald*. Dissertation. Albert Ludwigs-Universität zu Freiburg im Breisgau.

stamantalet per år.⁵¹ Huvuddelen av avgången låg i de grövre diameterklasserna, vilket får till följd att stamantalet sjunker även i de grövre diameterklasserna trots att diametertillväxten är lika i dessa klasser.

Med utgångspunkt från diametertillväxten och önskvärd avverkning i olika diameterklasser kan man med Prodans utökade ekvation beräkna en teoretiskt ideal diameterfördelning, kallad *blådningsjämvikt*. I formeln nedan representerar w klassvidden, t blådningsintervallet i antal år och a antalet träd som ska avverkas (inkluderar även självgallring).

$$\frac{n_j}{n_{j+1}} = \frac{i_{j+1}}{i_j} + \frac{w \cdot a_{j+1}}{t \cdot i_j}$$

Faktum är dock att inte ens de skogar Liocourt studerade uppvisade någon perfekt J-kurva. Hur jämn en diameterfördelning blir beror nämligen också på vilken klassvidd man använder och hur stor yta man inventerar. I princip är det så att ju vidare diameterklasser och ju större yta man mäter in, desto jämnare blir diameterfördelningen.

Rumslig fördelning av träden

Ett annat karaktärsdrag hos fullskiktade skogar är att träden och plantorna är mycket ojämnt fördelade över arealen.

I enskiktade skogar är träden oftast relativt jämnt fördelade. Självgallring gör dessutom att även en relativt ojämn föryngring med tiden jämnar ut sig. I fullskiktade skogar kvarstår däremot ojämnheten över tiden och både träd och plantor är normalt mycket ojämnt fördelade.^{52,53,54} Detta gör att blådningsskog alltid upplevs som luckig och gruppställd. Där finns fläckar med alla träd- och plantstorlekar representerade, men också små, homogena trädgrupper och även helt tomma fläckar – riktiga luckor (figur B13). Det tycks inte heller finnas något enkelt samband mellan exempelvis trädens och plantornas rumsliga fördelning.⁵⁵

Den här variationen i rumslig fördelning av träd och plantor är helt naturlig och det är tveksamt om det är möjligt, eller ens önskvärt, att i någon större utsträckning jämnar till den.

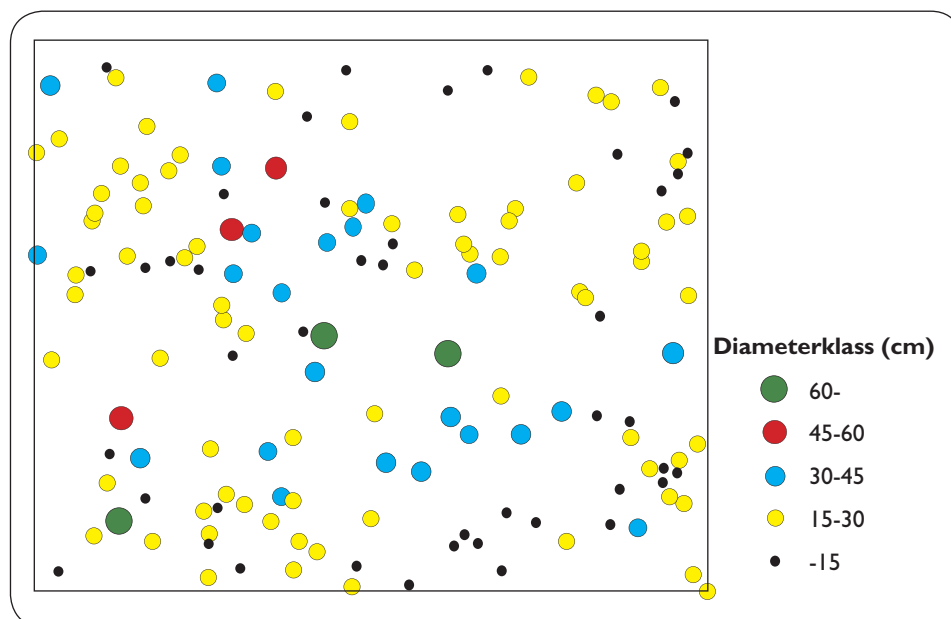
⁵¹ Lundqvist L. 1993. Changes in the stand structure on permanent plots managed with single-tree selection. *Scand. J. For. Res.* 8, s. 510–517.

⁵² Lundqvist, L. 1994a. Growth and competition in partially cut sub-alpine Norway spruce forests in northern Sweden. *For. Ecol. Manage.* 65, s. 115–122.

⁵³ Lundqvist, L. 1994b. Beståndsföryngring i fjällnära granskog. SLU, inst. för skogsskötsel, *Arbetsrapporter* nr 80.

⁵⁴ Leemans, R. 1991. Canopy gaps and establishment patterns of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in two old-growth coniferous forests in central Sweden. *Vegetatio* 93, s. 157–165.

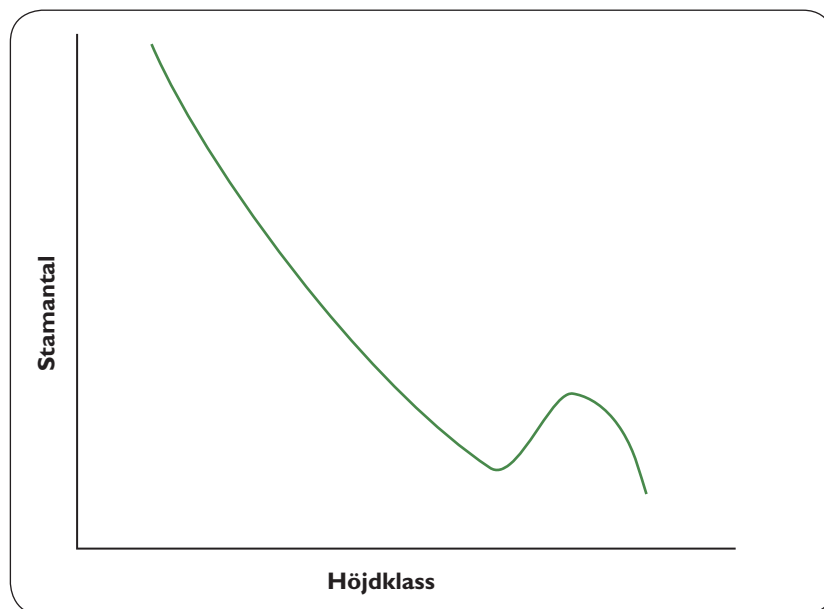
⁵⁵ Lundqvist, L. & Fridman, E. 1996. Influence of local stand basal area on density and growth of regeneration in uneven-aged *Picea abies* stands. *Scand. J. For. Res.* 11, s. 364–369.



Figur B13 Exempel på trädens rumsliga fördelning i fullskiktad skog.⁵⁶

Höjdfördelning och höjdtillväxt

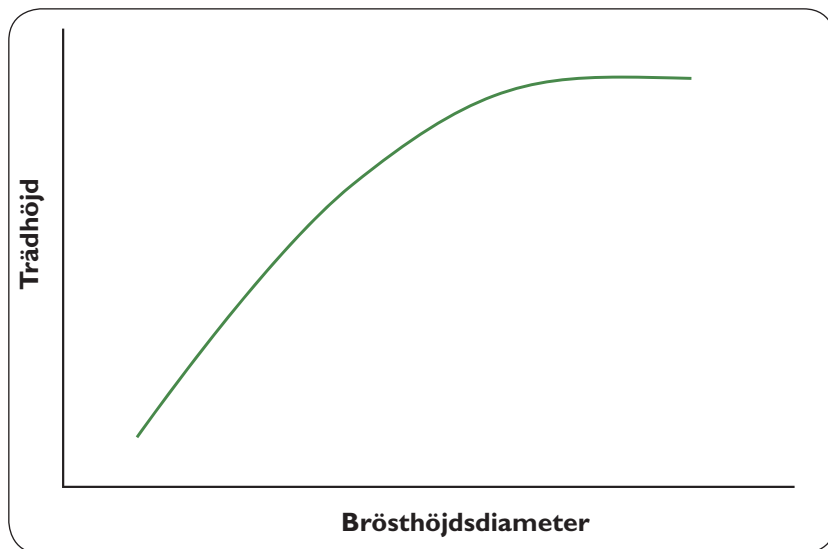
I fullskiktade bestånd har *höjdfördelningen* ungefär samma form som diameterfördelningen, men det finns en mycket markant skillnad. Medan diameterfördelningen långsamt planar ut så har höjdfördelningen normalt en tydligt markerad puckel i de översta höjdklasserna (figur B14).



Figur B14 Principfigur över höjdfördelningen i fullskiktad skog.

⁵⁶ Lundqvist, L. & Fridman, E. 1996. Influence of local stand basal area on density and growth of regeneration in uneven-aged *Picea abies* stands. *Scand. J. For. Res.* 11, s. 364–369.

Förklaringen ligger i höjdkurvans utseende. Som framgår av figur B15 så planar höjdkurvan ut väldigt tydligt i övre delen. De stora träden fortsätter att växa på diametern medan höjdtillväxten avstannar nästan helt. Resultatet blir att alla grova träd samlas i de översta höjdklasserna. Höjdfördelningens form gör att en fullskiktad skog ofta upplevs som på gränsen till tvåskiktad för den ovane.



Figur B15 Höjdkurvans normala utseende i fullskiktad skog.

Rent visuellt får man intrycket att det finns gott om små och riktigt stora träd men att det saknas i mellanstorleken. Detta är alltså delvis korrekt och helt i sin ordning. Det gör också att man är tvungen att mäta och beräkna en diameterfördelning för att kunna avgöra om en skog är fullskiktad eller ej.

Under tidigt 1900-tal försökte man att använda höjdkurvan för att bonitera blådningskog i Schweiz.^{57,58} Idén övergavs dock sedan Assmann visat att höjdkurvan påverkas för mycket av förändringar i diameterfördelningen.⁵⁹ Det är framförallt maximidiametern och den totala grundytan som påverkar höjdkurvans lutning och kulminationsnivå. Väldigt hårda gallringar kan förändra höjdkurvans form till att bli nästan linjär⁶⁰, men om man håller ungefär samma diameterfördelning från blådnings till blådnings så förblir höjdkurvan i princip oförändrad över tiden.

Inväxning och föryngring

För att blådningsbruk ska fungera på lång sikt – alltså mer än ett sekel – krävs att de träd som avverkas eller dör så småningom ersätts av nya träd. Denna process när plantor och små träd växer in i trädskiktet kallas inväxning. Så länge inväxningen motsvarar avverkning plus avgång så är inväxningen tillräcklig, oavsett hur mycket eller litet plantor det momentant finns i beståndet.

⁵⁷ Flury, P. 1929. Über den Aufbau des Plenterwaldes. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für den Forstliche Versuchswesen* 15, s. 303–358.

⁵⁸ Flury, P. 1933. Über den Wachstumsverhältnisse des Plenterwaldes. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für den Forstliche Versuchswesen* 18, s. 55–151.

⁵⁹ Assmann, E. 1953. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 124, s. 175–177.

⁶⁰ Lundqvist, L. 2004. Stand development in uneven-aged sub-alpine *Picea abies* stands after partial harvest estimated from repeated surveys. *Forestry* 77, s. 119–129.

Mängden inväxning beror av tre faktorer:

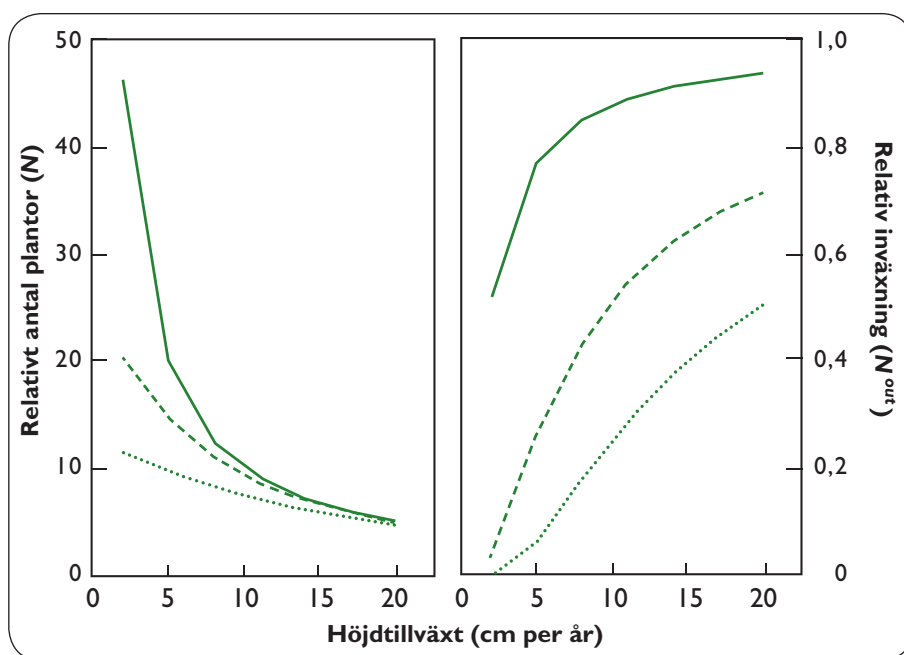
- mängden plantor och småträd under inväxningsgränsen (N)
- plantornas och småträdens årliga tillväxt (i) i höjd eller diameter
- den årliga avgången bland plantor och småträd (m).

Med kännedom om dessa tre faktorer samt klassvidden (w) kan inväxningen (G) beräknas:⁶¹

$$G = N \frac{m(1-m)^{w/i}}{1-(1-m)^{w/i}}$$

I formeln ovan visar w/i den genomsnittliga tid plantorna och småträden behöver för att växa igenom skiktet upp förbi inväxningsgränsen. Kvoten i/w anger på motsvarande sätt hur stor andel av plantorna och småträden som årligen växer förbi inväxningsgränsen.

Av figur B16 framgår hur plantornas höjdtillväxt påverkar plantantalet respektive inväxningen ur principiell synpunkt. Viktigt att notera är att en ökning av plantornas höjdtillväxt höjer inväxningen men sänker plantantalet. Planträkingar fyller därför ingen funktion i en skog skött med blädningsbruk om man inte samtidigt mäter höjdtillväxten så att man kan beräkna inväxningen.

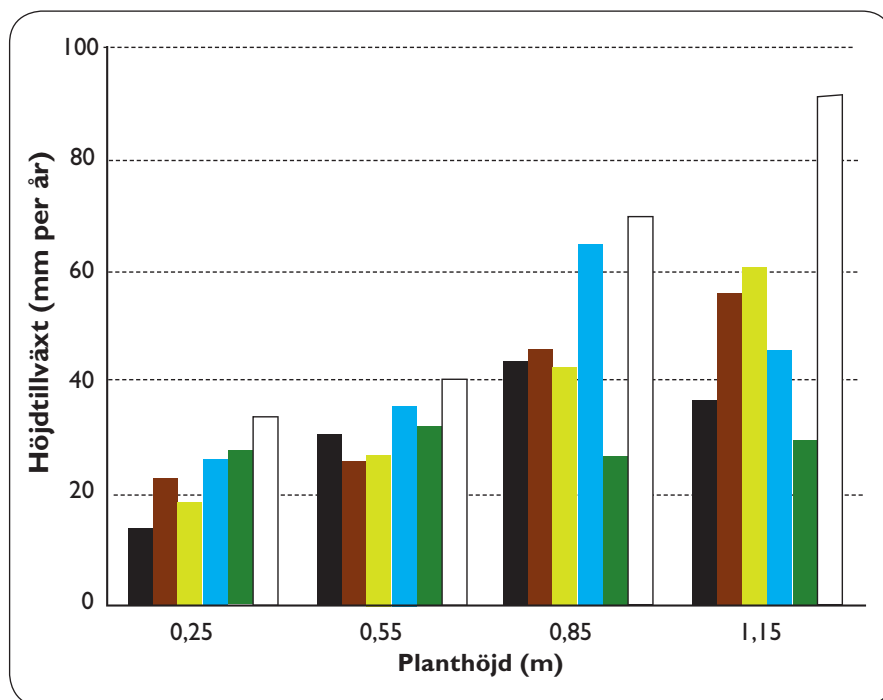


Figur B16 Totalt antal plantor (0,1-1,3 m) i plantskiktet (vänster) och årlig inväxning i trädsiktet (höger) i fullskiktad skog vid olika genomsnittlig höjdtillväxt för plantorna, om det årligen växer in en planta i plantskiktet. Linjerna anger olika nivåer på genomsnittlig dödlighet bland plantorna: 1 % (heldragen linje), 5 % (streckad linje) och 10 % (prickad linje). Baserat på en modell presenterad av Lundqvist.⁶²

⁶¹ Lundqvist, L. 1995. Simulation of sapling population dynamics in uneven-aged *Picea abies* forests. *Annals of Botany* 76, s. 371–380.

⁶² Lundqvist, L. 1995. Simulation of sapling population dynamics in uneven-aged *Picea abies* forests. *Annals of Botany* 76, s. 371–380.

Tillväxten hos granplantorna är låg i en blädningsskog. Man får normalt räkna med att granplantor har en genomsnittlig årlig höjdtillväxt omkring 2-4 cm per år.⁶³ Plantor under 0,5 m höjd har normalt cirka 1-3 cm toppskott, mellan 0,5 m och brösthöjd har de 4-8 cm toppskott, medan plantor som passerat brösthöjd kan ha 10 cm toppskott (figur B17). Det betyder att de behöver 40-60 år för att nå 1,3 m höjd och ytterligare 50-80 år för att nå 7-8 m höjd, vilket motsvarar ungefär 8 cm diameter i brösthöjd.



Figur B17 Höjdtillväxt hos granplantor på några svenska försöksytor skötta med blädningsbruk, efter Lundqvist (1991).⁶⁴ Varje försöksled representeras av en färg.

Den långsamma tillväxten i ungdomen tycks dock inte påverka plantornas möjligheter att i framtiden utvecklas till stora, välväxande träd. För granplantor under 1 m höjd tycks det dessutom vara så att deras tillväxt inte påverkas av hur tät eller gles den fullskiktade skogen är i deras närmaste omgivning.⁶⁵

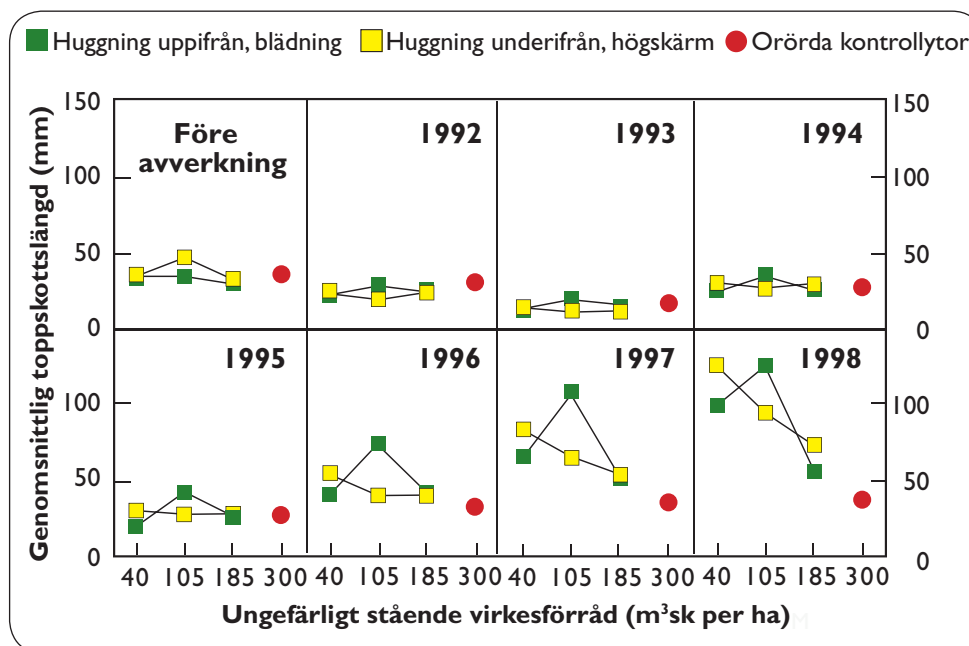
Överhuvudtaget verkar det som om just det faktum att plantorna växer i fullskiktad skog påverkar deras tillväxt. När man glesar ut en skärm så vet man att plantornas höjdtillväxt kommer att öka ungefär i proportion till hur hårt man gallrar i skärmen.⁶⁶ Något liknande enkelt samband tycks inte gälla för granplantor i fullskiktad granskog (figur 18).

⁶³ Lundqvist, L. 1991. Some notes on the regeneration on six permanent plots managed with single-tree selection. *For. Ecol. Manage.* 46, s. 49–57.

⁶⁴ Lundqvist, L. 1991. Some notes on the regeneration on six permanent plots managed with single-tree selection. *For. Ecol. Manage.* 46, s. 49–57.

⁶⁵ Lundqvist, L. & Fridman, E. 1996. Influence of local stand basal area on density and growth of regeneration in uneven-aged *Picea abies* stands. *Scand. J. For. Res.* 11, s. 364–369.

⁶⁶ Hagner, S. 1962. Naturlig föryngring under skärm. *Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut* 52:4.



Figur B18 Höjdtillväxt hos plantor på försöksytor i Fagerland, Jämtland, efter Nilsson och Lundqvist (2001)⁶⁷.

Den årliga mortaliteten bland plantorna är mycket hög under de första åren efter frögroningen, mellan 90 och 99 procent finns redovisat.^{68,69} För de plantor som överlever de första åren och lyckas nå 5-10 cm höjd så sjunker dock dödligheten radikalt, ned till cirka 2-7 procent årlig mortalitet bland plantor lägre än 1,3 m.^{70,71,72}

Inväxningens storlek varierar en hel del i de undersökningar som finns publicerade. På Skogshögskolans gamla fasta försöksytor belägna på medelgod, "normal" skogsmark låg inväxningen oftast i intervallet 5-15 st per ha och år som växte förbi 8,5 cm diameter i brösthöjd.⁷³ Det fanns dock ytor där inväxningen låg så lågt som 2-3 st per ha och år, men också så högt som 20-30 st per ha och år.

Liknande nivåer observerades i fjällskogshuggen skog i Jämtland.⁷⁴ De viktigaste slutsatserna i de få studier som gjorts är dels att den inväxning

⁶⁷ Nilson, K. & L. Lundqvist. 2001. Effects of stand structure and density on development of natural regeneration in two *Picea abies* stands in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 16, s. 253-259.

⁶⁸ Arnborg, T. 1947. Föryngringsundersökningar i mellersta Norrland. *Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, s. 247-293.

⁶⁹ Leemans, R. 1991. Canopy gaps and establishment patterns of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in two old-growth coniferous forests in central Sweden. *Vegetatio* 93, s. 157-165.

⁷⁰ Lundqvist, L. 1991. Some notes on the regeneration on six permanent plots managed with single-tree selection. *For. Ecol. Manage.* 46, s. 49-57.

⁷¹ Nilson, K. & L. Lundqvist. 2001. Effects of stand structure and density on development of natural regeneration in two *Picea abies* stands in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 16, s. 253-259.

⁷² Lundqvist, L. & Nilson, K. 2007. Regeneration dynamics in an uneven-aged virgin Norway Spruce forest in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 22, s. 304-309.

⁷³ Lundqvist, L. 1993. Changes in the stand structure on permanent plots managed with single-tree selection. *Scand. J. For. Res.* 8, s. 510-517.

⁷⁴ Lundqvist, L. 2004. Stand development in uneven-aged sub-alpine *Picea abies* stands after partial harvest estimated from repeated surveys. *Forestry* 77, s. 119-129.

som skett har varit tillräcklig för att bevara den fullskiktade blådnings-skogen, och dels att utglesning av överbeståndet inte har ökat inväxningen.^{75,76}

På Skogshögskolans gamla fasta försöksytor har inväxningen förbi 8,5 cm diameter i brösthöjd nästan uteslutande bestått av gran. En liten mängd björk har dock förekommit, normalt mindre än 10 procent av inväxningen. Tall har bara lyckats växa in på de allra glesaste och sämst producerande ytorna.

När det gäller inväxningen så bör det slutligen noteras att även om för-yngringen helt skulle upphöra av någon anledning så påverkar detta inte möjligheterna att bläda idag. De träd som finns idag räcker normalt i ett sekel eller mer, och de plantor och småträd som redan finns i beståndet räcker normalt för att ge tillräcklig inväxning under samma tidsrymd, vilket i sin tur innebär att man har gott om tid på sig att se hur beståndet utvecklar sig. Man kan därför utan oro bläda beståndet flera gånger även om man är osäker på om marken långsiktigt är tillräckligt ”föryngrings-villig”. Den långsamma föryngringsprocessen är ur den synpunkten en styrka hos blådningsbruket, eftersom det ger skogsskötaren många decenniers förvarning om vad som kan komma att hända på sikt.

Volymtillväxt

I Norden har det hittills gjorts få studier av volymtillväxten i blådnings-skog. Sammantaget visar dessa studier att det finns ett positivt samband mellan virkesförråd och tillväxt (figur B19).^{77,78,79,80,81,82,83,84}

Litet virkesförråd ger låg tillväxt och stort virkesförråd ger hög tillväxt. Det finns dock en övre nivå ovanför vilken tillväxten aldrig kan nå. Denna slutsats stöds av simuleringar gjorda med en produktionsmodell

⁷⁵ Lundqvist, L. 1993. Changes in the stand structure on permanent plots managed with single-tree selection. *Scand. J. For. Res.* 8, s. 510–517.

⁷⁶ Lundqvist, L. 2004. Stand development in uneven-aged sub-alpine *Picea abies* stands after partial harvest estimated from repeated surveys. *Forestry* 77, s. 119–129.

⁷⁷ Barth, A. 1929. Skjermforyngelsen i produksjonsøkonomisk belysning. *Acta Forestalia Fennica* 34, nr 15.

⁷⁸ Sarvas R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus etelä-Suomen yksityismetsiin. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33.

⁷⁹ Näslund, M. 1942. Den gamla granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. *Meddelande från statens skogsförsöksanstalt* 33, s. 1–212.

⁸⁰ Böhmer, J.G. 1957. Bledningsskog II. *Tidsskrift för skogbruk* 65.

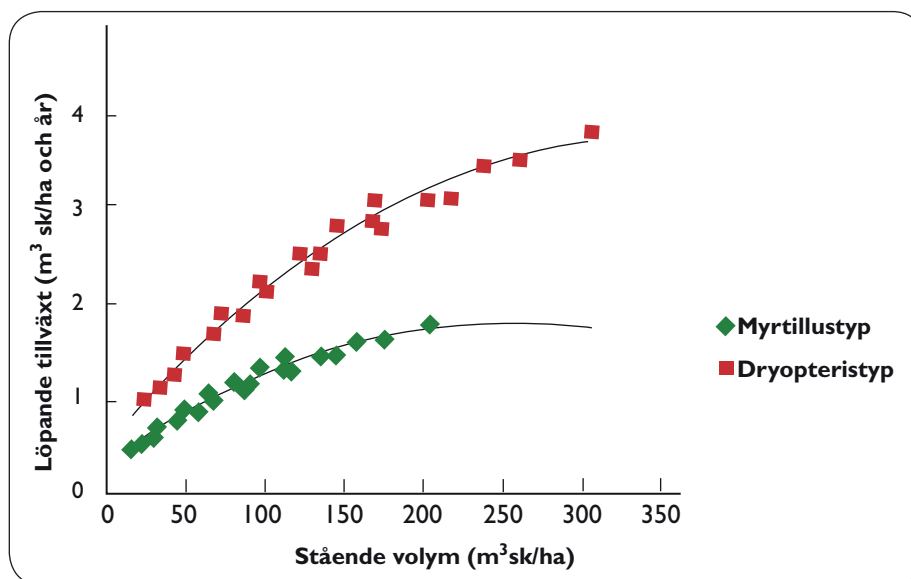
⁸¹ Lundqvist, L. 1989. Volume increment on experimental plots managed with single-tree selection. I: *Blådnings i granskog – strukturförändringar, volymtillväxt, inväxning och föryngring på försöksytor skötta med stamvis blådnings*. Avhandling. SLU, inst. för skogsskötsel.

⁸² Lundqvist, L. 1994b. Beståndsföryngring i fjällnära granskog. SLU, inst. för skogsskötsel, *Arbetsrapporter* nr 80.

⁸³ Andreassen, K. 1994. Utvikling og produksjon i bledningsskog. *Meddelelse fra Skogforsk* 47, 1–37.

⁸⁴ Lundqvist, L. 2012. Virkesproduktion och inväxning i skiktad skog efter höggallring. *Rapport 11/2012*, Skogsstyrelsen.

baserad på data från sex fasta försöksytor skötta med blädning⁸⁵, och även av studier gjorda i andra delar av världen.^{86,87,88,89}



Figur B19 Exempel på samband mellan stående volym och löpande tillväxt efter gallring i äldre olikåldrig granskog, baserat på tabell 27 och figur 47 ur Näslunds studie av norrländsk granskog. Myrtillustyp och Dryopteristyp motsvarar sämre och bättre bonitet.⁹⁰

Uppkomst av fullskiktad skog

En fullskiktad skog har träd i alla höjdklasser, från små plantor till stora träd, i alla delar av skogen, och det finns alltid fler små än stora träd. Det som är typiskt för en sådan skog är att plantorna och de små träden växer långsamt, att tillväxten gradvis ökar ju större träden blir, att dödligheten bland träden är låg, att träd av olika storlekar är ojämnt fördelade i skogen men att det inte finns någon enkel koppling mellan exempelvis luckor efter träd som dött och förekomst av plantor.

Det finns en allmänt spridd missuppfattning att dynamiken i en fullskiktad skog är beroende av luckor som bildas när stora träd dör. I verkligheten är det så att plantor och mindre träd växer upp vid sidan av de medelstora

⁸⁵ Chrimes, D. 2004. Stand Development and Regeneration Dynamics of Managed Uneven-aged *Picea abies* Forests in Boreal Sweden. SLU. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, *Silvestria* 304.

⁸⁶ Eyre, F.H. & Zilgitt, W.M. 1953. Partial cuttings in northern hardwoods of the Lake States. Twenty-year experimental results. *USDA Technical Bulletin* 1076.

⁸⁷ Leak, W.B., Solomon, D.S. & Filip, S.M. 1969. A silvicultural guide for northern hardwoods in the northeast. *USDA Forest Service, Research paper* NE-143.

⁸⁸ Murphy, P.A. 1980. Growth and yield of uneven-aged loblolly-shortleaf pine stands – a progress report. I: *Proceedings of the first biennial silvicultural research conference*. Barnett J.P. (redaktör), Atlanta Georgia Nov 6–7, 1980.

⁸⁹ Crow, T.R., Jacobs, R.D., Oberg, R.R. & Tubbs, C.H. 1981. Stocking and structure for maximum growth in sugar maple selection stands. *USDA Forest service, Research paper* NC-199.

⁹⁰ Näslund, M. 1942. Den gamla granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. *Meddelande från statens skogsförsöksanstalt* 33, s. 1–212.

och större träden. Det är denna förmåga hos gran som gör att en mycket stor andel skogsmark i Sverige till sist skulle domineras av granskog, om inte skogsbrand eller avverkning gav möjlighet för andra trädslag att föryngra sig.

Att byta skogsskötselssystem från blädningsbruk till trakthyggesbruk är enkelt. Man kan antingen slutavverka eller också låggallra beståndet. Att byta från trakthyggesbruk till blädningsbruk är däremot en mycket svår och utdragen process, och måste nog betraktas som i praktiken omöjlig.

Som ett grovt riktmärke kan man räkna med att det tar 50 år för en granplanta att nå brösthöjd i ett fullskiktat bestånd på en medelgod mark. Under de följande 50 åren når trädet 5-10 meters höjd, och under den därpå följande 50-årsperioden bör det kunna uppnå 20 meters höjd. Oavsett i vilket läge en omföring från enskiktat till fullskiktat påbörjas, så får man därför räkna med att det tar mycket lång tid, förmodligen 100-150 år. Det finns av förklarliga skäl inga vare sig praktiska eller experimentella försök som visar hur en omföring kan fungera. Däremot finns det några försök att simulera en omföring med hjälp av produktionsmodeller. Gemensamt för dem är att de visar att det är en långsam och svår process.⁹¹

⁹¹ Hanewinkel, M. & Pretzsch, H. 2000. Modelling the conversion from even-aged to uneven-aged stands of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) with a distance-dependent growth simulator. *For. Ecol. Manage.* 134(1-3), s. 55-70.

Blådningsbrukets historia

Blådningsbruket utvecklades i slutet av 1800-talet i bondeskogarna i gränsområdena mellan Tyskland, Frankrike och Schweiz. I Sverige missförstod man redan från början dess huvudprinciper.

Blådningsbruket i dess nuvarande form har bara existerat i drygt hundra år. Det är alltså ett relativt nytt skogsskötselssystem. Det har dock anor mycket långt tillbaka i tiden, i det medeltida Frankrike.

Där förekom det fram till 1200-talet något som kallades ”*furetage*”, vilket var en sorts reglerad plockhuggning i lövskog. Reglerna var dock mycket liberala, vilket ledde till hårda avverkningar. I början av 1300-talet infördes därför kalhuggning. Plockhuggningen levde dock kvar i både Frankrike, Tyskland och Schweiz under de följande århundradena, framförallt i bergstrakterna.

Under 1700-talet började man återigen försöka reglera plockhuggningen, bland annat i Juraprovinzen i östra Frankrike. Man arbetade där med huggningsintervall mellan 8 och 25 år, och begränsade antalet träd som fick fällas i olika storleksklasser: Till exempel 1,5-2 stammar per ha och år med diameter 20-30 cm och 1 träd per ha och år med diameter över 30 cm.

Plockhuggningen användes fram till 1840-talet. Det förekom dock fortfarande en hel del missgrepp, främst i form av för hårda huggningar. En bidragande orsak till detta var de stora politiska omvälvningarna, vilka bland annat förändrade ägarsituationen på många håll och därmed långsiktigheten i synen på skogsbruket. De politiska omvälvningarna påverkade även forskningen. Fram till 1840-talet hade Frankrike dominerat skogsforskningen, men det politiska läget gjorde att den utvecklingen avbröts. Initiativet gick istället till Tyskland och detta fick återverkningar även på skogsbrukets utformning. Mot slutet av 1840-talet hade plockhuggning förbjudits i hela Europa i stats- och bolagsägd skog och kalhyggesbruket hade på nytt slagit igenom.

Plockhuggningen fortsatte dock i bondeskogarna i både Tyskland, Frankrike och Schweiz. Dessa skogar försåg bönderna med mycket av det virke som gårdarna behövde för husbyggnad, staket, bränsle, redskap, osv. För bönderna var det nödvändigt att alla dessa typer av behov kunde täckas vid varje tidpunkt och den egna lilla skogen måste därför hela tiden innehålla både små och stora träd. Eftersom fastigheterna ofta var små – i Schweiz var medelfastigheten mindre än 3 ha, i Allgäu 14–16 ha och i Bayerska alperna 15 ha – så föll det sig naturligt att ha fullskiktade skogar.

Mot slutet av 1800-talet kom en allmän reaktion mot monokulturer och likformiga skogar på kontinenten. Man talade på nytt om fördelarna med mer oregelbunden skog, både vad gäller trädslagsblandning och olikåldrighet, och plockhuggning lyftes på nytt fram som ett föredöme.

Plockhuggningen studerades, utvecklades och reglerades av forskare

som Gurnaud (1878)⁹², Kraft (1892)⁹³, Hufnagl (1893)⁹⁴, Stoeßer (1897)⁹⁵, Liocourt (1898)⁹⁶, och d’Alverny (1904)⁹⁷ och i slutet av 1800-talet föddes det kontrollerade, systematiserade blådningsbruket. Det var det system som bäst motsvarade böndernas behov och de skuggfördragande trädslag som dominerade området (gran, silvergran och bok). Fram till mitten av 1900-talet skrevs också flera läroböcker om blådning, av till exempel Balsiger (1914)⁹⁸, Dannecker (1929)⁹⁹ och Ammon (1951)¹⁰⁰. Plockhuggning som begrepp ersattes därmed av begreppet blådning.

Blådningsbruk har aldrig varit särskilt vanligt i Europa. Det har i huvudsak varit begränsat till små privata eller samfälliga skogar, bergsområden och alperna. Det har dessutom hela tiden varit begränsat till skogar dominerade av de skuggfördragande trädslagen gran, silvergran och bok. När man använt blådning inom stats- och bolagsskogsbruket har skälen oftast varit skydd mot erosion och snöskred, föryngringssvårigheter och problem med skogsbränder. Idag förekommer blådningsbruk i varierande omfattning över hela världen med ett stort antal trädslag. Begreppet används dock ibland även, felaktigt, för att beskriva exempelvis exploaterande avverkningsformer som dimensionshuggning.

Blådningsbrukets historia i Sverige

Reaktionen mot kalhyggen spred sig även till de nordiska länderna. I Sverige skrev Uno Wallmo sin klassiska bok “Rationell skogsafverkning”¹⁰¹ där han ondgjorde sig över kalhyggen och istället propagerade för höggallring och luckhuggning (men inte för blådning!).

I Norrland var det ofta fråga om första gången man avverkade i bestånden och eftersom det bara fanns avsättning för sågtimmer, och främst av tall, så bedrevs avverkningarna inledningsvis i form av dimensionshuggningar och plockhuggningar, dvs ingen regelrätt blådning (jfr figur B20).

⁹² Gurnaud, A. 1878. *Cahier d’aménagement pour l’application de la méthode par contenance exposée sur la forêt des Éperons*. Exposition universelle de 1878, à Paris.

⁹³ Kraft, A.D. 1892. Zur Regelung des Plenterwaldes. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 46, s. 325–328.

⁹⁴ Hufnagl, L. 1893. Der Plenterwald, sein Normalbild, Holzvorrath, Zuwachs und Ertrag. *Österreichische Vierteljahresschrift für Forstwesen* no. 9, s. 117–132.

⁹⁵ Stoeßse, Dr. 1897. Zur Betriebseinrichtung und Ertragsregelung des Plenterwaldes. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, s. 199–206.

⁹⁶ Liocourt, F. de. 1898. De l’aménagement des sapinières. *Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et Belfort* 6, s. 396–405.

⁹⁷ d’Alverny, A. 1904. L’aménagement des résineux en montagne. *Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et Belfort* 7, s. 408–440, s. 465–489.

⁹⁸ Balsiger, R. 1914. *Der Plenterwald und seine Bedeutung für die Forstwirtschaft der Gegenwart*. Buchdruckerei Böhler & Co., Bern.

⁹⁹ Dannecker, K. 1929. *Der Plenterwald einst und jetzt*. Verlagsbuchhandlung von Eugen Ulmer, Stuttgart.

¹⁰⁰ Ammon, W. 1951. *Das Plenterprinzip in der Waldwirtschaft – Folgerungen aus 40 Jahren schweizerischer Praxis*. Dritte verbesserte Auflage, Verlag Paul Haupt, Bern-Stuttgart.

¹⁰¹ Wallmo, U. 1897. *Rationell skogsafverkning*. Stockholm.



*Figur B20 Privatägd skog i Ångermanland som blädnats i 40 år.
Foto Sebastian Kirppu.*

Under 1920- och 1930-talen blev det dessutom lågkonjunktur. Den svaga ekonomin medgav inte att man investerade i aktiva föryngringsåtgärder, utan man förlitade sig på naturlig föryngring. Samtidigt började massaindustrin utvecklas, vilket gjorde att det fanns avsättning även för klena träd. Resultatet blev att man kunde återvända till tidigare genomhuggna bestånd och att avverkningarna gjordes allt hårdare.

Ett flertal studier gjordes där man studerade resultatet av avverkningarna. Eftersom man inte hade förstått vare sig syftet eller huvuddragen i blädningsbruket, utan uppfattade blädning som en alternativ form av slutavverkning, så studerades dock aldrig virkesproduktionen. Istället gjorde man som i trakthyggesbruket. Man räknade plantor. I de flesta av studierna kom man fram till att det fanns för få plantor i bestånden och att de plantor som fanns växte för långsamt. För att råda bot på detta så rekommenderade man ännu kraftigare ingrepp. Det enda bestående resultatet var att tillväxten sjönk drastiskt i bestånden.¹⁰²

Missförstådd metod

Av någon anledning så uppfattade Skogs-Sverige aldrig kärnpunkterna i blädningsbruket: skuggfördragande trädslag, konkav diameterfördelning, och stort virkesförråd hela tiden för att därigenom kontinuerligt kunna upprätthålla en hög tillväxt. Tvärtom, man högg hårt, lämnade små virkesförråd, tog upp luckor, och ”blädade” även i tallskog. Misstaget var att man alltså uppfattade blädning som en föryngringsmetod och inte som en form av gallring.

En av förklaringarna kan vara den allmänna villervalla som rådde vad gäller namn på olika åtgärder. Som exempel kan nämnas att Uno Wallmo, som var mycket aktiv i debatten, kallade höggallring för individblädning och

¹⁰² Nilson, K. 2001. Regeneration Dynamics in Uneven-aged Norway spruce Forests with Special Emphasis on Single-tree Selection. SLU. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvicultura* 209.

luckhuggning för gruppvis blådning. Ironiskt nog har han därigenom också kommit att uppfattas som blådningsens svenske fader, trots att Wallmo själv med skärpa påpekade att ”fullständigt olikåldriga skogar” ville han absolut inte ha, ännu mindre rena granskogar.^{103,104}

Mot slutet av 1940-talet och början av 1950-talet kantrade skogsopinionen över igen från blådningsbruk och naturlig föryngring till kalhyggen och skogsodling. Skälen var många. De bestånd som genomhuggits (”blådats”) reagerade inte som förväntat, framförallt inte vad gäller föryngringen, medan flera lyckade exempel på hyggesföryngring visades upp från skilda delar av landet. Dessutom började skogsarbetet så smått att mekaniseras och den nya tekniken passade bäst för kalhuggning.

Blådning förbjöds på statens skogar

En tydlig vändpunkt kom när generaldirektören Höjjer vid dåvarande Kungliga Domänstyrelsen i januari 1950 utfärdade Cirkulär 1/50 där blådning förbjöds på statens skogar.¹⁰⁵ Under de följande decennierna slog pendeln över med full kraft. Avverkningarna mekaniserades allt mer, hyggerna växte, och hyggesrensning, markberedning och plantering blev självklara ingredienser i vad som kom att kallas ”skogsvård”. Blådning blev närmast ett skällsord och ansågs som helt förkastligt och fördärligt för den svenska skogen. Under 1970-talet hade processen gått så långt att till och med naturvården och miljörelsen accepterade trakthyggesbruket och kalhyggen som det enda realistiska alternativet för svenskt skogsbruk.¹⁰⁶

Den skogspolitik som infördes 1993 syftade bland annat till att man genom avregleringar för skogsägarna skulle få ett mer mångfacetterat och varierat skogsbruk, inklusive variation i skogsskötselmetoder. Tidigare skogspolitik var mer ensidigt produktionsinriktad. En av avsikterna med den nya skogspolitiken var att gynna biologisk mångfald och mångfald i brukningsmetoder. I en studie gjord av Skogsstyrelsen 2002 konstaterades dock att förekomsten av annat än kalhuggning-markberedning-plantering inte ökat nämnvärt.¹⁰⁷

Skogsvårdslagen och blådningsbruk

Tvärtemot vad många tycks tro så är blådning fullt tillåtet enligt skogsvårdslagen och har varit så i många årtionden. I 1948 års lag stod det visserligen att gallring normalt sett skulle utföras så att man avverkade de mindre träden, dvs låggallring, men det fanns samtidigt ett undantag för speciella fall ”i fråga om ålder-, dimensions- och trädslagssammansättning” som gjorde att höggallring kunde vara tillåtet. I en fullskiktad skog blev gallringen då per definition en blådning. När lagen ändrades 1979 förtydligades detta ytterligare:

¹⁰³ Wallmo, U. 1939a. Rationell skogsavverkning – ett försök att ytterligare sprida kunskap om vad med detta begrepp avses. *Skogen* nr 1, s. 8–13.

¹⁰⁴ Wallmo, U. 1939b. Stamvis eller gruppvis olikåldrig beståndsform. *Skogen* nr 6, s. 121–122.

¹⁰⁵ Anon. 1950. *Domänstyrelsens cirkulärskrivelse 1/50*. Kungliga Domänstyrelsen, Stockholm.

¹⁰⁶ Anon. 1978. *Levande skog – Naturvårdens synpunkter på skogsbruket*. Svenska Naturskyddsföreningen, Stockholm.

¹⁰⁷ Skogsstyrelsen. 2002. Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitikens effekter – SUS 2001. Huvudmeddelande. *Meddelande* 2002:1.

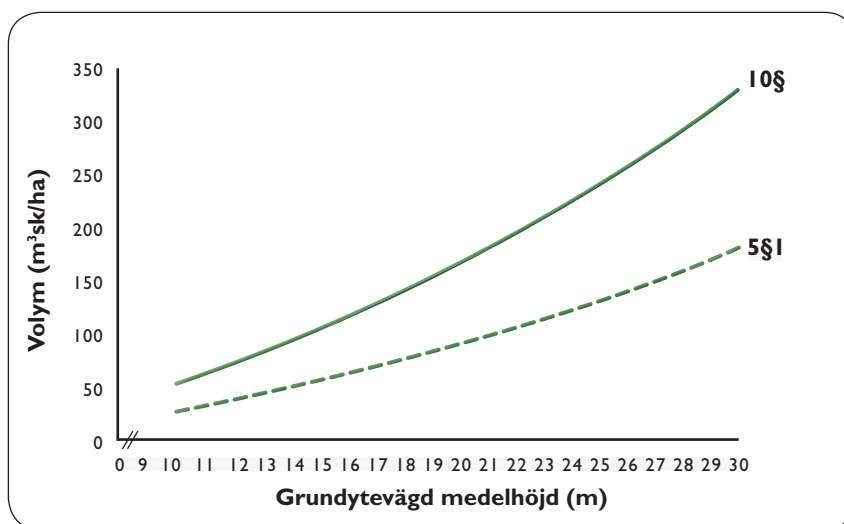
”I undantagsfall, såsom i flerskiktade bestånd, kan ålders- och trädslags-sammansättningen, dimensionsfördelning, kvalitet m.m. vara sådan att gallringen kan inriktas även mot de grövre träden.”

När den nuvarande lagen kom 1993 så försvann de sista resterna av detalj-regleringen och det blev fritt fram att blåda i stort sett som man vill.

Skogsvårdslagen anger att avverkning antingen ska vara ändamålsenlig för återväxt av ny skog, eller främja skogens utveckling. Skogsstyrelsen refererar till bilagan till 5 och 10 §§ i skogsvårdslagen för att tydliggöra detta (figur B21).

Om volymen i ett bestånd efter avverkning uppgår till en volym som överstiger 10 §-kurvan får man i princip avverka hur man vill, förutsatt att lämpliga trädslag gynnas och att kvarstående träd är utvecklingsbara och någorlunda jämnt fördelade. Vid *blådningsbruk* ska virkesförrådet hela tiden ligga ovanför 10 §-kurvan och blådningsbruk är därmed tillåtet enligt skogsvårdslagen. Så länge man lämnar ett tillräckligt stort virkesförråd så är det fritt fram att blåda som man vill.

Skälet till att virkesförrådet efter varje blådning ska uppgå till minst den nivå som anges i diagrammet är att virkesproduktionen efter avverkningen kan antas vara minst hälften av vad som maximalt kan uppnås på marken.



Figur B21 Virkesförrådsdiagrammet i bilagan till Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd till 5 och 10 §§ i skogsvårdslagen. Gallring och blådning hamnar i området ovanför den heldragna 10 §-kurvan, skärmsällningar mellan de båda linjerna och fröträdställningar under den streckade § 5-kurvan. Källa: Skogsvårdslagen.¹⁰⁸

¹⁰⁸ Tillgänglig på: www.skogsstyrelsen.se/Lagen

Blådningsbruk kontra trakthyggesbruk

Det mesta talar för att produktionen blir högre om man sköter skogen med trakthyggesbruk än med blådningsbruk, under förutsättning att man utnyttjar de möjligheter som trakthyggesbruket ger.

Virkesproduktion

Att jämföra den långsiktiga virkesproduktionen mellan två skogsskötselssystem är svårt. Man kan i princip göra på tre sätt:

- jämföra *observerad produktion* med någon slags maximal nivå, det vill säga det vi till vardags kallar bonitet
- anlägga *fältförsök* som följs under lång tid
- prognosticera med produktionsmodeller

Observerad produktion

Det första alternativet kräver att det går att fastställa markens bonitet, det vill säga en maximal nivå för vad som går att producera på en given mark.

En central fråga är då om den löpande, årliga volymtillväxten i en skog skött med blådningsbruk tillfälligt kan överskrida denna bonitet eller ej.

Om svaret är ”nej” så kan de tillväxtförluster som blir resultatet av en alltför kraftig sänkning av beståndets volym inte kompenseras genom högre tillväxt i framtiden. Blådningsbruk kommer då i praktiken alltid att ge lägre tillväxt än trakthyggesbruk på lång sikt.

Om svaret däremot är ”ja” så bör det, åtminstone teoretiskt, vara möjligt att nå en långsiktig medeltillväxt som överstiger trakthyggesbrukets bonitet.

Genomgående för de studier som gjorts är att de tyder på att det finns ett övre tak för den löpande tillväxten i fullskiktad granskog.^{109,110,111,112,113,114}

Det mesta i dessa studier tyder på att detta tak ligger nära den uppskattade boniteten, skattad från ståndortsindex som skattats med ståndorsfaktorer. Numera är det dock klarlagt att detta boniteringssystem systematiskt underskattar ståndortsindex med några meter. Slutsatsen blir därför att virkesproduktionen vid blådningsbruk på lång sikt sannolikt blir lägre än vid trakthyggesbruk.

¹⁰⁹ Chrimes, D. 2004. Stand Development and Regeneration Dynamics of Managed Uneven-aged *Picea abies* Forests in Boreal Sweden. SLU. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvicultura* 304.

¹¹⁰ Lundqvist, L. 1989. Volume increment on experimental plots managed with single-tree selection. I: *Blådningsbruk i granskog – strukturförändringar, volymtillväxt, inväxning och förnygring på försöksytor skötta med stamvis blådningsbruk*. Avhandling. SLU, inst. för skogsskötsel.

¹¹¹ Andreassen, K. 1994. Utvikling og produksjon i blådningsbruk. *Meddelelse fra Skogforsk* 47, 1–37.

¹¹² Lähde, E., Eskelinen, T. & Vaananen, A. 2002. Growth and Diversity Effects of Silvicultural Alternatives on an Old-growth Forest in Finland. *Forestry* 75, s. 395–400.

¹¹³ Sarvas R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus etelä-Suomen yksityismetsiin. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33.

¹¹⁴ Öyen, B.H. & Nilsen, P. 2002. Growth Effects after Mountain Forest Selective Cutting in Southeast Norway. *Forestry* 75(4), s. 401–410.

Fältförsök

Jämförande fältförsök är i princip uteslutet, eftersom det förutsätter att man kan driva båda systemen optimalt under närmare ett sekel på jämförbar mark och med flera upprepningar.

I Sverige finns ett sådant jämförande försök anlagt 1925 på Siljansfors försökspark i Dalarna. Behandlingarna har inte varit optimala och några av ytorna har dessutom drabbats av omfattande vindskador. År 2008 beslutades därför att starta om försöket.

Preliminära resultat från de första dryga 80 åren visar dels att en sänkning av virkesförrådet vid blådningsbruk sänker tillväxten och att det tar lång tid att reparera detta, och dels att det går att upprätthålla en tillväxt på den blådade ytan som ligger ungefär i nivå med vad trakthyggesytorna har givit. Då ska man samtidigt komma ihåg att trakthyggesytorna drabbats av skador och att föryngringen inte gjordes med dagens teknik och förädlat plantmaterial.

Produktionsmodeller

När det gäller jämförelser med hjälp av produktionsmodeller så har man nyligen visat att produktionen för trakthyggesbruk med start från kalmare är jämförbar med produktionen för blådningsbruk med start från existerande bestånd.¹¹⁵ Om hänsyn även här tas till ståndortsindexkorrigering så blir produktionen för trakthyggesbruk med plantering högre än vid blådningsbruk.¹¹⁶ Frågan är dock om befintliga modeller verkligen klarar av att modellera så vitt skilda skogstillstånd och beståndsstrukturer med tillräckligt stor precision.

Högre produktion vid trakthyggesbruk

Sammanfattat kan man säga att även om det finns svagheter i de jämförelser som hittills gjorts så antyder de ändå att den teoretiskt långsiktiga produktionen vid trakthyggesbruk är högre än vid blådningsbruk och att skillnaden skulle vara i storleksordningen 10-20 procent.

Frågan kompliceras dock av att virkesproduktionen i en praktiskt skött skog påverkas av många olika faktorer, inte bara vilket skogsskötselssystem den sköts med. Produktionen kan sänkas av för hårda gallringar i båda systemen och av skador.

När det gäller trakthyggesbruket så förutsätter produktionsjämförelserna dessutom att bestånden får växa till dess att medeltillväxten kulminerar. I dagens skogsbruk slutavverkar man många gånger betydligt tidigare och förlorar därmed tillväxt. Om man slutavverkar vid lägsta tillåtna ålder för slutavverkning förlorar man ca 15-20 procent av den möjliga produktionen.¹¹⁷ Å andra sidan kan man höja produktionen i trakthyggesbruket med åtgärder som gödsling och förädlat skogsodlingsmaterial.

Eftersom man vid blådningsbruk är hänvisad till gran som enda trädslag, så kommer blådningsbruk dessutom ge lägre produktion på marker där man

¹¹⁵ Cedergren, J. 2008. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Skogsstyrelsen, Meddelande 1–2008.

¹¹⁶ Elfving, B. & Nyström, K. 1996. Yield Capacity of Planted *Picea abies* in Northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 11, s. 38–49.

¹¹⁷ Se *Skogsskötselserien* nr 1, Skogsskötselns grunder och samband. www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien.

med trakthyggesbruk kan välja trädslag som ger en högre produktion än gran på samma mark. Å andra sidan kan föryngringsproblem göra att föryngringstiden förlängs, vilket leder till sänkt medelproduktion. I svåröryngrade områden kan därför blådningsbruk i praktiken ge en högre virkesproduktion därför att systemet är biologiskt robustare.

Förutsättningarna viktigare än teoretiska jämförelser

Sammantaget talar alltså det mesta för att produktionen blir högre om man sköter skogen med trakthyggesbruk än med blådningsbruk, under förutsättning att man utnyttjar de möjligheter som trakthyggesbruket ger. På många sätt är dock en teoretisk jämförelse av de två skogsskötselsystemen helt irrelevant ur praktisk synpunkt.

I 1992 års skogspolitiska utredning¹¹⁸ gjordes ett försök att kvantifiera mängden blådningsbar, fullskiktad granskog. Man bedömde då att det fanns knappt 1 miljon hektar fullskiktad granskog som teoretiskt skulle kunna blådas, huvuddelen i Norrland. Det innebär omvänt att mer än 95 procent av den produktiva skogsmarken idag är bevuxen med skog som *inte* går att blåda, därför att skogen är enskiktad och/eller domineras av annat trädslag än gran. Skog som sköts med trakthyggesbruk går inte att blåda.

Beslut om hur den återstående andelen blådningsbar skog ska brukas, kommer förmodligen oftast att fattas på andra grunder än rent produktionsmässiga. Det kan handla om allt från oro för föryngringsproblem till rent estetiska hänsyn, att man som markägare vill ha kvar en bit fullskiktad granskog eller undvika ett hygge.

Ekonomi

Ekonomiska jämförelser mellan blådningsbruk och trakthyggesbruk är svåra att göra på ett meningsfullt sätt. Utfallet styrs helt och hållet av de faktiska förutsättningarna för varje skogsägare. Det finns dock några punkter som är viktiga att beakta. Samtliga punkter hänger ihop med varandra.

- årsytans storlek
- totalt avverkad volym
- medelvolym på avverkade träd
- skogsvårdskostnader

Årsytan

Årsytan är den andel av fastigheten som varje år ska behandlas, om man vill ha ett någorlunda jämnt virkesflöde.

Inom trakthyggesbruket beräknas årsytan som den totala arealen dividerad med den genomsnittliga omloppstiden.

Inom blådningsbruket beräknas årsytan som den totala arealen dividerad med det genomsnittliga intervallet mellan två blådningar.

Vid en ekonomisk jämförelse bör man därför inte jämföra utfallet per hektar utan det årliga utfallet per årsyta. Inom trakthyggesbruket får man då en årsyta av varje ingående åtgärd, som markberedning, plantering, röjningar,

¹¹⁸ Anon. 1992. *Skogspolitiken inför 2000-talet*. Bilagor II. Allmänna förlaget, Stockholm. 412 s.

gallringar och slutavverkning, medan man inom blådningsbruket får en årsyta blädning.

Eftersom man vid blådningsbruk har intervaller kring 10-20 år och i trakthyggesbruket har omloppstider kring 60-90 år så blir årsytan vid blådningsbruk 4-5 gånger större än vid trakthyggesbruk. Men eftersom man vid trakthyggesbruk har minst 4-5 olika åtgärder så blir den totala areal som behandlas varje år ungefär lika stor i de två systemen.

Totalt avverkad volym

Den totalt avverkade volymen styrs av den totala produktionsnivån, där den högsta produktionen fås då ett bestånd avverkas vid medeltillväxtens kulmination. En kortare omloppstid i trakthyggesbruket ger, som tidigare nämnts, en lägre medeltillväxt och därmed en mindre volym att avverka per hektar. Årsytan blir samtidigt större, det vill säga för att få ut samma totala volym virke måste man årligen avverka en större areal. Detta gör att avverkningskostnaderna blir högre per år. Ett lite längre intervall i blådningsbruk ger en något lägre tillväxt men samtidigt en mindre areal för att få ut samma mängd virke, och alltså en lägre avverkningskostnad.

Medelvolym

Medelvolymen på de avverkade träden är normalt sett 0,5-1 m³sk per träd vid blådningsbruk. Vid trakthyggesbruk är medelvolymen i genomsnitt under 0,2-0,4 m³sk per träd, inräknat allt det virke som avverkas vid både gallringar och slutavverkning.

Skogsvårdskostnaderna

Skogsvårdskostnaderna vid trakthyggesbruk är direkt proportionella mot årsytan i trakthyggesbruk, medan man vid blådningsbruk inte har några skogsvårdskostnader överhuvudtaget.

Jämförelser mellan systemen

Det har hittills inte gjorts några ekonomiska analyser av blådningsbruk kontra trakthyggesbruk i Sverige som tar hänsyn till ovanstående. Det finns däremot studier där man räknat på enskilda bestånd och dessa studier kommer oftast fram till att blådningsbruk ger 15-25 procent lägre nuvärde.^{119,120} I internationella studier där man jämfört systemen ekonomiskt finns det resultat som talar för båda systemen, vilket gör att det inte går att dra några generella slutsatser.¹²¹

För en enskild skogsägare handlar det dock sällan om att välja att bruka hela fastigheten med endera av de två systemen, utan snarare att tillämpa respektive system på rätt del av fastigheten.

¹¹⁹ Wikström, P. 2000. Solving stand-level planning problems that involve multiple criteria and a single-tree growth model. SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae. Silvicultura*, 167.

¹²⁰ Elfving, B., Brunberg, T. & Karlsson, B. 2006. Granskogsbruk med och utan kalhyggen – produktion och ekonomi. I: Karlsson, B. (redaktör), Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk med gran, en jämförande studie. *Redogörelse* nr 5–2006, SkogForsk, Uppsala.

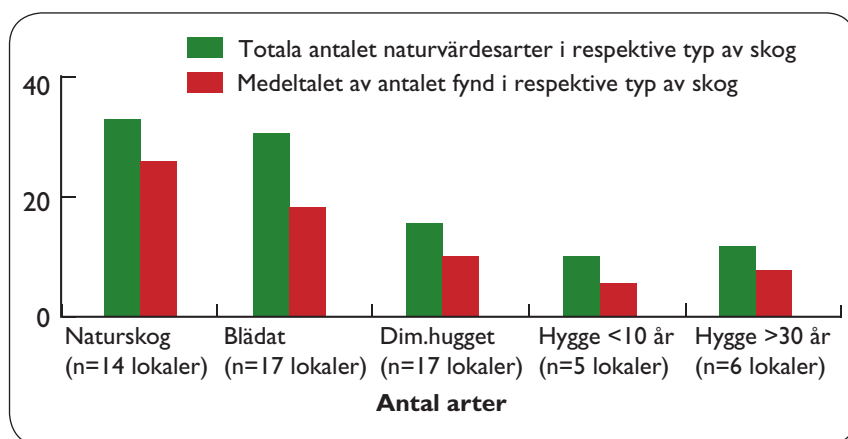
¹²¹ Kuuluvainen, T., Tahvonen, O. & Aakala, T. 2012. Even-Aged and Uneven-Aged Forest Management in Boreal Fennoscandia: A Review. *AMBIO* 41, s. 720–737.

Naturvärden

Vid blådningsbruk bär marken hela tiden ett relativt tätt bestånd av granskog. Blådningsbruk kan därför i sig antas vara mer gynnsamt än trakthyggesbruk för vissa marksvampar, skogsmesar, vissa kärlväxter och mossor, samt i viss mån även för hänglavar och barklevande lavar (figur B22).

Däremot bedöms inte arter knutna till död ved eller gamla träd gynnas, eftersom de största träden successivt skördas och mängden död ved som skapas inte är högre än vid trakthyggesbruk. För att gynna sådana arter måste man ta naturvårdshänsyn även inom ramen för blådningsbruk.

Blådningsbruk i granskog bedöms dock generellt sett vara mer gynnsamt för den biologiska mångfalden än trakthyggesbruk.¹²²



Figur B22 Det sammanlagda antalet funna naturvärdesarter i respektive typ av skog (grön stapel) och medeltalet av antalet fynd av naturvärdesarter i dessa skogar (gul stapel). Med naturvärdesarter avses rödlistade arter samt signalarter av lavar och vedlevande svampar. De undersökta skogarna är naturskog, skog som blådats en eller ett fåtal gånger, tidigare dimensionsavverkad skog samt ungskog uppkommen efter avverkning för mindre än 10 år sedan eller för mer än 30 år sedan. Baserad på en fältinventering i mellersta och södra Norrland av 65 provvytor. Källa: Kirppu & Dahlberg.¹²³

Svampar

Marksvampar och i synnerhet *mykorrhizasvampar* är förmodligen den grupp arter som skulle gynnas mest av blådningsbruk i jämförelse med trakthyggesbruk.¹²⁴

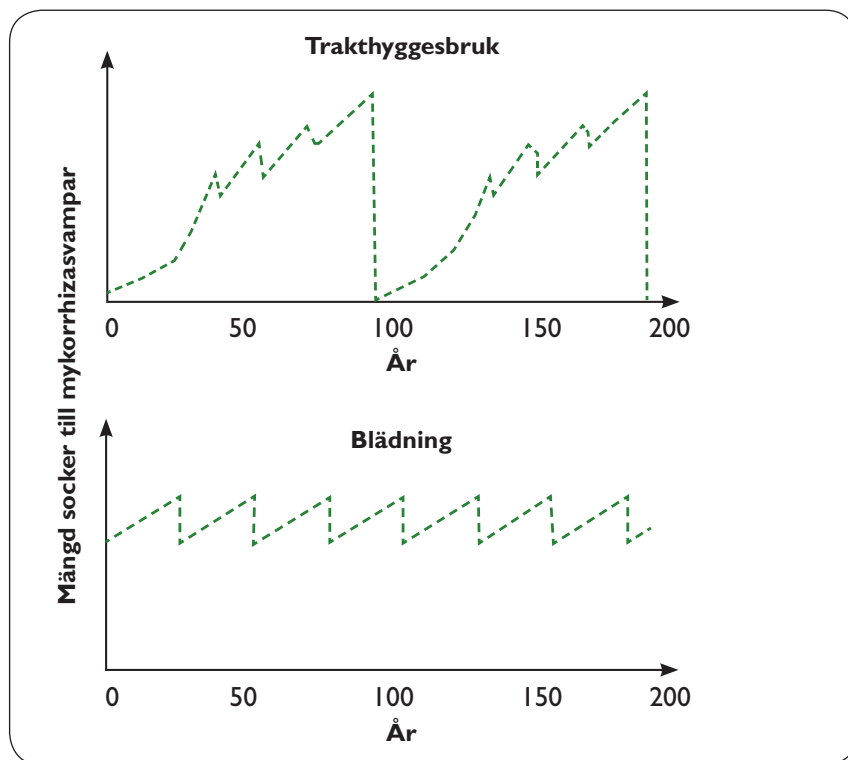
Mykorrhizasvamparnas symbios med träd bygger på att svamparna får sin energi i form av assimilatat från fotosyntesen från rötterna. Mängden mykorrhizasvamp beror direkt på hur många träd det finns och hur stor deras sammanlagda fotosyntes är. Avverkas 95 % av träden i ett bestånd försvinner samtidigt 95 % av mykorrhizasvamparnas livsförutsättningar. En slutavverkning medför därför att den helt övervägande mängden och merparten av arterna försvinner. Med blådningsbruk upphör inte förutsättningarna för

¹²² Cedergren, J. 2008. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Skogsstyrelsen, Meddelande 1–2008.

¹²³ Kirppu, S. & Dahlberg, A. *Naturvärdesinventering i blådade skogar*. Skogsstyrelsen, Rapport. Manuskript.

¹²⁴ Dahlberg, A. SLU, inst. för skoglig mykologi och patologi. Manuskript.

mykorrhizasvampar i beståndet, utan de etablerade mycelen kan fortleva och också etableras på nyetablerade plantors rötter (figur B23).



Figur B23 Förutsättningarna för mykorrhizasvampar att kontinuerligt finnas vid trakthyggesbruk och vid blädning skiljer sig markant åt. Vid varje blädningstillfälle reduceras förutsättningarna i förhållande till uttagen volym, cirka 30 %. Därmed finns goda förutsättningar för merparten av mykorrhizasvamparnas mycel, inklusive mer ovanliga och svårspredda arter att fortleva. På samma sätt förbättras förutsättningarna för mykorrhizasvampar vid trakthyggesbruk med förstärkt naturhänsyn och fröträd eller skärmställning.

Mykorrhizasvamparnas marklevande mycel är långlivade och bedöms kunna bli mycket gamla, som regel många decennier och potentiellt hundratals år. De flesta mykorrhizasvampar har förmodligen utvecklats under skogsförhållanden där behovet av att effektivt kunna spridas och nyetableras var lågt eftersom skogsområden sällan var trädlösa.¹²⁵ Naturliga skogsbränder var oftast lågintensiva med många överlevande träd och på samma sätt var effekterna av stormfällningar eller insektsangrepp ofta lokala och inte 100-procentiga.

Det stora flertalet signalarter och rödlistade mykorrhizasvampar uppträder karaktäristiskt med få mycel och få individer, per skogsområde. Många av arterna var förmodligen ofta naturligt sällsynta i naturskogstillståndet, men kunde genom potentiellt långlivade mycel och lång trädkontinuitet fortleva i landskapet.

¹²⁵ Dahlberg, A. 2001. Community Ecology of Ectomycorrhizal Fungi: an Advancing Interdisciplinary Field. *New Phytologist* 150, s. 555–562.

Lavar

En annan grupp arter som kan gynnas av blådningsbruk är hänglavar och lavar knutna till grov bark.¹²⁶

Hänglavar sprids främst genom fragmentering. De har i och för sig ofta inga svårigheter att etablera sig i uppväxande skog, men är starkt spridningsbegränsade eftersom de är beroende av att kunna spridas in från äldre skogar med hänglav. Beräkningar visar att spridning normalt inte sker mycket längre än cirka 100 m under en omloppstid.¹²⁷ Det är till och med så att blådningsbruk skulle kunna skapa gynnsammare förutsättningar genom att öka solinstrålningen samtidigt som de kvarvarande träden med hänglavar inte blir vindexponerade.

Lavar knutna till granbark kan också gynnas av blådningsbruk genom gynnsamt mikroklimat, speciellt om man har förstärkt naturhänsyn för grova äldre träd.

Övrig flora

Kärlväxter är förhållandevis tåliga, ofta lätta att hitta och avgränsa i fält. Blådningsbruk med väl planerad förstärkt hänsyn, bör ge likartade förutsättningar för kärlväxterna som under naturskogsförhållanden.

Blådningsbruk bedöms vara än mer positivt för mossor eftersom de är mer känsliga för uttorkning. Rödlistade mossor liksom signalartsmossor klarar sig oftast inte på hyggen med generell hänsyn och klarar sig dåligt även vid förstärkt hänsyn.

Fauna

Fåglar är rörliga och förflyttar sig över förhållandevis stora områden för att finna lämpliga miljöer och är därför mindre beroende av enstaka bestånd. Fullskiktade bestånd ger dock påtagligt förbättrade förutsättningar för häckningar och födosök för bland annat skogsmesar och exempelvis lavskrika.

Det finns omkring 1 200 skalbaggsarter i svensk skogsmark och precis som för andra artgrupper har de olika arter olika krav på livsmiljön.

De rödlistade skogslevande skalbaggsarterna är i första hand knutna till grova dimensioner av död ved och i sena nedbrytningsstadier samt till trädsvampar på döda eller döende träd. För att blådningsbruk ska gynna dessa arter krävs att man aktivt skapar förutsättningar för grova granar som tillåts dö och ligga kvar i skogen.

Rennäring och blådningsbruk

Skogen är en viktig resurs även för rennäringen och en förutsättning för att den ska kunna bedrivas. Rennäring och skogsbruk bedrivs därmed inom samma områden. Skogsbruket ändrar förutsättningarna för rennäringen genom att viktiga betesområden avverkas och markbereds samt att ungsogar växer upp. Särskilt gäller det vid avverkning av hänglavskogar, när skador uppstår på markbete samt genom försämrade snöförhållanden på grund av kalhyggen.

¹²⁶ Johansson, P. *Störningskänslighet hos lavar i barrskogar*. Skogsstyrelsen, Rapport. Manuskript.

¹²⁷ Dettki, H., Klintberg, P. & Esseen, P.A. 2000. Are Epiphytic Lichens in Young Forests Limited by Local Dispersal? *Ecoscience* 7(3), 317–325.

För rennäringsen kan blädningsbruk vara positivt som alternativ till trakthyggesbruk i granskogar med hänglavar. Lavarna har då bättre möjligheter att finnas kvar i ett skogsområde. Blädning kan rentav gynna förekomsten av hänglavar genom ökad solinstrålning efter avverkningen (figur B24).



Figur B24 Hänglavar i maskinellt volymbläddad skog i Jämtland, 16 år efter avverkningen. Foto Sebastian Kirppu.

Skogsbruksfilosofier och övriga avverkningsformer

Skogsbruksfilosofier är moraliska eller filosofiska riktlinjer för hur skogsbruk bör bedrivas. Exploaterande avverkningar tar ingen hänsyn till långsiktiga effekter på beståndet.

Utöver de avverkningsåtgärder som ryms inom ramen för organiserad, planerad, systematisk skogsskötsel finns det avverkningsåtgärder som närmast kan kallas exploaterande. Syftet med sådana avverkningar är i första hand att utvinna de lönsamma delarna av beståndet, utan att ta hänsyn till avverkningens effekter på beståndets långsiktiga virkesproduktion. Exempel på exploaterande avverkningar är *dimensionshuggning* och *fjällskogshuggning*.

En annan typ av begrepp är de som enklast beskrivs som ”skogsbruksfilosofier”. De utgör någon form av grundläggande moraliska eller filosofiska riktlinjer för hur skogsbruk bör bedrivas. Exempel på sådana filosofier är *Continuous Cover Forestry (CCF)*, *Pro Silva*, *New Forestry* och *Naturkultur*. Motiven för de olika filosofierna varierar men gemensamt för dem är att de bara beskriver grundläggande principer för hur enskilda ingrepp ska utföras. Gemensamt för flera av dem är dessutom att de i huvudsak definieras av vad man inte gör, exempelvis att man inte kalhugger. Däremot innehåller inget av begreppen någon konkret modell eller plan för hur skogen ska utvecklas och skogsskötseln ska bedrivas på lång sikt.

Dimensionshuggning

Dimensionshuggning innebär att man avverkar alla träd som är grövre än en given minsta diameter, oavsett trädens utseende eller placering i beståndet. Denna minsta givna diameter är normalt sett anpassad till virkesmarknadens krav men kan också sättas med viss hänsyn till skydd mot överavverkning.

Fram till 1945-1950 var dimensionshuggning vanligt i norra Sverige. Dimensionsgränserna varierade, men sjönk gradvis och var som lägst ca 15 cm i rotskåret.¹²⁸ Man avverkade inledningsvis nästan uteslutande tall. Beroende på hur utgångsbeståndet såg ut kunde resultatet bli kalt hygge, gles tallskog, relativt tät granskog, osv. Dimensionshuggning klassificeras därför som ett exploaterande ingrepp, eftersom man är mer fokuserad på att kunna ta ut en viss typ av virke än man är på att lämna ett växtligt bestånd efter sig. Framtida utveckling av restbeståndet kommer att vara mer beroende av slump än en genomtänkt plan.

Många av de avverkningssystem som använts när man inlett exploatering av naturskog runt om i världen är i realiteten en sorts dimensionshuggning.

Inom ramen för Skogsstyrelsens kontinuitetsskogsprojekt (2005-2008)¹²⁹ gjordes en fallstudie av en sorts beståndsanpassad dimensionshuggning (inom projektet kallat måldiameterhuggning). Man fastställde då olika dimensionsgränser (lägsta avverkningsdiameter) för olika trädslag utifrån

¹²⁸ Holmgren, A. 1959. *Skogarna och deras vård i övre Norrland intill år 1930*. Domänstyrelsen, Stockholm, s. 375-412.

¹²⁹ Cedergren, J. 2008. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Skogsstyrelsen, *Meddelande* 1-2008.

en rad kriterier, till exempel önskad trädstorlek, gällande prislister, virkeskvalitet, ingreppets åsyftade karaktär (styrka), och naturvårdshänsyn i det enskilda beståndet.

Ett av resultaten av fallstudien var att beståndsanpassad dimensionshuggning förutsätter mycket detaljerade beståndsdata för att resultera i ett utvecklingsbart bestånd efter avverkningen.

Fjällskogshuggning

Under lågkonjunkturen i slutet av 1960-talet införde dåvarande skogsvårdschefen vid SCA, Stig Hagner, en extensiv avverkningsform för bolagets fjällnära skogar. Den fick namnet *fjällskogshuggning* (figur B25).¹³⁰ Under 1970-talet rekommenderades den emellanåt av skogsvårdsstyrelsen i Jämtland, men då under namnet *fjällskogslädning*. Det är en avverkningsform, som mest liknar en lågskärm, där större delen av det gamla beståndet avverkas och bara mindre träd och all beståndsföryngring lämnas kvar. Efter avverkning är virkesförrådet oftast bara 20-40 m³sk per ha.

Tillväxten blir mycket låg, cirka 1 m³sk per ha och år under de första 20 åren, eftersom så litet virkesförråd lämnas¹³¹ och tillväxten återhämtar sig mycket långsamt när uttaget varit 50 procent eller mer.^{132,133} Det tar åtminstone 50-60 år för bestånden att komma upp till cirka 100 m³sk per ha och ”normal” produktion igen¹³⁴, vilket gör att man förlorar minst 50 procent av produktionen under dessa 50-60 år.

Fjällskogshuggning ger en kontinuitet i trädskiktet vilket borde gynna arter som behöver en viss beskuggning och beståndsklimat. Arter knutna till gamla grova träd missgynnas dock, eftersom dessa träd avverkas.

¹³⁰ Lundqvist, L. 1984. Blädning och etappvis slutavverkning. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 6/84, s. 27-40.

¹³¹ Lundqvist, L. 2004. Stand development in uneven-aged sub-alpine *Picea abies* stands after partial harvest estimated from repeated surveys. *Forestry* 77, s. 119-129.

¹³² Nilsen, P. 1988. Fjällskoghogst i granskog – gjenvekst og produksjon etter tidligere hogster. *Rapport fra Norsk institutt for skogforskning* 2/88..

¹³³ Lindman, J. 1984. Fjällskogslädning : tillväxtstudier i fyra bestånd. SLU, inst. för skogsskötsel. *Examensarbete i ämnet skogsskötsel*, 1984:5.

¹³⁴ Lundqvist, L. 2004. Stand development in uneven-aged sub-alpine *Picea abies* stands after partial harvest estimated from repeated surveys. *Forestry* 77, s. 119-129.



Figur B25 Lucka, fortfarande kvar 40 år efter fjällskogshuggning på hög bonitet i Jämtland. Foto Sebastian Kirppu.

Plockhuggning och genomhuggning

Det finns flera begrepp som använts genom åren för att beskriva avverkningar som innebär att man bara avverkar en del av träden i ett bestånd. Två av dessa är *plockhuggning* och *genomhuggning*. Vad skiljer dessa begrepp från gallring och blädning?

Begreppet gallring definieras som ”beståndsvårdande utglesning av skog med tillvaratagande av virke”¹³⁵, medan begreppet blädning definieras som ”en gallring där skogen efter avverkningen är fullskiktad”.

Det som skiljer plockhuggning/genomhuggning från gallring och blädning är de inledande orden i definitionen – ”beståndsvårdande utglesning”. Plock- och genomhuggning är alltså inte beståndsvårdande och ska därför betraktas som exploaterande ingrepp.

Begreppen förekommer ofta i äldre skoglig litteratur, skriven långt innan begreppen gallring och blädning hade definierats, men bör numera undvikas, eftersom de är så diffusa och oprecisa.

Continuous Cover Forestry, Pro Silva och New Forestry

Grundfilosofin i *Continuous Cover Forestry* (CCF) bygger på antagandet att det i naturskog, opåverkad av skogsbruk, aldrig förekommer kalmare, utan att 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 för att vara ekologiskt hållbart. Däremot är man inte alltid överens om hur begreppet ska tolkas.

Pro Silva bygger på samma grundtanke, det vill säga att skogsbruket ska bedrivas så att man efterliknar naturskogens utveckling.

New Forestry är en nordamerikansk variant av samma grundidé.

¹³⁵ Se: www.kunskapsdirekt.se/skogsencyklopedin.

Naturnära skogsbruk

Begreppet naturnära skogsbruk (tyska ”naturnahe Waldwirtschaft”) härstammar från andra hälften av 1800-talet i Tyskland.¹³⁶ Det vidareutvecklades av bland annat Möller¹³⁷ med begreppet ”Dauerwald”, som ungefär kan översättas med evig eller kontinuerlig skog, för att i modern tid utvecklas av bland annat den europeiska föreningen Pro Silva.¹³⁸

Det finns flera definitioner av naturnära skogsbruk men gemensamt för dem är att de ingrepp som görs i skogen ska påverka skogens naturliga utveckling så lite som möjligt. Man strävar efter att efterlikna skogens naturliga dynamik, att minimera kostnader istället för att maximera intäkter, att i huvudsak bara gallra, att man förutsätter att föryngringen i huvudsak ska ske naturligt, och att man försöker ha en minimidiameter för träd som ska avverkas. Mindre ”luckor” (max 0,25 ha) får dock öppnas i skogen för att gynna ljuskrävande trädslag. En viss andel av träden lämnas som evighetsträd och relativt stor andel av arealen lämnas för fri utveckling som referensområden.¹³⁹

Åtgärder som uppfattas som artificiella ska undvikas, exempelvis introduktion av främmande trädslag, gödsling, kraftig markpåverkan, kalhuggning, osv. De gallringar som görs bör dessutom inte vara så hårda att de markant förändrar hur skogen hade utvecklats utan gallring. Därmed finns det i konceptet naturnära skogsbruk ingen förutbestämd plan för hur skogen bör utvecklas över tiden och inga fasta kriterier för hur olika skogsbestånd bör se ut eller utvecklas. Grovt förenklat kan naturnära skogsbruk därmed i huvudsak sägas vara en vägledande princip för hur man ska välja träd om och när man gallrar.

Lübeckmodellen

Lübeckmodellen skulle kunna kallas ”naturnära hyggesfritt skogsbruk”, alltså en specialvariant av naturnära skogsbruk, utvecklad i Lübecks statsskogar sedan mitten av 1990-talet.

Naturkultur

Den grundläggande idén bakom *Naturkultur* är att det i äldre skog ibland finns undertryckta träd med potentiellt hög framtida kvalitet, om de tilläts växa vidare i flera decennier. Idén är att man ska prognostisera tillväxt och värdeutveckling för varje träd inom små grupper av träd som anses konkurrera om samma tillväxtresurser, vid olika kombinationer av avverkning av träd i gruppen. Man skördar sedan den kombination av träd som ger högsta framtida nuvärde för den kvarstående trädgruppen.¹⁴⁰ För att kompensera för

¹³⁶ Gayer, K. 1886. *Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbesondere die Horst- und Gruppenwirtschaft*. Berlin.

¹³⁷ Möller, A. 1922. *Der Dauerwaldgedanke – Sein Sinn und seine Bedeutung*. Springer Verlag, Berlin.

¹³⁸ Anon. 2012. Pro Silva Principles. <http://prosilvaeurope.org/>

¹³⁹ Häusler, A., Scherer-Lorenzen, M. 2002. Nachhaltige Forstwirtschaft in Deutschland im Spiegel des ganzheitlichen Ansatzes der Biodiversitätskonvention. Bundesamt für Naturschutz, *BfN-Skripten* 62.

¹⁴⁰ Hagner, M., Lohmander, P. & Lundgren, M. 2001. Computer-aided choice of trees for felling. *For. Ecol. Manage.* 151, s. 151-161.

gleshet i överbeståndet ska befintlig beståndsförnygring vid behov kompenseras med plantering.

Nuvärdeberäkningen baseras på en ränta som bestäms vid varje tillfälle av skogsägaren. Med en låg ränta avverkas få träd medan en hög ränta kan resultera i kalhuggning.

Idén Naturkultur förutsätter att man kan förutsäga hur alla enskilda träd i skogen kommer att växa i framtiden. Någon sådan prognosmodell finns inte, eftersom de enskilda trädens utveckling är så variabel att prognossäkerheten blir mycket låg.¹⁴¹ I marknadsföringen av Naturkultur ingår visserligen ett av Mats Hagner konstruerat dataprogram som beräknar trädens framtida värde, men programmet är konstruerat så att virkesproduktionen inte sänks av gallringar och att skogens framtida värde blir högre ju mer man avverkar. Båda antagandena är felaktiga och vilseledande.

Naturkultur har aldrig granskats vetenskapligt, men avverkningar som påminner om Naturkultur finns testat i en serie fältförsök, i huvudsak belägna i norra Sverige. Preliminära resultat visar att virkesförrådet efter avverkning varit i genomsnitt cirka 50 m³sk per ha i de två tätare försöksleden, att volymtillväxten varit i genomsnitt cirka 1 m³sk per ha och år under de 10-14 år som ytorna följts, och att inväxningen av nya småträd varit i genomsnitt cirka 6 st per ha och år.¹⁴² Resultaten är något sämre än vad som tidigare uppmätts på ytor skötta med blädning och i bestånd som behandlats med fjällskogshuggning.

Kalhyggesfritt skogsbruk, kontinuitetsskogsbruk

I Sverige har nyligen begreppen kontinuitetsskogsbruk och kalhyggesfritt skogsbruk (i vardaglig kortform *hyggesfritt*) börjat användas som samlingsbegrepp för flera olika skogsskötselåtgärder, skogsskötselmetoder och skogsskötelsystem. Gemensamt för dem är att man aldrig lämnar marken kal. Problemet är att begreppen inkluderar både det mesta av trakthyggesbrukets åtgärder och metoder, exempelvis gallring och förnygring under skärm, och hela skogsskötelsystemet blådningsbruk. Vi får alltså en gränsdragning som skiljer ut åtgärden slutavverkning genom kalhuggning i den ena gruppen och alla andra skogsskötselåtgärder, skogsskötselmetoder och skogsskötelsystem i den andra.

Inom trakthyggesbruket finns flera förnygringsmetoder som ofta hänförs till kalhyggesfritt skogsbruk – framförallt kanthuggning och luckhuggning – men dessa metoder innebär oftast att man gör små hyggen och de bör därmed egentligen inte betraktas som ”kalhyggesfria”. De praktiseras dessutom knappt alls idag och är mer att betrakta som kuriosa än som reella förnygringsalternativ.

Under första halvan av 1900-talet försökte man sköta delar av skogarna i Norrland med olika former av kalhyggesfria metoder, men resultatet blev ofta förödande ur både produktions- och förnygringssynpunkt.¹⁴³

¹⁴¹ Hagner, M., Lohmander, P. & Lundgren, M. 2001. Computer-aided choice of trees for felling. *For. Ecol. Manage.* 151, s. 151–161.

¹⁴² Lundmark, T. & Wikberg, P.-E. 2008. Naturkultur. Utvecklingen i försöksserien de 10 första åren. Skogsstyrelsen. *Rapport 23–2008*.

¹⁴³ Hagner, S. 1999. *Forest management in temperate and boreal forests: current practices and the scope for implementing sustainable forest management*. FAO, Rome.

Litteratur

- d'Alverny, A. 1904. L'aménagement des résineux en montagne. *Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et Belfort* 7, s. 408–440, s. 465–489.
- Ammon, W. 1951. *Das Plenterprinzip in der Waldwirtschaft – Folgerungen aus 40 Jahren schweizerischer Praxis*. Dritte verbesserte Auflage, Verlag Paul Haupt, Bern-Stuttgart.
- Andreassen, K. 1994. Utvikling og produksjon i blådningskog. *Meddelelse fra Skogforsk* 47, 1–37.
- Anon. 1950. *Domänstyrelsens cirkulärskrivelse 1/50*. Kungliga Domänstyrelsen, Stockholm.
- Anon. 1978. *Levande skog – Naturvårdens synpunkter på skogsbruket*. Svenska Naturskyddsföreningen, Stockholm.
- Anon. 1994. *TNC 96 Skogsordlista*. Tekniska nomenklaturcentralen & Sveriges Skogsvårdsförbund.
- Anon. 1992. *Skogspolitiken inför 2000-talet*. Bilagor II. Allmänna förlaget, Stockholm. 412 s.
- Anon. 2012. *Pro Silva Principles*. Tillgänglig på: <http://prosilvaeurope.org/>.
- Anon. 2013. *Experiment Plw 16/1-2, Misch 59. Todtmoos Forest District, State forest 4/92. FVA Baden Wurtemberg*. Department of Forest Growth. Stencil.
- Arnborg, T. 1947. Föryngringsundersökningar i mellersta Norrland. *Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, s 247–293.
- Assmann, E. 1953. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 124, s. 175–177.
- Bailey, R.L. & Dell, T.R. 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science* 19, s. 97–104.
- Balsiger, R. 1914. *Der Plenterwald und seine Bedeutung für die Forstwirtschaft der Gegenwart*. Buchdruckerei Böhler & Co., Bern.
- Barth, A. 1929. Skjermforyngelsen i produksjonsøkonomisk belysning. *Acta Forestalia Fennica* 34, nr 15.
- Biolley, H.-E. 1920. *L'aménagement des forêts par la méthode expérimentale et spécialement la méthode du contrôle*. Attinger, Paris & Neuchâtel.
- Brunberg, T. 1988. Underlag för prestationsnormer för skördare i slutavverkning. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista. *Redogörelse* 4–1988.
- Brunberg, T. 1995. Underlag för produktionsnorm för stora engreppsskördare i slutavverkning. Skogforsk. *Redogörelse* 7–1995.
- Brunberg, T. 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. Skogforsk. *Redogörelse* 8–1997.
- Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Skogforsk. Uppsala. *Redogörelse* 3–2004.
- Brunberg, T., Thelin, A. & Westerling, S. 1989. Underlag för prestationsnormer för engreppsskördare i gallring. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista. *Redogörelse* 3–1989.
- Bøhmer, J.G. 1957. Blådningskog II. *Tidsskrift for skogbruk* 65.
- Cedergren, J. 2008. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Skogsstyrelsen, *Meddelande* 1–2008.
- Chrimes, D. 2004. Stand Development and Regeneration Dynamics of Managed Uneven-aged *Picea abies* Forests in Boreal Sweden. SLU. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 304.
- Crow, T.R., Jacobs, R.D., Oberg, R.R. & Tubbs, C.H. 1981. Stocking and structure for maximum growth in sugar maple selection stands. USDA Forest service, *Research paper* NC–199.
- Dahlberg, A. SLU, inst. för skoglig mykologi och patologi. Manuskript.
- Dahlberg, A. 2001. Community Ecology of Ectomycorrhizal Fungi: an Advancing Interdisciplinary Field. *New Phytologist* 150, s. 555–562.
- Dale, Ö. & Stam, J. 1994. Grunnlagsdata for kostnadsanalyse av alternative hogstformer. Norsk institutt for skogforskning (NISK), Institutt for skogfag NLH, Ås. *Rapport fra skogforsk* 7, 37 s.
- Dannecker, K. 1929. *Der Plenterwald einst und jetzt*. Verlagsbuchhandlung von Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Dettki, H., Klintberg, P. & Esseen, P.A. 2000. Are Epiphytic Lichens in Young Forests Limited by Local Dispersal? *Ecoscience* 7(3), 317–325.

- Drössler, L., Nilsson, U. & Lundqvist, L. 2013. Simulated transformation of even-aged Norway spruce stands to multi-layered forests – An experiment to explore the potential of tree size differentiation. *Forestry*, in press.
- Elfving, B., Brunberg, T. & Karlsson, B. 2006. Granskogsbruk med och utan kalhyggen – produktion och ekonomi. I: Karlsson, B. (redaktör), Trakthyggesbruk och kontinuitets-skogsbruk med gran, en jämförande studie. *Redogörelse* nr 5–2006, SkogForsk, Uppsala.
- Elfving, B. & Nyström, K. 1996. Yield Capacity of Planted *Picea abies* in Northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 11, s. 38–49.
- Eliasson, L. 1998. Analyses of single-grip harvester productivity. SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae. Silvestria*, 80.
- Eliasson, L., Lageson, H. and Valinger, E. 2003. Influence of sapling height and temperature on damage to advance regeneration. *For. Ecol. Manage.* 175, s. 217–222.
- Eyre, F.H. & Zilgitt, W.M. 1953. Partial cuttings in northern hardwoods of the Lake States. Twenty-year experimental results. *USDA Technical Bulletin* 1076.
- Fjeld, D. 1994. Time consumption for selection and patch cutting with a one-grip harvester. Norwegian Forest Research Institute, Ås. *Communications of Skogforsk* 47.4, 27 s.
- Fjeld, D. & Granhus, A. 1998. Injuries after selection harvesting in multi-storied stands – the influence of operating system and harvest intensity. *Journal of Forest Engineering* 9(2), 33–40.
- Flury, P. 1929. Über den Aufbau des Plenterwaldes. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für den Forstliche Versuchswesen 15, s. 303–358.
- Flury, P. 1933. Über den Wachstumsverhältnisse des Plenterwaldes. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für den Forstliche Versuchswesen 18, s. 55–151.
- Fröding, A. 1992. Gallringsskador – nuläge och förändringar sedan början av 1980-talet. SLU, inst. för skogsteknik. 45 s.
- Gayer, K. 1886. *Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbesondere die Horst- und Gruppenwirtschaft*. Berlin.
- Glöde, D. & Sikström, U. 2001. Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester productivity and damage to the regeneration. *Silva Fennica* 35(1), s. 71–83.
- Gurnaud, A. 1878. Cahier d'aménagement pour l'application de la méthode par contenance exposée sur la forêt des Éperons. Exposition universelle de 1878, à Paris.
- Hagner, M., Lohmander, P. & Lundgren, M. 2001. Computer-aided choice of trees for felling. *For. Ecol. Manage.* 151, s. 151–161.
- Hagner, S. 1962. Naturlig förnygring under skärm. *Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut* 52:4.
- Hagner, S. 1999. *Forest management in temperate and boreal forests: current practices and the scope for implementing sustainable forest management*. FAO, Rome.
- Hagström, S. 1994. En studie av avverkningskador på inväxningsbeståndet vid blådning. SLU, inst. för skogsteknik. *Studentuppsatser* 2, 16 s.
- Hanewinkel, M. & Pretzsch, H. 2000. Modelling the conversion from even-aged to uneven-aged stands of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) with a distance-dependent growth simulator. *For. Ecol. Manage.* 134(1–3), s. 55–70.
- Holmgren, A. 1959. *Skogarna och deras vård i övre Norrland intill år 1930*. Domänstyrelsen, Stockholm, s. 375–412.
- Hufnagl, L. 1893. Der Plenterwald, sein Normalbild, Holzvorrath, Zuwachs und Ertrag. *Österreichische Vierteljahresschrift für Forstwesen* no. 9, s. 117–132.
- Häusler, A., Scherer-Lorenzen, M. 2002. Nachhaltige Forstwirtschaft in Deutschland im Spiegel des ganzheitlichen Ansatzes der Biodiversitätskonvention. Bundesamt für Naturschutz, *BfN-Skripten* 62.
- Johansson, P. *Störningskänslighet hos lavar i barrskogar*. Skogsstyrelsen, Rapport. Manuskript.
- Juhlin Dannfelt, M. 1954. *Skogsskötsel – Lärokurs för statens skogsskolor*. Emil Kihlströms tryckeri AB, Stockholm.
- Kirppuu, S. & Dahlberg, A. *Naturvärdesinventering i blådade skogar*. Skogsstyrelsen, Rapport. Manuskript.
- Kraft, A.D. 1892. Zur Regelung des Plänterwaldes. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 46, s. 325–328.
- Kuuluvainen, T., Tahvonen, O. & Aakala, T. 2012. Even-Aged and Uneven-Aged Forest

Management in Boreal Fennoscandia: A Review. *AMBIO* 41, s. 720–737.

- Lageson, H. 1996. Thinning from Below or Above? Implications on operational efficiency and residual stand. SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae, Silvustria* 14.
- Leak, W.B. 1965. The J-shaped probability distribution. *Forest Science* 11, s. 405–409.
- Leak, W.B., Solomon, D.S. & Filip, S.M. 1969. A silvicultural guide for northern hardwoods in the northeast. *USDA Forest Service, Research paper NE-143*.
- Leemans, R. 1991. Canopy gaps and establishment patterns of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in two old-growth coniferous forests in central Sweden. *Vegetatio* 93, s. 157–165.
- Leijonhufvud, W. 1921. Skogens förnygring. *Skogen*, s. 105–113.
- Lindman, J. 1984. Fjällskogblädning : tillväxtstudier i fyra bestånd. SLU, inst. för skogsskötsel. *Examensarbete i ämnet skogsskötsel*, 1984:5.
- Liocourt, F. de. 1898. De l'aménagement des sapinières. *Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et Belfort* 6, s. 396–405.
- Lundmark, T. & Wikberg, P.-E. 2008. Naturkultur. Utvecklingen i försöksserien de 10 första åren. Skogsstyrelsen. *Rapport* 23–2008.
- Lundqvist, L. 1984. Blädning och etappvis slutavverkning. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 6/84, s. 27–40.
- Lundqvist, L. 1989. Volume increment on experimental plots managed with single-tree selection. I: *Blädning i granskog –strukturförändringar, volymtillväxt, inväxning och förnygring på försöksytor skötta med stamvis blädning*. Avhandling. SLU, inst. för skogsskötsel.
- Lundqvist, L. 1991. Some notes on the regeneration on six permanent plots managed with single-tree selection. *For. Ecol. Manage.* 46, s. 49–57.
- Lundqvist, L. 1993. Changes in the stand structure on permanent plots managed with single-tree selection. *Scand. J. For. Res.* 8, s. 510–517.
- Lundqvist, L. 1994a. Growth and competition in partially cut sub-alpine Norway spruce forests in northern Sweden. *For. Ecol. Manage.* 65, s. 115–122.
- Lundqvist, L. 1994b. Beståndsförnygring i fjällnära granskog. SLU, inst. för skogsskötsel, *Arbetsrapporter* nr 80.
- Lundqvist, L. 1995. Simulation of sapling population dynamics in uneven-aged *Picea abies* forests. *Annals of Botany* 76, s. 371–380.
- Lundqvist, L. 2004. Stand development in uneven-aged sub-alpine *Picea abies* stands after partial harvest estimated from repeated surveys. *Forestry* 77, s. 119–129.
- Lundqvist, L. 2005. *Blädning*. SLU, inst. för skogsskötsel, *Rapporter* nr. 61.
- Lundqvist, L. 2012. Virkesproduktion och inväxning i skitad skog efter höggallring. *Rapport* 11/2012, Skogsstyrelsen.
- Lundqvist, L. & Fridman, E. 1996. Influence of local stand basal area on density and growth of regeneration in uneven-aged *Picea abies* stands. *Scand. J. For. Res.* 11, s. 364–369.
- Lundqvist, L. & Nilsson, K. 2007. Regeneration dynamics in an uneven-aged virgin Norway Spruce forest in northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 22, s. 304–309.
- Lähde, E., Eskelinen, T. & Vaananen, A. 2002. Growth and Diversity Effects of Silvicultural Alternatives on an Old-growth Forest in Finland. *Forestry* 75, s. 395–400.
- Meyer, H.A. 1933. Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Plenterwaldes. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 84, s. 33–46, s. 88–103, s. 124–131.
- Mitscherlich, G. 1952. Der Tannen–Fichten–(Buchen)–Plenterwald. *Schriftenreihe der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt, Freiburg im Breisgau, Heft* 8.
- Mitscherlich, G. 1961. Untersuchungen in Plenterwäldern des Schwarzwaldes – Die Versuchsflächen Wolfach 3/II und Freudenstadt, Plenterwald 5. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 132, heft 3 und 4.
- Murphy, P.A. 1980. Growth and yield of uneven-aged loblolly-shortleaf pine stands – a progress report. I: *Proceedings of the first biennial silvicultural research conference*. Barnett J.P. (redaktör), Atlanta Georgia Nov 6–7, 1980.
- Möller, A. 1922. *Der Dauerwaldgedanke – Sein Sinn und seine Bedeutung*. Springer Verlag, Berlin.
- Nilsen, P. 1988. Fjällskoghogst i granskog – gjenvekst og produksjon etter tidligere hogster. *Rapport fra Norsk institutt for skogforskning* 2/88.

- Nilson, K. 2001. Regeneration Dynamics in Uneven-aged Norway spruce Forests with Special Emphasis on Single-tree Selection. SLU. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria* 209.
- Nilson, K. & L. Lundqvist. 2001. Effects of stand structure and density on development of natural regeneration in two *Picea abies* stands in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 16, s. 253–259.
- Näslund, H. 1942. Den gamla granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. *Meddelande från statens skogsförsöksanstalt* 33, s. 1–212.
- Palmér, C.H. 2002. Nyttänkande om blådnings: avverka bara skogens filéer. *Skogen* nr 1/02.
- Persson, H. A. 1992. Tvågreppsskördare vid avverkning i alternativa skötselmodeller. SLU, inst. för skogsteknik. *Uppsatser och Resultat* 240, 19 s.
- Petersson, S. 1997. *Diameterspridningens effekt på prestationen vid slutavverkning*. Modo Skog AB, skogstekniska avdelning. PM. 4 s.
- Prodan, M. 1944. *Zuwachs- und Ertragsuntersuchungen im Plenterwald*. Dissertation. Albert Ludwigs-Universität zu Freiburg im Breisgau.
- Sarvas R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus etelä-Suomen yksityismetsiin. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33.
- Schaeffer, A., A. Gazin & d'Alverny, A. 1930. *Sapinières: Le jardinage par contenance*. Presses Universitaires de France. Paris.
- Sirén, M. 2001. Tree damage in single-grip harvester thinning operations. *Journal of Forest Engineering* 12(1), s. 29–38.
- Skogsstyrelsen. 2002. Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitikens effekter – SUS 2001. Huvudmeddelande. *Meddelande* 2002:1.
- Stoeßle, Dr. 1897. Zur Betriebseinrichtung und Ertragsregelung des Plenterwaldes. *Allgemeine Forst- und Jagtzeitung*, s. 199–206.
- Suadicani, K. & Fjeld, D. 2001. Single-tree and group selection in montane Norway spruce stands: Factors influencing operational efficiency. *Scand. J. For. Res.* 16(1), s. 79–87.
- Söderström, V. 1978. *Ekonomisk skogsproduktion, Del 1: Naturliga och ekonomiska förutsättningar*. LTs förlag, Stockholm.
- Wallmo, U. 1897. *Rationell skogsavverkning*. Stockholm.
- Wallmo, U. 1939a. Rationell skogsavverkning – ett försök att ytterligare sprida kunskap om vad med detta begrepp avses. *Skogen* nr 1, s. 8–13.
- Wallmo, U. 1939b. Stamvis eller gruppvis olikåldrig beståndsform. *Skogen* nr 6, s. 121–122.
- Wikström, P. 2000. Solving stand-level planning problems that involve multiple criteria and a single-tree growth model. SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae. Silvestria*, 167.
- Öyen, B.H. & Nilsen, P. 2002. Growth Effects after Mountain Forest Selective Cutting in Southeast Norway. *Forestry* 75(4), s. 401–410.