

Lågskärm av björk på granmark

– skötsel, drivningsteknik och ekonomi

Staffan Jacobson, Gert Andersson, Per Eriksson & Sten Frohm



SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt. Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat. Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse. Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report. Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar. Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Förord

Föreliggande arbetsrapport redovisar resultaten av den första delen av ett projekt som Stora Skog AB och SkogForsk drivit gemensamt sedan våren 1997.

För styrning och vägledning av projektet har vi haft en styrgrupp bestående av Mats Hansson, Per Fenger-Krog och Bo Morenius från Stora Skog AB, Gert Andersson, Per Eriksson, Sten Frohm och Staffan Jacobsson från SkogForsk.

Arbetet inom projektet har omfattat litteraturstudier, kostnads- och intäktsanalyser samt konsekvensanalyser för Mora skogsförvaltning. Litteraturstudier inom skötselområdet samt produktionsberäkningar i framtaget typbestånd utfördes av Staffan Jacobsson. Litteraturstudier inom drivnings- och transportområdet utfördes av Per Eriksson. Kostnads- och intäktsanalyserna utfördes av Gert Andersson och Per Eriksson. Konsekvensanalyserna för Mora Skogsförvaltning utfördes av Per Fenger-Krog, Stora Skog AB och Gert Andersson, SkogForsk. Sten Frohm har ansvarat för projekten på SkogForsk.

Av den totala kostnaden för projektet har Stora Skog AB stått för ca 30 % exklusive eget arbete och SkogForsk för de resterande 70 %.

Innehåll

Sammanfattning	5
Inledning	7
Bakgrund och syfte.....	7
Uppläggning och genomförande	7
Skötsel och biologi.....	8
Allmänt om lågskärmar	8
Björkens föryngring	9
Fröproduktion, -spridning och -groning	9
Stubbskott	10
Faktorer som kan påverka stubbskottsbildningen	11
Skärmtäthet och stubbskott.....	11
Blandskogseffekt	12
Ekologisk stabilitet	13
Effekter av ökad lövinblandning på beståndsklimat, mark, vegetation och skador	14
Beståndsklimat.....	14
Lågskärm	14
Marktillstånd.....	15
Lågskärm	16
Vegetation.....	17
Lågskärm	17
Allelopati	17
Skador.....	18
Rotröta.....	18
Insekter.....	19
Stormfällning och snöbrott	19
Granens kvalitet	19
Produktionseffekter vid ökad lövandel i granbestånd	20
Björk och gran i enskiktad blandning.....	20
Björk och gran i tvåskiktad blandning.....	20
Effekter av skärmens avveckling	21
Fysiologiska skador på föryngringen	21
Plantornas tillväxtreaktion efter avvecklingen	22
Stickvägar.....	22
Ökat uttag av biomassa – produktionsaspekter	24
Lågskärm – modeller.....	24
Lågskärm av björk i granplantering.....	24
Självföryngring av gran under en lågskärm av björk	25
Typbestånd – lågskärm av björk i granplantering	26
Förutsättningar för kostnads- och intäktsanalys	26
Kommentarer	27
Diskussion	28
Naturvårdsaspekter	29
Drivnings- och transportsystem	29
Systemkomponenter	29
Avverkning	29

Uttransport	29
Sönderdelning	30
Komprimering	30
Vidaretransport	30
Tidigare erfarenheter	30
Klippmyran	30
Gallerian	31
Lillebror 0410	31
Avverkning med Skogsjan, FMG 570 och skotning med Mini Bruunett	31
Silvatec flerträdshanterande fälldon	31
Träddelsdrivare Valmet 838 Combi	32
Utglesning och avveckling av skärm	32
EnHar	32
FGS 500 B	34
Utveckling av prestation	34
Kostnads- och intäktsanalys	35
Förutsättningar	35
Val av maskiner och metoder i analysen	35
Avverkning	35
Uttransport	36
Sönderdelning	37
Prestationer och kostnader	37
Intäkter	39
Resultat	40
Känslighetsanalys	41
Omloppstid	41
Fällningsprestation	44
Medelstam	44
Bränslepriser	45
Diskussion	46
Maskin- och aggregatval	46
Metodval	46
Bestånd	46
Storskalig tillämpning på en skogsförvaltning	47
Diskussion	47
Referenser	49
Skötsel och biologi	49
Drivnings- och transportsystem	56
Bilaga 1 Tänkbara modeller för skötsel av oröjda granbestånd med stor lövinblandning	58
Bilaga 2 Tänkbara modeller för lågskärm av björk på granmarker	60

Sammanfattning

Inom Stora Skog har man sedan en tid diskuterat möjligheten att införa en lågskärmsmetod i syfte att sänka den totala röjningskostnaden. Den modell som diskuterats har varit att ställa en björkskärm på ca 3 000 stammar/ha vid 10 års beståndsålder och sedan avveckla skärmen vid 20 års ålder. Vid avvecklingen är det tänkt att ett uttag av biobränsle och/eller massaved skall göras med hjälp av ett mekaniserat avverkningssystem. Lågskärmen skulle kunna vara ett alternativ på medelgoda till bättre granboniteter där det normalt sett krävs minst två totalröjningar av björken. För att möjliggöra en vidare tillämpning av metoden behövs en allsidig belysning av tänkbara ekonomiska, produktionsmässiga och ekologiska konsekvenser. Angeläget är också att klarlägga om det finns ett behov av vidare forskning och utveckling innan en storskalig användning av metoden genomförs.

SkogForsk har på uppdrag av Stora Skog tagit fram befintliga kunskaper om lågskärmsmetoden vad gäller skötsel och biologi samt driftsteknik genom litteraturstudier. Med stöd av detta har sedan ett typbestånd i enlighet med Storas grundmodell tagits fram. För dessa förutsättningar har sedan kostnads- och intäktsanalyser på beståndsnivå utförts i syfte att jämföra skärmmetoden med en referensalternativ med två konventionella lövröjningar. Vidare har de ekonomiska konsekvenserna av ett fullskaligt införande av metoden på vissa typer av ståndorter på en skogsförvaltning beräknats.

Litteraturstudierna visade att den av Stora skisserade lågskärmsmodellen i någon renodlad form ej testats i försök och därför innehåller flera osäkra faktorer. Osäkerheterna gäller bl.a. hur många stammar skärmen bör innehålla för att ge en tillräckligt dämpande verkan på stubbskotten samt om och i så fall hur mycket granplantornas tillväxt hämmas av skärmen. Det är också oklart om det behövs en utglesning av skärmen efter några år för att minska skärmens hämmande inverkan på granplantorna? Skärmens produktion fram till avvecklingstidpunkten är ett annat osäkerhetsmoment. För att kunna avveckla skärmen med storskaliga maskinsystem behöver stickvägar tas upp. Hur detta påverkar granarnas produktion i detta tidiga skede är heller inte studerat.

För att ändå möjliggöra beräkningar över lönsamheten av den skisserade lågskärmsmodellen skapades ett typbestånd där tillväxten i björkskärmen och det underliggande granbeståndet skattades med hjälp av tillgängliga ungskogsfunktioner. Vid beräkningarna antogs att stickvägsupptagningen (20 m stickvägsavstånd) vid skärmavvecklingen medförde 10 % minskad volymproduktion för granen fram till förstagallringen. Bränsleuttaget i skärmen antogs sänka volymproduktionen i granbeståndet med 5 % fram till förstagallringen. Björkskärmen antas vidare hämma granens utveckling med motsvarande 2 års tillväxt fram till avvecklingstidpunkten. Totalt sett medför skärmsystemet, enligt de antaganden som gjorts att granbeståndet hämmas med motsvarande en förlängning av omloppstiden med 5 år motsvarande 34 m³sk. Detta kan jämföras med skärmens produktion på 60 m³sk.

Beräkningar av lönsamheten för lågskärmsmodellen utfördes för fem olika maskinsystem.

1. Fällning/buntkapning med Bror Hult FGS 500 – konventionell skotare.

2. Fällning med Bror Hult FGS 500 – gripsågsförsedd skotare.
3. Fällning med Bror Hult FGS 500 – stickvägsgående flisare.
4. Fällning med EnHar – gripsågsförsedd skotare.
5. Fällning med EnHar – stickvägsgående flisare.

I samtliga alternativ användes en stickvägsgående skördare som basmaskin för fälldonen. Ingen av systemen har studerats vid avveckling av skärm utan i samtliga fall har prestationer antagits utifrån studieerfarenhet och praktisk erfarenhet. För att göra de olika skötselalternativen jämförbara har samtliga kostnader och intäkter fram till slutavverkningen diskonterats till år 0.

Nuvärdet för referensalternativet, med två konventionella röjningar uppgick till 14 620 kr/ha. Lågskärmsalternativet gav ett nuvärde på mellan 14 605 och 15 719 kr/ha för de olika maskinsystemen. System nr 5, fällning med EnHar och flisning på stickväg var det mest lönsamma alternativet med ett nuvärde på 15 719 kr/ha. Skillnaden gentemot system 3, där fällningen gjordes med Bror Hult FGS 500 var dock mycket liten, endast 100 kr/ha. Den sämsta lönsamheten, 14 605 kr/ha uppnåddes enligt beräkningarna med system 1, där Bror Hult FGS 500 användes för fällning och buntkapning och där uttransporten gjordes med en konventionell skotare.

Eftersom det finns en hel del osäkerheter i det underlag som är tillgängligt har vi analyserat resultatet vid några andra förutsättningar.

Om:

- det krävs en utglesning av skärmen vid 15 års beståndsålder för att minska skärmens hämmande inverkan på granen kommer nuvärdet för skärmalternativet sjunka till 13 500 resp 14 200 kr/ha för de olika maskinsystemen
- granarna hämmas av lågskärmen med motsvarande fyra års förlängning av omloppstiden, i stället för två år som vi antagit, skulle nuvärdet sjunka till 13 800 respektive 14 950 kr/ha
- skärmen skulle växa 20 % sämre än vad vi antagit skulle nuvärdet sjunka till 13 460 respektive 14 590 kr/ha
- prestationen vid skärmavvecklingen skulle sjunka med 20 % skulle nuvärdet sjunka till 13 320 respektive 14 700 kr/ha
- bränslepriset skulle sjunka med 10 % skulle nuvärdet sjunka till 13 370 respektive 14 490 kr/ha.

Ett storskaligt införande av metoden på 500 ha per år på en skogsförvaltning skulle leda till ett 0 – 700 000 kr /ha högre nuvärde än ett konventionellt alternativ. Krävs en utglesning av skärmen blir det ett negativt resultat (200 000 – 500 000 kr/ha). När det gäller den direkta röjningskostnaden för förvaltningen skulle den, vid ett storskaligt införande av metoden minska med mellan 1,37 och 2,35 milj kr/år i förhållande till ett system med två upprepade manuell röjningar.

Avslutningsvis kan konstateras att om lågskärmsmodellen fungerar enligt huvudalternativet ger den ett positivt nuvärde och ett överskott i skogsvårdsbudgeten för förvaltningen jämfört med det konventionella alternativet. Ett storskaligt införande med nuvarande kunskapsläge innebär dock ett ekonomiskt risktagande, vilket med all tydlighet visas av de känslighetsanalyser vi genomfört. För att lyckas med ett införandet av en skärmmetod kommer det sannolikt krävas en noggrann planering och ståndortsanpassning samt en intensivare tillsyn än vad som normalt sett krävs. Detta kan på sikt ge en nödvändig lokal erfarenhet av hur metoden fungerar vid olika förutsättningar.

Inledning

Bakgrund och syfte

Ett vanligt motiv för att använda sig av lågskärm är att den kan ge ett visst frostskydd för unga granplantor. Skärmen kan även helt hindra eller åtminstone reducera björkstubbsskottens höjdtutveckling, vilket i gynnsamma fall minskar behovet av lövröjning. En lövskärm kan också ge ett värdefullt tillskott av biobränsle eller massaved. Tillämpningen av metoden har hittills varit relativt begränsad men i takt med att behovet av lövmassaved samt biobränsle ökar har även intresset för metoden ökat. De senaste årens utveckling av flerträdshalterande fällaggregat kan göra det möjligt att mekanisera skärmavvecklingen till en relativt låg kostnad. Sammantaget kan detta göra lågskärmsmetoden till ett intressant alternativ för att reducera skogsvårdskostnaderna.

SkogForsk har i samarbete med Stora Skog AB drivit ett projekt som haft följande mål:

- Skapa ett underlag för utformning av riktlinjer för tillämpning av lågskärm av björk på granmarker.
- Beräkna det ekonomiska utfallet fram till förstagallring för ett skötselssystem med lågskärm av björk i ett typbestånd i förhållande till ett konventionellt skötselssystem med upprepade röjningar.
- Beräkna det ekonomiska utfallet för Mora skogsförvaltning vid en storskalig tillämpning av metoden.
- Identifiera eventuellt behov av ytterligare FoU insatser.

Syftet med föreliggande rapport är att redovisa resultatet av arbetet i projektet.

Uppläggning och genomförande

Projektet omfattade fyra olika delar:

1. Skötsel och biologi.
2. Drivnings- och transportanalys.
3. Syntes och kostnads/intäktsanalys beståndsnivå.
4. Konsekvensanalys Mora SF.

Del ett och två omfattade litteraturstudier och syftade till att skapa ett fakta-mässigt underlag avseende biologiska och driftstekniska faktorer. Med stöd av del ett skapades ett typbestånd, i enlighet med Storas grundmodell. Utifrån detta typbestånd samt tillgänglig driftsteknisk kunskap utfördes sedan del tre omfattande kostnads- och intäktsanalyser på beståndsnivå i syfte att jämföra skärmmetoden med ett referensalternativ med två konventionella lövröjningar. Del fyra syftade till att applicera resultaten från del tre på Mora skogsförvaltning och där analysera vad ett storskaligt införande av lågskärmsmetoden skulle innebära ur ekonomisk synvinkel.

Skötsel och biologi

Allmänt om lågskärmar

Föryngring av gran under en lågskärm av självföryngrad björk är en metod som sedan i början av 1980-talet praktiserats i viss omfattning i framför allt syd- och Mellansverige. På marker med frostproblem, och där det inte finns träd för en högskärm, kan metoden i vissa fall vara den enda möjligheten att till en rimlig kostnad anlägga ett nytt granbestånd. Metoden utnyttjar skillnaderna i tillväxt-rytm mellan de två trädslagen. Björken har som pionjärträdsdrag en god förmåga att snabbt kolonisera kalmark och en snabb ungdomstillväxt, medan granen såsom sekundärträdsdrag är skuggtålig och kan etablera sig under björken. För att sedan ta till vara granens mer uthålliga produktion måste björkskärmen under 20 – 30 års period successivt avvecklas. Om granens uthålliga produktionsförmåga inte påverkas av den tidiga björköverskärningen, kan gran och björk i skärm tillsammans ge en högre totalproduktion än ett bestånd av enbart gran, där all björk röjts bort (Tham, 1988)

Förutom en eventuell merproduktion, kan en lågskärmsmetod, i jämförelse med konventionell föryngring av gran, ge flera positiva effekter. Bland de aspekter som brukar framhållas kan nämnas skärmens dämpande effekt på bildningen av stubb- och rotskott, vilket kan minska behovet av dyra och ibland återkommande lövröjningar. Vidare nämns ofta björkens dränerande effekt på blöta marker, samt dess utjämnade effekt på beståndsklimatet, vilket kan minska risken för frost och torkskador under vegetationsperioden. Omdebatterad är också björkens eventuella positiva effekt på markstruktur och markkemi.

Tillämpningen av lågskärmsmetoden har hittills varit relativt begränsad men i takt med att behovet av lövmassaved och skogsbränsle ökar har även intresset för metoden ökat. En sannolikt bidragande orsak till det ökande intresset för metoden är dagens fokus på biodiversitet som har lett till ett ökat intresse för ett skogsbruk som mer efterliknar det skogliga ekosystemets naturliga successioner.

För att lyckas med metoden krävs en noggrann planläggning och ståndortsanpassning samt en intensivare tillsyn i jämförelse med vad som normalt krävs vid mer konventionella föryngringsmetoder. De senaste årens utveckling av flerträdsanläggande fällaggregat kan göra det möjligt att mekanisera skärmställning och skärmavveckling till en rimlig kostnad. Detta skulle eventuellt kunna göra lågskärmsmetoden till ett intressant alternativ även för storskogsbruket.

Innan en mer storskalig tillämpning av metoden kommer till stånd måste det ses som angeläget att metodens produktions- och miljömässiga konsekvenser klarläggs och att skötselrekommendationer dokumenteras. Exakta rekommendationer för hur en lågskärm av björk ska anläggas och skötas måste dock sannolikt anpassas lokalt, beroende på produktionsförutsättningar, lokala erfarenheter samt grad av tidigare skogsvård i det aktuella beståndet.

En eventuell ökad mekanisering och bränsleuttag i samband med lågskärmar reser frågor som:

- vad kan ett tidigare upptag av stickvägar i beståndet ha för konsekvenser på produktion och skador på unga granar
- hur ett eventuellt skogsbränsleuttag i samband med utglesning och avveckling av lövskärmen kan tänkas få för konsekvenser på den långsiktiga produktionsförmågan och biodiversitet.

En avgörande fråga, av mer generell karaktär, som först måste klaras ut är dock – **hur tät en skärm måste vara för att hämma tillväxten av stubbskott utan att samtidigt hämma tillväxten på den underliggande granföryngringen.**

Björkens föryngring

Björken är det dominerande lövträdslaget i Sverige och svarar för ca två tredjedelar av lövvirkesförrådet (Berg m.fl., 1996). Både vårtbjörk (*Betula pendula*) och glasbjörk (*Betula pubescens*) finns spridda över hela landet, vårtbjörken dock ej i fjällskogen. Glasbjörken är den klart dominerande arten med 76 % av björkvirkesförrådet (Berg m.fl., 1996). Vårt- och glasbjörk har vissa skillnader i kraven på ståndort men förekommer ändå ofta i samma bestånd. Vårtbjörken kan i allmänhet inte växa på fuktiga och syrefattiga ståndorter med stillastående vatten, där glasbjörken däremot ofta utvecklar sig bra. Båda trädslagen växer annars bäst på friska näringsrika mjåla- och moränmarker, men vårtbjörken kan också klara sig ganska bra på torra och lite magrare marker även om produktionen då naturligtvis blir lägre.

Björken är ett pionjärträdsdrag och var bland de första trädslagen att vandra in efter inlandsisens tillbakadragande. Kännetecknande för dessa pionjärarter är att deras generativa etablering (via frön) gynnas av en störd miljö. Exempel på sådana marker är brända marker eller marker där mineraljorden blottats, exempelvis efter en markberedning.

Fröproduktion, -spridning och -groning

Björkens generativa föryngring bygger på att satsa på en riklig produktion av frön som sprids över stora områden, och dess förmåga till självföryngring är därför i regel mycket god. Fröproduktionen startar normalt vid en ålder av 15–20 år, och ibland tidigare (Johansson, 1996). Från björkar i hyggeskanter har man som regel en god fröspridning ut på ett hygge. Enligt Fries (1984) kan björkfrön i tillräcklig mängd på kalhyggen spridas mer än 200 meter från beståndskant. En enda fristående björk kan sprida 200 frön/m² på 100 meters av-

stånd. Fröspridningen avklingar dock exponentiellt med avståndet från trädet (Cameron, 1996). Frö från vårtbjörk sprids längre än frö från glasbjörk (Sarvas, 1948), vilket troligen beror på vårtbjörkens bredare frövingar. Vårtbjörken är dessutom oftast högre och växer i högre delar av terrängen, vilket också underlättar fröspridningen. Enligt Sarvas (1952) är fröproduktionen varje år tillräcklig för att skapa en god naturlig föryngring av björk, åtminstone om man markerbereder.

Fröfallet kan pågå från juli till november och är normalt som rikligast under perioden augusti-september (Fries, 1984). Enskilda björkar kan dock periodvis släppa frön på snön under hela vintern. Björkfrön kan också överleva i marken utan att gro, om de t.ex. fallit i sluten skog där gröningsbetingelserna är dåliga. Grobarheten sjunker dock snabbt från och med fröets andra år i en sådan fröbank (Granström & Fries, 1985). Björk som ingått i ett slutavverkningsbestånd kan genom denna fröbank ge ett bra tillskott till föryngringen direkt efter avverkningen (Mård, 1993).

På ostörd mark gror björkfröet bättre ju fuktigare marken är (Sarvas, 1948). Torvmarker, med dess höga vattenhållande förmåga och lämpliga porvolym ger mycket bra förutsättning för björkens frögroning (Lundh & Josefsson, 1989). På friska marker, där gröningsbetingelserna är sämre än på fuktiga marker, gror björkfröet bättre i mineraljorden än i den torra humusen (Raulo & Mälkönen, 1976; Fries, 1984). På torra marker samt på kompakta och kalla ler- och mjåla jordar är gröningsbetingelserna för björkfrö sämre (Palo, 1986).

Huvuddelen av björkens frön gror under våren när temperaturen når upp till ca 10°C (Palo, 1986).

Stubbskott

Björken föryngrar sig även vegetativt med skott från avverkade björkstubbar. En av orsakerna till denna vegetativa förökning är att den apikala dominansen bryts vid avverkningsstillfället. Auxintillförseln till kronan upphör och skottanlagen på stubbarnas mantelytor och rötter stimuleras att bilda skott (Johansson, 1984). Dessa skottanlag är huvudsakligen koncentrerade till rothalsen, nära eller under markytan (Johansson, 1992a). Björkens stubbskottbildning kan vara riklig. Andersson och Björkdahl (1984) fann i genomsnitt 30 skottanlag per stubbe, på stubbar av 4–10 cm i grovlek. Ett år efter fällning fanns i genomsnitt 22 stubbskott per stubbe. Antalet skott per stubbe minskar dock ganska snabbt med tiden. Enligt Johansson (1991) minskar antalet från >5 till <2 under en femårsperiod.

Stubbskotten har en mycket snabb ungdomstillväxt beroende på att de har tillgång till ett redan fungerande rotsystem och att de därigenom snabbt kan tillgodogöra sig vatten och näring. Höjdtillväxten hos björkens stubbskott är dubbelt så stor som hos fröplantan (Lundh & Josefsson, 1989). Funktioner för stubbskottens höjdtutveckling finns framtagna för både vårt- och glasbjörk (Björkdahl, 1983; Elfving & Nyström, 1984).

Faktorer som kan påverka stubbskottsbildningen

Faktorer som kan tänkas påverka stubbskottsbildningen innefattar; ljusmängd, temperatur, ålder, ståndort, avverkningstidpunkt samt stubbhöjd.

De flesta studier som behandlat avverkningstidpunktens inverkan på stubbskottsbildningen uppvisar minskad frekvens av bildade stubbskott samt minskad skottlängd om röjningen utförts i början av vegetationsperioden (Haveraan, 1963; Andersson, 1966; Etholén, 1974; Johansson, 1992c). Skottskjutningsfrekvensen tycks också bero av breddgrad. Avverkningstidpunkten med lägst antal stubbskott inföll senare under vegetationsperioden med ökande breddgrad (Johansson, 1992c). Etholén (1974) and Johansson (1992b) fann dock inget samband mellan skottskjutningsfrekvens och avverkningstidpunkt vad gäller glasbjörk. Johansson (1992c) sammanfattar kunskapsläget och menar att avverkningstidpunktens inverkan på stubbskottsbildningen är relativt liten, och troligen inte av någon större praktiskt betydelse. Dessutom är den mest lämpliga lövröjningstidpunkten för minskad stubbskottsbildning alldeles för kort för att kunna tillämpas systematiskt i praktiskt skogsbruk. Är målet däremot att få en så snabb och riklig stubbskottsutveckling som möjligt, för exempelvis bioenergiproduktion, bör man nog undvika att avverka under perioden majjuni.

Enligt äldre undersökningar produceras färre stubbskott från höga stubbar än från låga (Nordfors, 1923). Mikola (1942) stöder denna teori, men hävdar att stubben måste vara minst 50 cm för att det ska vara av någon nämnvärd betydelse. Nyare undersökningar har dock inte funnit några tydliga samband, varken mellan stubbhöjd och antalet stubbskott eller stubbhöjd och stubbskottets längd (Kvaalen, 1989; Johansson, 1991).

En förekommande uppfattning är att ett ojämnt och söndertrasat stubbskär ger lägre frekvens skottskjutande stubbar (Nordfors, 1923). Mikola (1942) kunde dock ej konstatera någon skillnad i stubbskottsfrekvens mellan björkar fällda med yxa och björkar fällda med såg. I en jämförande studie mellan röjningsmaskin med roterande knivar och konventionell röjsåg, gav maskinen upphov till något fler och längre stubbskott (Johansson, 1992d).

Antalet skottanlag och bildade stubbskott är mindre på stubbar från äldre träd (Mikola, 1942; Kauppi m.fl., 1988; Johansson, 1992b) bl.a. beroende på tjockare bark (Mikola, 1942)

Enligt Mikola (1942) är frekvensen skottskjutande stubbar betydligt högre för glasbjörk än för vårtbjörk på jämförbara ståndorter.

Skärmtäthet och stubbskott

Mängden stubbskott efter en lövröjning bör kunna minskas genom att ställa en tillräckligt tät skärm av kvarlämnade björkstammar. Skärmen minskar förutsättningen för stubbskott främst genom att den leder till en minskad ljusinstrålning och en ökad konkurrens om växtnäring. Genom att lämna kvar stammar vid röjningen minskar ju också antalet potentiellt skottskjutande stubbar.

Andelen skottskjutande stubbar minskar med minskande ljusmängd (Johansson, 1986). För att enbart p.g.a. ljusbrist hämma stubbskottens bildning och tillväxt effektivt måste den infallande strålningen vara mindre än 10 % av fullt dagsljus (Johansson, 1990). För att uppnå detta i unga bestånd krävs mycket höga stamantal. Enligt Johansson (1990) skulle det vid en beståndshöjd av 3 meter krävas minst 10 000 stammar per hektar.

Ytterligare en viktig faktor, som idag är dåligt studerad, är skärmens inverkan på stubbskottsfrekvensen genom näringskonkurrens. En intressant frågeställning är huruvida björkstubbkott i högre grad än granplantor påverkas av denna näringskonkurrens.

Andersson (1984) redovisade resultat från olika skärmförsök som visade på ett samband mellan skärmtäthet och stubbskottsbildning. I ett försök i Småland med 3–4 meter höga björkar hämmades stubbskotten redan vid en skärmtäthet av 1 800 stammar per hektar. Från samma material drog författaren också slutsatsen att det sannolikt behövs en tätare skärm för att hålla tillbaka stubbskotten i Svealand-Norrland än i södra Sverige, beroende på att skärmbjörkarna där växer sämre, både i höjd- och kronstorlek, och därför ger en sämre beskuggningseffekt. Andersson (1984) ger sammanfattningsvis rekommendationen att man vid lågskärm (3–4 meters höjd) nog ej bör underskrida 2 500 stammar per hektar om man vill dämpa stubbskotten.

Skogsvårdsstyrelsen har givit ut anvisningar för skötsel av granföryngringar i täta lövuppslag, den så kallade ”Kronobergsmetoden” (Anon, 1996). För att lövskärmen effektivt skall kunna motverka stubbskott rekommenderas enligt denna metod att skärmen bör hålla minst 3 000 och gärna 4 000 stammar per hektar om skärmen ställs när björkbeståndet är 3–4 meter högt. En tätare skärm ger björkstammar med finare kvist och mer upphissade kronor, vilket kan minska risken för mekaniska skador på granarna.

Hur tät en lågskärm av björk måste vara för att dämpa stubbskottens tillväxt är dock inte enbart en fråga om stamantal. Björkkronornas struktur har också en mycket stor betydelse. En lågskärm som röjs fram i ett mycket stamtätt björkbestånd måste sannolikt hålla ett mycket högre stamantal, eftersom de friställda träden har smala och starkt utglesade kronor.

Björkdahl (1983) har tagit fram funktioner för stubbskottens höjdtutveckling. Han fann att höjdtutvecklingen påverkades starkt av boniteten. Övriga faktorer som gynnade skottutvecklingen var bl.a. hög diameter på björkarna, nordlig breddgrad och att de röjda björkarna var gamla stubbskott.

Blandskogseffekt

En fråga är huruvida ett blandbestånd ger en högre totalproduktion, en s.k. blandskogseffekt, än ett trädslagsrent bestånd. Det finns flera goda skäl till att anta att så borde vara fallet i ett blandbestånd av björk och gran. Ett av de vanligast anförda skälen till detta är de två trädslagen har olika tillväxtrytm (pionjär- respektive sekundär trädslag), d.v.s. att respektive art förlägger den mest intensiva tillväxtperioden till olika faser av omloppstiden. Det har även hävdats att markens innehåll av vatten och näring skulle kunna utnyttjas bättre

eftersom gran och björk delvis har sina rötter fördelade på olika nivåer i marken, vilket skulle leda till en ökad totalproduktion. Jensen (1983) fann en positiv blandskogseffekt vid blandning av gran (*Picea abies*) och silvergran (*Abies alba*), och förklarade detta som en effekt av arternas olika rotfördelning. I ett bestånd kan även ljuset vara en tillväxtbegränsande faktor. Ljuset påverkar också trädens form genom fototropism. Det är logiskt att tänka sig att flerskiktade bestånd, sammansatt av trädslag med skilda ljuskraV, skulle kunna utnyttja ljuset mer optimalt.

Andra mycket diskuterade blandskogseffekter som bör nämnas är lövinblandningens eventuella markförbättrande egenskaper samt om blandbestånden har en större motståndskraft mot skador (se avsnitt "Effekter av ökad lövinblandning på beståndsklimat, mark, vegetation och skador" nedan).

Ekologisk stabilitet

Den från många håll hävdade uppfattningen, att större biologisk variation (artdiversitet) generellt leder till stabilare ekosystem är en grov förenkling av verkligheten. En mer nyanserad beskrivning lanserades av May (1973) som menar att diversiteten i ett givet ekosystem är en följd av variationen (i tid och rum) hos systemets omgivande förutsättningar. Detta tolkas av Larsen (1991) att diversiteten således inte orsakar stabiliteten utan att den snarare är ett resultat av ekosystemets strategi för att åstadkomma en så god stabilitet som möjligt under givna yttre förutsättningar. Med andra ord så kan vi inte öka stabiliteten i ett ekosystem enbart genom att öka diversiteten. Däremot så gäller sannolikt att vi kan få en minskad stabilitet om vi minskar den existerande naturliga diversiteten.

Under de senaste åren har en diskussion förts kring sambandet mellan artdiversitet och ekosystemens produktionsförmåga och en rad studier kring detta har publicerats (t.ex. Naeem m.fl. 1996, Guo & Rundel 1997, Tilman m.fl. 1997). Forskningsområdet är dynamiskt men hittills tycks inga generella slutsatser har varit möjliga att dra. En genomgående uppfattning tycks vara att artdiversitet visar ett positivt samband med produktionen i vissa ekosystem men inte i andra (Johnson m.fl. 1996).

I detta sammanhang ställer det sig naturligt att fråga sig i vad mån svenskt skogsbruk har minskat den naturliga artdiversiteten vad gäller trädslag, och mer specifikt hur stor lövinblandningen bör vara för att efterlikna en naturskog. Enligt Angelstam m.fl. (1993) visar historiska studier att lövinblandningen i naturskogen förr var mycket hög. Lövet var däremot inte jämnt fördelat i landskapet, utan varierade starkt beroende på ståndort och störningar. Brandpåverkan skapade stora områden med lövdominans, s.k. lövbrännor, framför allt i de norra delarna av landet. I sydligaste Sverige har lövinslaget under de senaste 2 000 åren varit mycket stort (Björse 1997). Studier från den ryska taigan visar att lövinblandningen på en del granmarker kan närma sig 90–100 % under den första delen av successionen, varefter lövet minskar snabbt och granen tar över (Angelstam m.fl. 1993). Enligt en relativt omfattande inventering av den ryska taigan på landskapsnivå anger Angelstam (1998) att lövandelen i de bördigare delarna av den s.k. naturskogen var ca 25 % av den totala stående grundytan.

Detta säger oss dock inget om hur stor lövandelen bör vara i äldre mogen skog som blivit förskonat från störningar såsom brand och stormskador.

Varje träslag karaktäriseras av olika krav på ståndorten. De kan också ha varierande resistens mot potentiella skadegörare som exempelvis insekter och svampar, men även luftföroreningar och klimatförändringar. En ökad blandning av träslag skulle därför kunna sägas ge en ökad riskspridning och därmed eventuellt en ökad stabilitet.

Effekter av ökad lövinblandning på beståndsklimat, mark, vegetation och skador

Beståndsklimat

Inblandning av lövträd i ett barrbestånd ökar ljusinstrålningen till marken på våren innan löven spruckit ut. Detta kan resultera i en högre markvärme, vilket i sin tur kan medföra en tidigare och högre omsättning av näringsämnen och därmed ett högre näringsutbud. Med ökad lövträdsinblandning följer som regel ett något tjockare snötäcke. Under vissa betingelser kan detta resultera i att tjälbildningen blir mindre, vilket skulle kunna leda till att fotosyntesen och därmed tillväxten kommer igång tidigare på våren (Lundmark, 1988).

Lågskärm

Genom att ställa skärmar på ståndorter med risk för frost kan värmeutstrålningen begränsas och frostrisken minskas. Skärmträden påverkar minimumtemperaturen bl.a. genom att kronskiktet förhindrar värmeutstrålning under natten. Träden magasinerar också värme under dagen vilken kan stråla ut i beståndet under natten. Ju högre skärmträden är, desto större effekt har de på minimumtemperaturen vid markytan (Ottosson-Löfvenius, 1993). Förutom trädhöjd och stamtal har trädkronornas struktur stor betydelse för skärmens frostskyddande effekt. En lågskärm som röjts fram i ett mycket stamtätt björkbestånd ger en relativt liten temperatureffekt, om den inte behålls mycket stamtät (Lundmark, 1988). Skärmarnas frostskyddande effekt, jämfört med öppen mark, är sommartid störst närmast markytan och avklingar sedan snabbt med ökande höjd över marken (Odin, 1974). Temperatureffekten av lågskärmar har bl.a. sammanfattats av Lundmark (1988), vilket presenteras i tabell 1.

Tabell 1.
Exempel på temperatureffekter i olika lågskärmar av björk. Skillnad i mintemperatur mellan hygge och skärm på 25 cm höjd under klara, vindstilla nätter (från Lundmark, 1988).

Medelhöjd, m	Täthet, stam/ha	Volym m ³ sk/ha	Skillnad i min.-temp °C
7,6	1 200	21	+4
7	1 600	35	+3,5
7	1 000	13	+3
5	3 100	10	+3
5	1 500	4	+2
4,5	1 600	10	+2,5
4,2	3 000	8	+2
3,5	1 600	2,5	+1,5 – 2

Risken för utstrålningsfrost ökar med nattlängden, och är därför vanligare i södra än i norra Sverige under sommaren (Lundmark, 1988). I norra Sverige kan det även förekomma s.k. advektionsfrost, vilket innebär att kalla luftmassor förs in över landskapet. Enligt Leikola (1975) har en skärm en liten effekt på denna typ av frost.

Skärmträden påverkar också frostrisken genom att skugga plantorna. Lundmark & Hällgren (1987) har visat att granplantor som skuggas får färre skador efter en frost än plantor som utsätts för solljus direkt efter frosten. De förklarar detta med att frosten ger en nedbrytning av klorofyllet, och att plantan kan skadas när mer ljusenergi absorberas än vad som kan omvandlas i klorofyllet (s.k. fotoinhibering). Skärmens skuggeffekt är störst i början och slutet av säsongen, när solen står lägre (Ottosson-Löfvenius, 1993), då också risken för låga temperaturer är högre.

På hösten kan effekten av en lövskärm verka hämmande på granens härdighetsutveckling, varför en tidig höstfrost kan slå lika hårt under skärm som på hygge (Braathe, 1956).

Marktillstånd

I debatten om blandskogar framhävs ofta björkens roll som markförbättrare (t.ex. Frank, 1980; Mikola, 1985). En ökad lövinblandning i våra barrdominerade skogar nämns också som en möjlig metod för att motverka effekter av pågående markförurning (Liljelund m.fl., 1986; Lundmark, 1988).

Björkförna har i jämförelse med granförna något högre pH och basmättnadsgrad (Liljelund m.fl., 1986). Variationen är dock stor och granförna från ett bestånd på kalkrikt underlag kan ha högre värden än en björkförna från en näringsfattigare mark (Nykvist, 1961). Skillnaden mellan barrträdsförna och björkförna ligger dock inte enbart i björkförnans innehåll av baser utan också i barrförnans högre produktion av organiska syror som bildas eller frigörs vid dess nedbrytning, vilkas ackumulation bidrar till att ge humustäcket ett lågt pH (Nykvist, 1963). Vad gäller förnans näringshalter och näringsmängder föreligger inga större skillnader mellan björk och gran (Liljelund m.fl., 1986). Björkförna har en initialt (de första 2-3 åren) högre nedbrytningshastighet (Lundmark & Johansson, 1986) jämfört med barrförna. Nykvist (1961) menar dock att björkens markförbättrande egenskaper i huvudsak inte beror på skillnader i kemiskt innehåll och nedbrytningshastighet mellan björk- och granförna, utan att det snarare skulle bero på skillnader i sättet på, vilket förnan omsätts i marken. Björkförna förlorar relativt snabbt sin bladstruktur och försvinner från markytan, medan förna av gran ligger kvar lång tid på markytan och bryts ned inifrån, av framför allt svampar, men med en bibehållen yttermorfologi.

Nohrstedt (1985, 1989) fann att kvävefixeringen från icke-symbiotiska mikroorganismer i marken översta skikt var mycket högre under björkar än under tallar och granar på motsvarande ståndorter. I de flesta fall var kvävefixeringen koncentrerad till äldre björkbladförna.

Björkens gynnsamma inflytande på marktillståndet beror dock inte enbart på dess förna och förnadedbrytning utan även i minst lika hög grad på trädens och markvegetationens rotfördelning samt de gynnsammare markfysikaliska betingelserna (temperatur, ljus) i björkbeståndet. Björken har ett djupare rot-system än gran (Sirén, 1955), vilket medför att upptaget av baskatjoner kan ske längre ner i mineraljorden. Genom ett, jämfört med granen, högre upptag av baskatjoner i mineraljorden hos björk, och genom att dessa ämnen sedan tillförs marken genom förnafallet, blir pH-differensen mindre mellan ytligare och djupare marklager i björkbestånd jämfört med granbestånd (Liljelund m.fl., 1986). Vidare är ju rötternas upptagning av katjoner kopplad till ett avgivande av vätejoner, vilket i granbeståndets fall huvudsakligen leder till ett syratillskott i humuslagret. I björkbeståndet sker detta syratillskott i högre grad i mineraljorden, vilket teoretiskt sett skulle kunna leda till en ökad vittring i mineraljorden.

Med ökande inblandning av löv i barrskogen ökar också mängden ljus som når ned till marken. Med ökad ljusmängd så ökar också mängden gräs i markens fåltskikt. Döda gräsrötter kan ha ett positivt inflytande på det översta markskiktets aggregatstruktur (Nykvis, 1961). Gräsförnan har också en väsentligt större syrabuffringsförmåga jämfört med mossor, lavar och risväxter (Hesselman, 1926).

Förhoppningarna om att ett ökat lövinslag på ett märkbart sätt skulle kunna förbättra marktillståndet i våra barrskogar är dock sannolikt kraftigt överoptimistiska. Troedsson (1983, 1985) sammanställde data från Riksskogstaxeringen och kom bl.a. fram till den slutsatsen att man måste ha en björkinblandning på minst 70 % för att eventuellt kunna erhålla en ändring av jordmånstypen från podsol till en instabil brunjord, och att detta endast skulle kunna vara möjligt på de allra bördigaste markerna i södra Sverige. Troedsson drog också den slutsatsen att man, för att kunna motverka den antropogent betingade försurningen, måste hålla en mycket hög (<70 %) björkinblandning, och att detta enbart gällde på de bättre ståndorterna i södra Sverige. Enligt Saetre (1998) kan björken ha en positiv inverkan på marktillståndet, men effekterna är starkt begränsade till området runt själva björkstammarna. Han fann heller inget stöd för att en björkinblandning på sura skogsjordar skulle gynna förekomsten av djupgrävande daggmaskar, eller ha någon tydlig påverkan på kolets och kvävet mineraliseringshastighet. På brunjordar i södra Sverige, i exempelvis granplanteringar på nedlagd jordbruksmark, skulle dock en björkinblandning på ca 25 % kunna vara tillräckligt för att behålla en daggmaskpopulation och därmed ett avbrytande av podsoleringsprocessen (Saetre, 1998).

Lågskärm

Lövet i en lågskärm av björk har sannolikt en helt försumbar inverkan på markstruktur och markkemi. Lågskärmen kan ändå ha en viktig roll genom dess dränerande effekt. Efter en avverkning uppstår ju ofta försurningsproblem p.g.a. minskad transpirerande yta (Troedsson & Utbult, 1974), vilket kan försvåra föryngringen av gran. Problemet kan minskas om självföryngrad björk ej totalröjs. Huikari (1954) påvisade på torvmark också glasbjörkens funktion som syresättare av marken, och dess betydelse för barrträdens tillväxt.

Vegetation

Med ökad andel lövträd i barrskog ökar mängden ljus som når marken, vilket leder till ökad andel gräs (Korsmo, 1994). Eftersom lövträd släpper igenom mer ljus på våren, innan lövsprickningen, gynnas också en rikare vårflora (Gustavsson, 1991). En ökad andel björk leder samtidigt till att mossornas täckningsgrad och artantal minskar, sannolikt beroende på ökad täckning av björklövsförna (Saetre, 1998). Enligt Frank m.fl. (1998) sjunker fältskiktets täckningsgrad generellt med ökande grundyta. Samma författare fann också att det inte fanns något tydligt samband mellan andel björk och fältskiktets täckningsgrad, och inte heller mellan antalet kärlväxter och täckningsgrad. Likväl ökade antalet kärlväxtarter med ökande andel björk. Detta kan bero på att skogsbeståndet får en mer mosaikartad struktur och att mångfalden av ståndorter bibehålls i högre utsträckning i en blandskog än i en monokultur (Drakenberg m.fl., 1991). Av stor vikt för en framtida hög artrikedom är sannolikt att hålla en hög lövandel i ungskogsfasen, vilket skulle kunna underlätta för de enskilda arternas etablering på ett tidigt stadium i beståndets utveckling (Frank m.fl., 1998).

Uppgifter har under senare år tagits fram om antalet växt- och djurarter, t.ex. mossor, lavar, svampar, skalbaggar, fjärilar, som är knutna till olika trädarter (Bernes 1994, Gustafsson & Ahlén 1996). Ett mycket stort antal arter är beroende av lövträden för sin överlevnad men variationerna mellan olika trädarter är stor. Eken är den trädart till vilken flest arter är knutna. För norra Sverige är aspen särskilt betydelsefull, och då särskilt för olika växtarter, medan björken framför allt har stor betydelse för de ryggradslösa djuren.

Lågskärm

Eftersom målet i ett skötselsystem med lågskärm av björk är att ha ett normalt plantförband av granar, så kommer mängden ljus som når marken ej att öka, utan snarare tvärtom. Lövet i en lågskärm av björk har därför sannolikt en försambar effekt på markens fält- och bottenvegetation.

Allelopati

Med allelopati menas biokemisk påverkan mellan växter. Både genom rötter och bladverk kan växter utsöndra kemiska substanser som verkar hämmande eller stimulerande på andra konkurrerande växtarter. Välkända exempel på allelopati i skogen är kråkbärets, renlavarnas och örnbräkens hämmande effekt på barrträds frögroning och plantors tillväxt. Allelopati mellan olika trädslag är lite studerat, men exempel på detta förekommer (se Rice, 1984). Till exempel är det visat att sykomorlön (*Acer pseudoplatanus*) kan utsöndra ämnen som negativt påverkar tillväxten hos björkarten (*Betula alleghaniensis*) (Mensah, 1972), och att asp (*Populus tremula*) verkar hindra tillväxt av för barrträd nyttiga mycorrhizasvampar (Olsen, m.fl., 1971). Mezibovski m.fl. (1973) jämförde tillväxten och dess utveckling mellan rena granbestånd, rena björkbestånd och likåldriga blandbestånd av björk och gran. Försöksmaterialet bestod av totalt 32 försöksytor i europeiska Ryssland, öster om Moskva (lat. 56–57°). De fann bl.a. att om man i blandbestånden inte avvecklade björken vid ca 40–50 års ålder så minskade granens tillväxt i dessa bestånd. Författarna spekulerade kring möjlig-

heten i att björkrötter i äldre bestånd utsöndra ämnen som verkar tillväxthämmande på granrötterna.

Frivold (1983) refererar till en litteraturstudie av Auclair (1978) som redovisar resultat från undersökningar i f.d. Sovjetunionen, där man påvisat att plantor kan sända ut svag ultraviolett strålning (biofysisk påverkan), och således omge sig med ett slags ”biologiskt fält”. Denna s.k. Gurvics teori om biologiska fält är undersökt närmare av Marcenko (1974) på björk, gran och tall, både i fält och i laboratorium. Marcenko fann att björk kunde sända ut strålning som påverkade morfologin hos närbelägna tallar, antagligen genom omfördelning av växthormon. Den ultravioletta strålningen kunde ha en effekt än fototropismen. Den påverkade barrens riktning och längd, den kunde skapa zoner av döda celler i skotten, och förorsaka reaktionsved. Kontrollerade experiment med ultraviolett strålning visade att grenar hade en tendens att sträcka sig bort från strålningskällan. Den biofysiska effekten var starkast när tallens avstånd till björken var 20 cm, men effekten var mätbar ända upp till 3 meters avstånd. Utifrån originalarbetet framgår det att materialet vad gäller den ultravioletta strålningens effekter på gran var litet. Ett fotografi antyder dock att gran reagerade på samma sätt som tall.

Skador

Auclair (1983) menar att blandbestånd är mindre utsatta för skador orsakade av storm, svampar, insekter, snö och eld än rena bestånd. Några entydiga belegg för detta finns dock inte i litteraturen. Den viktigaste aspekten blir därför att blandbestånd ger en ökad riskspridning, både genom att det kan begränsa omfattningen av eventuella skador men också genom att skador på ett av trädslagen i blandbeståndet kan leda till förbättrade tillväxtbetingelser för de andra trädslagen.

Rotröta

En ökad inblandning av björk har ofta nämnts som en möjlig metod för att minska skadorna av rotröta (*Heterobasidium annosum*) på gran (t.ex. Kallio, 1979; Venn, 1982). Infektion av rotröta kan ju ske genom att mycel från en svampklon infekterar ett nytt träd genom rotkontakter, s.k. sekundär infektion. I ett tätt granbestånd är sådana rotkontakter talrika. Genom en ökad inblandning av andra, mot rotröta mer motståndskraftiga, trädslag minskas dessa rotkontakter. Resultaten från olika undersökningar är dock inte entydiga. Rennerfelt (1946) visade att en inblandning av tall och björk minskade rotrötefrekvensen hos gran. Effekten var störst vid inblandning av tall. Huse (1983), som utnyttjade ett större material från Norska Landsskogstakseringens kunde inte se några tydliga skillnader i rötfrekvens mellan ren granskog och granskog med olika grader av lövinblandning. Piri m.fl. (1990) refererar en rad undersökningar där man inte heller kunde påvisa några klara sammanhang mellan rotrötefrekvens på gran och grad av inblandning av andra trädslag. En björkgeneration skulle däremot kunna leda till att rotrötan försvinner från ett infekterat område (Piri m.fl., 1990). Även om rötfrekvensen hos gran inte påverkas nämnvärt av en ökad trädslagsblandning så kommer ett blandbestånd av gran och mer resistent trädslag att innehålla fler friska träd per hektar.

Det är mycket osannolikt att en ökad lövandel i ett granbestånds ungdomsfas, som i exempelvis en lågskärm av björk, skulle kunna ha någon dämpande effekt på granens rotrötespridning.

Insekter

Mikroklimatet i ett blandbestånd kan vara ogynnsamt för vissa insekter. Exempelvis fann Ozols (1960) att frekvensen av tallbarksstinkflyet (*Aradus cinnamomeus* Pz.) var fem gånger högre i rena tallbestånd jämfört med blandbestånd av tall och björk.

Stormfällning och snöbrott

I en jämförande undersökning i två intilliggande björk- respektive granbestånd fann Sirén (1955) att björkens rötter gick ner i mineraljorden, medan granrötterna huvudsakligen var koncentrerade till humusskiktet. Han noterade också att med ökande ålder på granbeståndet gick även granens rötter djupare och då oftast i kanaler efter döda björkrötter. Utifrån detta drog han slutsatsen att björken har betydelse för granens rotutveckling och stormfasthet. Rahteenko (1950) fann experimentellt att granens rotsystem blev ytligare i rena granplantbestånd jämfört med ett blandbestånd av björk och gran.

Litteraturstudier av Persson (1975) och Helles (1983) indikerar att en blandning av barr- och lövträd bör ge en mindre risk för stormfällning av barrträd än rena barrbestånd. Resultaten och slutsatserna från äldre undersökningar är dock mycket motstridiga varför varken Persson eller Helles vill generalisera resultaten till att rekommendera blandbestånd framför trädslagsrena bestånd för att minska stormskador på skog. Persson (1975) menar att jämnheten på beståndens krontak samt de enskilda trädens form sannolikt har en större betydelse för förekomsten av stormskador.

Granens kvalitet

En vanlig invändning mot blandskog av björk och gran, och som också kan påverka granens produktion, är att det kan leda till piskskador på granen. Frivold (1982) undersökte andelen piskskadade granar på 61 tillfälliga provytor i sydöstra Norge. De undersökta bestånden var mellan 30–60 år och i nästan samtliga ytor var granens medelhöjd i nivå med nedre delen av björkarnas kronor. Andelen piskskadade granar varierade mellan 0–45 %, med ett medeltal på 11 % för samtliga ytor.

Genom att skärmen kan hindra eller begränsa frostsador på granen, undviks i hög grad toppskador i form av klykor och stamkrökar till följd av att en gren ersatt en frostskadad topp. På bördig mark blir planterad gran ofta grovgrenig. Enligt Sven-Olof Anderssons (1984) erfarenheter blir granarnas grenar klenare under en lågskärm av björk.

Hägg (1991) visade att en björkinblandning i tallbestånd kan förbättra tallens kvalitet. Med stöd av äldre litteratur drog han slutsatsen att luftfuktigheten under vegetationsperioden har effekt på nedbrytningen av döda grenar, och att den högre luftfuktigheten i blandbestånd därför skulle vara en förklaring till att

lövträdsinblandningen påskyndat tallens kvistrensning. Om denna teori är riktig, bör liknande effekter även kunna erhållas vad gäller granens kvistrensning.

Produktionseffekter vid ökad lövandel i granbestånd

Blandskogens produktion har i alla tider behandlats och diskuterats i den skogliga litteraturen. Utmärkande för denna diskussion är att den huvudsakligen utgått från praktiska erfarenheter och antaganden och inte så mycket utifrån resultat från faktiska studier.

Björk och gran i enskiktad blandning

Produktionsundersökningar avseende kombinationen gran och vårt- och glasbjörk har utförts av flera nordiska författare (Jonsson, 1962; Frivold, 1982; Mielikäinen, 1985; Agestam, 1985). Samtliga dessa studier är dock utförda i form engångsinventeringar på tillfälliga provytor och inrymmer sålunda ett visst mått av osäkerhet då de inte beskriver ett verkligt bestånds utveckling över tiden. Sammanfattningsvis visar de produktionsmodeller som konstruerats utifrån dessa studier att volymproduktionen i enskiktade blandbestånd av gran och björk inte skiljer sig märkbart från produktionen i rena granbestånd. Inblandning av glasbjörk tycks leda till en något reducerad total volymproduktion medan inblandning av vårtbjörk snarare leder till en något ökad produktion eller ingen påverkan alls. Om man istället för volym anger produktionen i torrsubstans blir kalkylen positiv för både glas- och vårtbjörksinblandning, eftersom björken har en högre veddensitet.

Björk och gran i tvåskiktad blandning

Åsa Tham (1987, 1988) analyserade bestånd där björken överskärmat granen. Plantskogsstadiet föll utanför studien varför undersökningens giltighet begränsar sig till produktionen mellan 15 och 50 år. Av denna anledning studerade hon enbart relativt glesa björkskärmar (500–800 st ha⁻¹). Björkskärmarna avvecklades vid 25 års ålder. Med stöd av en produktionsmodell baserade på enskilda trädets tillväxt konstaterade hon att skärmens påverkan på granens produktion var obetydlig och att totalproduktionen ökade när björkskärm användes. Det producerade björkvirket, vilket utgjorde 10–15 % av beståndets produktion fram till 50 års ålder, kunde sålunda betraktas som en ren merproduktion. Mård (1996), som studerade liknande typer av bestånd, fann att granens tillväxt minskade signifikant till följd av björkskärmen, men att denna produktionsförlust kompenserades tre gånger om av produktionen i skärmen.

Josefsson & Johansson (1988) studerade fyra björkskärmar i Småland. Försökens beståndsålder var ca 20 år när skärmarna ställdes. Deras slutsats var att granens diameter- och höjdtillväxt ej påverkades om skärmtätheten underskred 1 000 stammar per hektar.

S-O Andersson (1984) studerade hur en björklågskärm av olika täthet påverkade den underliggande granungskogens tillväxt. De redovisade försöken var belägna på frostlångt mark. Resultaten kunde dock inte belysa i vad mån

björkskärmen påverkat granarnas tillväxt då granarna på den totalröjda jämförelseytan hade drabbats av tillväxtnedläggande frostsador.

I en norsk undersökning med björkskärmar i yngre stadium fann Braathe (1988) en klar tendens till minskad höjdtillväxt hos de överskärmade granarna. Han drog slutsatsen att granens höjdtillväxt minskar med minskat avstånd till björken och ökad höjdskillnad gentemot densamma. Han konstaterade också att en skärm av vårtbjörk inverkar mer negativt på granens höjdtillväxt än en skärm av glasbjörk.

Granhus & Dietrichson (1996) presenterade tillväxtresultat från sju norska försök med björkskärm över gran. Föryngringen var vid försökens anläggning 7–15 år, med en medelhöjd på björkarna varierande mellan två och fem meter. Antal stammar i skärmarna varierade mellan 1 000–3 000. Resultaten efter 15 år visade att skärmens påverkan på granens produktion varit avsevärd. Trots att björkskärmar hade glesats ut under den 15-åriga observationsperioden hade granarna i genomsnitt tappat motsvarande 5 års tillväxt. De något tätare skärmarna (>2 400 stam/ha) hade fram till 25 års totalålder i genomsnitt producerat motsvarande 75–90 ton torrsubbstans per hektar.

Den slutsats man måste dra, efter genomgång av befintlig litteratur, är att faktaunderlaget vad gäller skärmbeståndets produktion i ungsogsstadiet är mycket bristfälligt. Detta gäller både granens och björkens produktion. Vid en mekaniserad avveckling av skärmen är kanske framför allt björkskärmens diameterutveckling och dess beroende av stamantalet väsentlig. Befintliga produktionsmodeller för rena björkbestånd kan svårigen utnyttjas då de som regel startar vid en utgångsålder av 20 år. Det bästa befintliga underlaget för att bedöma den unga björkskärmens tillväxt bedömdes vara Hugins ungsogsrutiner, som bygger på material från återkommande taxeringar av föryngringar från 1950-talet (jfr. Elfving, 1982; Elfving & Nyström, 1984). Dessa funktioner gör ingen uppdelning mellan vårt- och glasbjörk. Det är dock ingen stor tillväxtskillnad mellan dessa arter i ungsogsstadiet (upp till 15 års ålder), (Lundh & Josefsson, 1989). På dåligt dränerade marker växer glasbjörk t.o.m. bättre än vårtbjörk de första åren (Lundh & Josefsson, 1989). Fördelningen mellan andelen frösådda björkar och stubbskottsbjörkar är sannolikt av större vikt härvidlag.

Effekter av skärmens avveckling

Fysiologiska skador på föryngringen

Plantor som växer i ett bestånd eller en tät skärm blir undertryckta. Skuggbarr utbildas och rotsystemet blir ofullständigt utvecklat (Jeansson & Laestadius, 1981). Stomata på skuggbarr kan inte stänga vid en plötslig friställning, och transpirationsförlusterna blir därför större. Vid avvecklingen av skärmen ökar ljusstillsättningen samtidigt som luftfuktigheten minskar och vindhastigheten ökar (Jeansson & Laestadius, 1981). Det översta markskiktet riskerar också att torka ut (t.ex. Björ, 1965). Plantan riskerar att drabbas både av uttorkning och fotoinhibering p.g.a. ljuschocken (Robertsdotter-Gnojek, 1992). Andersson (1984) rapporterade svåra barrskador på plantorna efter skärmens avveckling.

Jeansson & Laestadius (1981) refererar ryska studier som visar att de flesta fysiologiska skadorna drabbar plantor under 0,5 meters höjd. Den högsta överlevnaden uppvisar plantor mellan 0,5 och 1,5 m eller plantor i grupper eller dungar. Enligt samma källa skedde de flesta avgångarna under de första två åren efter avverkningen. Avgångarna efter det andra året blir i regel obetydliga.

Robertsdotter-Gnojek (1992) undersökte de fysiologiska reaktionerna hos 2–3,5 m höga granar efter avvecklingen av en björkskärm. Hypotesen för studien var att friställningen orsakar en fotoinhibering hos granarna. Fotoinhiberingen förstärks av andra stressfaktorer som torka, hetta, försumpning etc. Resultaten visade på en omedelbar nedgång i fluorescens hos de friställda granarna, vilket indikerade en sämre fotosyntetiserande förmåga. Efter den första sommaren kunde en viss återhämtning spåras, men effekten på fotosyntesen fanns kvar även andra året, vid en jämförelse med granar som stod kvar under skärm. Resultaten antydde också att friställning på fuktig mark innebar större risk för skador än friställning på frisk mark. Totalt sett var dock skadorna av ringa omfattning, och författarinnan drog slutsatsen att risken för skador på plantorna är liten vid såpass hög medelhöjd.

Tidpunkten för avverkningen påverkar också skadorna. Jeansson & Laestadius (1981) anger att plantorna drabbas av fler fysiologiska skador om avverkningen sker på sommaren jämfört med hösten eller vintern. Särskilt kritisk är avverkning under skottskjutningsperioden.

Plantornas tillväxtreaktion efter avvecklingen

Efter skärmens avveckling behöver plantorna en omställningsperiod för att utveckla ljusbarr och återfå en lämplig balans mellan barmassa och rotsystem (Jeansson & Laestadius, 1981). Skoklefeld (1967) fann att plantorna reagerade med ökad tillväxt 4–5 år efter avvecklingen. Större plantor reagerade snabbare än små plantor. Höjdspridningen tilltog efter avvecklingen. Bergan (1971) fann vid studier i norra Norge att de flesta granplantor reagerade inom tre år efter skärmens avveckling. Omedelbart efter avvecklingen kan tillväxten minska något. Tillväxtminskningen är dock sällan allvarlig för de plantor som överlever avvecklingen (Skoklefeld, 1967; Cajander, 1934; Bergan, 1971).

Heikurainen (1985) studerade granföryngring under en björkskärm på torvmark. Delar av skärmen avvecklades när granarna var ca 4 m. Tillväxten reducerades i början men var snart högre än hos de granar som stod kvar under en orörd skärm.

Stickvägar

Maskinell avveckling/utglesning av skärmen innebär en tidigareläggning av stickvägsupptag i beståndet. De undersökningar som studerat hur stickvägsupptag påverkar beståndets volymproduktion är fåtaliga och bitvis svårtolkade. De undersökningar som finns visar på en tillväxtförlust mellan 5–10 % p.g.a. stickvägsupptag i samband med förstagallring (Elfving, 1985; Niemistö, 1989, Isomäki & Niemistö, 1990; Eriksson m.fl., 1994). Eriksson m.fl. (1994) redovisar t.ex. en 8-procentig produktionsförlust p.g.a. stickvägsupptag 17 år efter

en förstagallring (3,5 m stickvägsbredd och 25 m stickvägsavstånd). Från samma undersökning noterades att en ökning av stickvägsbredden från 3,5 m till 5 m gav upp upphov till 5 % förhöjd produktionsförlust. Pettersson (1986) studerade i fem försök effekter av korridoröjning i självsådd tallungskog. Han fann att vid kvarlämnande av 1 400 stammar per hektar så gav alternativet med korridoröjning (2 m bredd) ett produktionsbortfall på ca 8 %, 8–11 år efter röjning. Utökades korridorbredden till 2,8 m ökade tillväxtförlusten till ca 16 %.

Ett flertal undersökningar har visat att träden utvecklar mindre rotsystem på goda än på svaga marker, sannolikt beroende på att träden inte behöver satsa lika mycket energi på rottillväxt i sitt näringssök. Bucht (1981) visade också att trädens s.k. influensområde, den areal inom, vilket trädet erhåller eller konkurrerar om tillväxtfaktorer, minskar med stigande ståndortsindex. Av denna anledning arbetar skogsbruket med högre stamantal på bördigare marker. I och med att influensområdet minskar med stigande bonitet, är det mycket som talar för att produktionsförlusterna till följd av stickvägsupptag blir större på de bättre markerna än på de sämre. Rotsystemen och trädens influensområden är även starkt beroende av trädstorleken. Analogt borde sålunda också gälla att den relativa produktionsförlusten till följd av stickvägsupptag blir större ju yngre beståndet är.

Stickvägsupptagning i gallringsbestånd leder till en viss positiv tillväxtpåverkan upp till 3 m in i beståndet från stickvägskant. Merparten av denna effekt av-sättes dock på träden närmast stickvägen (Eriksson, 1987; Isomäki & Niemistö, 1990). Denna merproduktion ska vägas mot risken för rotskador på just dessa träd.

20 m stickvägsavstånd och 4 m stickvägsbredd ger en stickvägsareal som upp-tar 20 % av arealen. Ett försiktigt antagande är att den maskinella avvecklingen av skärmen leder till produktionsförluster motsvarande minst 10 % fram till första gallringstillfället jämfört med om man inte hade behövt ta upp några stickvägar i förtid. Då en betydande andel av gallringsuttaget i en förstagallring normalt ligger i stickvägen, kan detta få stor betydelse för ekonomin i första-gallringen. Om vi antar ett gallringsuttag på 30 % och att hälften av detta gall-ringsuttag skulle ha legat i stickvägen, så skulle konsekvensen kunna bli ett hal-verat gallringsuttag. I syfte att minska denna effekt kan man *i*) vänta några år och göra 1:a gallringen senare än normalt, *ii*) spara en del av björkskärmen fram till förstagallringstillfället, *iii*) göra ett hårdare uttag mellan stickvägarna än man annars, utan befintliga stickvägar, skulle ha gjort. Det bästa alternativet är sannolikt alternativ *i*) eller eventuellt en kombination av främst alternativ *i*) och *ii*).

Om man vid skärmavvecklingen kan arbeta med långa stickvägsavstånd, betyd-ligt längre än 20 meter, så minskas givetvis de ovan nämnda effekterna.

Förutom dessa direkta produktionsförluster tillkommer den ökade risken för skador på granbeståndet i samband med den maskinella skärmavvecklingen. Dessa skador kan dels vara stamskador i samband med fällning och samman-föring av björkstammar, och dels tänkas vara skador på rötter samt indirekta negativa effekter i samband med ökad markkompaktering.

Ökat uttag av biomassa – produktionsaspekter

Skogsbränslesuttag i samband med gallring brukar i genomsnitt leda till produktionsförluster på 5–10 % med en varaktighet av 10–20 år, beroende på bonitet (Jacobson m.fl., 1998; Kukkola & Mälkönen, 1997). När det gäller tillväxtförluster orsakade av bortförande av biomassa i yngre bestånd finns det tyvärr mycket få resultat hittills. Nya opublicerade data antyder att bränsleuttag i samband med försenade röjningar (4 st försök) skulle ge produktionsförluster som är i samma storleksordning som vid uttag i samband gallring (Bo Leijon, muntl. medd.).

En rimlig bedömning är att anta tillväxtförluster på 5 % under en period av 15 år, vilket i fallet med avveckling av en lågskärm ungefärligen skulle sammanfalla med tidpunkten för förstagallring av granen.

Lågskärm – modeller

Lågskärm av björk i granplantering

Antalet tänkbara skötselmodeller delar snabbt upp sig till en jättematris. Bland de variabler som kan tänkas påverka metoden kan nämnas:

- **frösådd björk eller stubbskott** – vilket har stor betydelse för björkens höjdtveckling
- **beståndsstruktur/täthet i björkskiktet innan framröjning av lågskärmen** – utseendet på de framröjda björkarnas kronor har stor betydelse för hur stamtät björkskärmen måste vara för att hålla tillbaka stubbskotten
- **björkens försprång (höjd) relativt granen**
- **glas- eller vårtbjörk** – skillnad i höjdtveckling och volymtillväxt. Vid stort älgbetetryck bör man gynna glasbjörk vid ställandet av skärmen.
- **frostrisk**
- **markens fuktighet, risk för försumpning** – betydelse vid skärmavvecklingen
- **markens bördighet**

Förutom dessa biologiska förutsättningar påverkas metodvalet givetvis också av andra faktorer såsom; markägarens värdering av arbetskostnad samt avsättning och pris för de producerade lövkvantiteterna i skärmen.

Nedan skissade modellförslag för ”lågskärm av björk på granmarker” är i viss mån inriktad mot mera extensiva modeller, efter önskemål från Stora Skog.

Förutsättningar: Granföryngring med riklig förekomst av självföryngrad björk som behöver åtgärdas, att barrplantorna är lägre än björken samt att marken ej är frostlänt.

För bättre översikt, se ”strukturschema” i bilaga 1.

I	Totalröjning av lövet (år 7) Genererar minst en röjning till, av stubbskott.
II	Punktröjning (år 7) Friställning av granar genom "brunnar" med 1 meters radie
II. A	Röjning av återstående löv och stubbskott (år 12)
II. B	Ställande av lågskärm (år 12) ca 2 000 st/ha. Avveckling av lågskärm år 20.
II. C	Ställande av lågskärm (år 10) ca 3 000 st/ha (se vidare III.A).
III	Lågskärm
III. A	Ställande av lågskärm (år 10) ca 3 000 st/ha. Avveckling av skärm** år 20.
III. A.1	Utglesning av skärmen* (år 15) till ca 1 500 st/ha. Avveckling av skärm** år 20.
III. B	Ställande av lågskärm (år 7) 4 000 – 5 000 st/ha.
III. B. 1	Utglesning av skärmen* (år 12) till ca 1 500 st/ha. Avveckling av lågskärm** år 20.
III. B. 2	Avveckling av skärmen** (år 12)

* Utglesning av skärm:
Alt 1. Manuellt – björken lämnas kvar i beståndet
Alt 2. Maskinellt – bränsleskörd => "stickvägsförluster"
=> tillväxtförluster

** Avveckling av skärmen:
Alt 2. Maskinellt – bränsleskörd => "stickvägsförluster"
=> tillväxtförluster

Självföryngring av gran under en lågskärm av björk

Naturlig föryngring av gran bör i vissa fall kunna tillämpas även utan en fröförsörjande granhögskärm. Möjliga marker/objekt bör uppfylla flera (helst alla) av nedanstående kriterier:

- Små, smala objekt. På grund av granens mindre goda fröspridning bör avstånd till beståndskant aldrig överstiga 100 meter.
- Ståndorter där man vet att man i regel får ett rikligt uppslag av naturligt föryngrad gran.
- Bestånd där man innan avverkning redan har en riklig beståndsföryngring.
- Frisk-fuktiga till fuktiga marker utan alltför riklig/besvärande markvegetation i hyggesfasen.

Lågskärm av björk i kombination med naturlig föryngring av gran skiljer sig i vissa aspekter från de tidigare modellerna med planterad gran. I och med att man slipper planteringskostnaderna så kan man kanske lättare acceptera lövskärmens hämmande effekt på granplantornas tillväxt. Vidare, om den naturliga föryngringen är lyckosam så är plantuppslaget oftast mycket rikligt, vilket gör att man också lättare kan acceptera en del avgångar i barrföryngringen i samband med ställande/avveckling av lågskärmen. Man skulle också kunna tänka sig att de naturligt föryngrade granarna redan från början är bättre anpassade till "överskärming" (skuggbarr från början), framför allt de plantor som insätts efter björken.

Typbestånd – lågskärm av björk i granplantering

Förutsättningar för kostnads- och intäktsanalys

Alternativ III. A:

Ställande av lågskärm (år 10), ca 3 000 st/ha, över en granplantering (2 500 pl/ha). Avveckling av skärmen ca år 20 utan föregående utglesning alt. med utglesning till 1 500 st/ha år 15 (alt. III.A.1). Vid den maskinella avvecklingen av skärmen anläggs ett stickvägsnät med 20 m stickvägsavstånd och 4 m stickvägsbredd, vilket ger en stickvägsareal som upptar 20 % av arealen. Detta tidigareläggande av stickvägar antas leda till produktionsförluster motsvarande 10 % fram till första gallringstillfället.

	Tot. ålder
<ul style="list-style-type: none"> Beståndsdata granbestånd, G26, norra Sverige, i normalfallet (ej skärm), vid förstagallring (funktioner enl. Pettersson, 1992): Volym: 174 m³sk/ha, övre höjd: 13,5 m, medeldiameter (dgv): 14,5 cm. 	40 år
<ul style="list-style-type: none"> Tillväxtförlust p.g.a. skogsbränsleuttag^{*)}: 4,5 m³sk/ha Detta motsvarar ca 1 års förlorad tillväxt (4,5/6), vilket följer med beståndet under hela omloppstiden (försenad 1.a gallring, 2.a gallring, osv.) Genomsnittlig löpande tillväxt under tiden från skärmavveckling fram till 1:a gallring är 6 m³sk => 6 m³sk/år × 5 % × 15 år = 4,5 m³sk 	40 år
<ul style="list-style-type: none"> 10 % minskad volymproduktion p.g.a. stickvägarna, vilket motsvarar ca 2 års förlorad tillväxt, eller ca 18 m³sk/ha. 	40 år
<ul style="list-style-type: none"> Minskad grantillväxt p.g.a. skärmens hämmande verkan, motsvarande ca 2 år. Vid tidpunkten för skärmavveckling har granen med denna reduktionen en medelhöjd (hgv) på ca 4,0 m. 	23 år

Björkens höjd, diameter och volym vid drygt 20 års ålder, med respektive utan utglesning, enligt Hugins ungskogs-rutiner (Kenneth Nyström, pers. komm.)

Björk	Diameter (mm)	Höjd (dm)	Volym (m ³ sk/ha)	Torrsubstans (ton ts/ha) ^a	Volym, flisat (m ³ s/ha) ^b
Ej utglesning (3 000 stam/ ha)	79	89	72	42,5	238
Med utglesning (1 500 stam/ha)	91	90	47	29,4	165

^a enligt Marklunds (1988) biomassafunktioner.

^b enligt omräkningsfaktor: 1 ton ts = 5,6 m³s.

Vid skärmavvecklingen avverkas ju också de granar som står i stickvägen, vilkas biomassa måste inkluderas i det totala uttaget.

Gran	Diameter (mm)	Höjd (dm)	Volym (m ³ sk/ha)	Torrsubstans (ton ts/ha) ^a	Volym, flisat (m ³ s/ha) ^b
460 stam/ha	60	40	3	1,3	7

^a enligt Marklunds (1988) biomassafunktioner.

^b enligt omräkningsfaktor: 1 ton ts = 5,9 m³s.

Med en volymreduktionsfaktor på 10 %, p.g.a. avgångar och skador i björkskärmen, samt med det antagandet att ca 200 björkstammar per hektar lämnas kvar för att ingå i det framtida beståndet, skulle uttaget av björk vid skärmavvecklingen bli enligt nedan:

Björk	Diameter (mm)	Höjd (dm)	Volym (m ³ sk/ha)	Torrsubstans (ton ts/ha) ^a	Volym, flisat (m ³ s/ha) ^b
Ej utglesning (2 800 stam/ha)	79	89	60	35,7	200
Med utglesning (1 300 stam/ha)	91	90	37	22,9	129

^a enligt Marklunds (1988) biomassafunktioner. ^b enligt omräkningsfaktor: 1 ton ts = 5,6 m³s.

Vid en kostnads- och intäktsanalys är det lämpligt att sätta in skärmens negativa effekter på skogsproduktionen (stickvägseffekten, skogsbränsleuttaget, hämning av granens tillväxt) i form av förlängd omloppstid. I ett mer strikt skogshushållningsperspektiv kan det vara av intresse att något känna till vad dessa förlängda omloppstider kan ha för effekter på de totala avverkningsmöjligheterna inom exempelvis en förvaltning. Ett enkelt sätt att angripa detta är att använda ståndortens bonitet. Ståndortsindex G26 ger på en grästyp i område mellan en bonitet av 7,5 m³sk/ha och år. Beräknad produktionsnivå är enligt erfarenhet ca 90 % av boniteten på denna ståndortstyp, vilket skulle ge ca 6,8 m³sk/ha och år. En förlängning av omloppstiden med 1 år p.g.a. skogsbränsleuttaget, 2 år p.g.a. skärmens hämmande effekt på granens tillväxt, samt 2 år till följd av det tidiga upptagandet av stickvägar, skulle sålunda förlänga omloppstiden med 5 år, motsvarande 34 m³sk/ha. Denna minskning i uttagsnivå kan sedan jämföras med producerad volym i björkskärmen (60 m³sk/ha).

Kommentarer

Att ej glesa ut skärmen är ett exempel på en mycket extensiv variant av lågskärmsmodell, som i någon renodlad form ej testats i försök, och därför innehåller en stor mängd osäkra bedömningar. Osäkerheterna gäller framför allt i) stubbskottsdämpningen, ii) effekten på granplantornas tillväxt av att vänta några år med den första åtgärden (skärmställning år 10 i stället för röjning/skärmställning år 7), samt iii) möjligheten att driva en lågskärm utan utglesning ända fram till skärmavveckling utan att alltför mycket hämma granplantornas tillväxt.

Om vi i typbeståndet antar ett gallringsuttag på 35 % och att hälften av detta gallringsuttag skulle ha legat i stickvägen, så skulle man i normalfallet sålunda ha tagit ut ca 30 m³sk/ha (17,5 % i gallringsstyrka) mellan stickvägarna. I fallet med lågskärm, med befintliga stickvägar, tvingas man sålunda till att göra hela uttaget mellan stickvägarna, vilket kan ha betydelse för ekonomin i förstagallringen. Om ett övergripande mål är att kunna göra lika stora uttag som i nor-

malfallet (61 m³sk/ha), så måste man alltså vänta 2 år med förstagallringen p.g.a. att stickvägarna reducerat den totala volymproduktionen. I typexemplet innebär detta att virkesförrådet mellan stickvägarna kommer att hålla 218 m³sk, och att gallringsuttaget mellan stickvägarna blir 76 m³sk/ha, och 35 % i gallringsstyrka.

Antagen tillväxtreduktion (10 %) i granbeståndet fram till första gallring, p.g.a. det tidiga upptagandet av stickvägar, är sannolikt ej tilltagen i överkant. Genom att köra fram samma bestånd med samma funktioner (Pettersson, 1992), fast med 2000 plantor per hektar i utgångsläget, får man en minskad volymproduktion motsvarande 8 %, trots att plantorna i det fallet står jämnt fördelade över arealen.

Till denna kalkyl bör man även väga in den ökade risken för stam- och rotskador i samband med den maskinella skärmavvecklingen.

Diskussion

Lågskärm är till sin karaktär en intensiv skötselmetod. För att metoden skall vara framgångsrik fordras sannolikt en hel del ”fingerspitzgefühl” kombinerat med god kännedom om hur metoden bör anpassas till lokala förhållanden. Dessutom kräver metoden en större flexibilitet och ökad övervakning, då resultatet inte sällan kommer att avvika från de tänkta mönstren. Med andra ord: metoden går ej att generalisera – schablonisera, utan måste anpassas mycket lokalt, d.v.s. på beståndsnivå.

Metoden med lågskärm som en skötselmetod har visat sig fungera bra i ett småskaligt-intensivt skogsbruk där man har god uppsyn och stor flexibilitet, skonsam teknik för avverkning- och tillvaratagande, och där arbetskostnaden värderas lågt. Lågskärm har säkerligen sitt berättigande även i ett mer storskaligt skogsbruk, men då kanske i första i de bestånd där dagens schabloniserade förnygringsmetoder inte är helt gångbara, ex. marker med hög frostrisk och på fuktiga till blöta marker. På marker med högt grundvatten har lövet en positiv verkan på åtminstone två sätt. Dels har lövet förstärkt en dränerande effekt, dels kan det ha en utjämnande effekt på temperatur och därmed fuktighet i markens ytliga lager. Detta kan vara av stor vikt i samband med torrperioder eftersom granen har ett mycket ytligt rotsystem på fuktiga marker.

I de s.k. ”konfliktbestånden”, där röjningsbehovet kraftigt försumrats/försumrats, hamnar man i ett helt annat läge eftersom nånting då ändå måste göras, samtidigt som en normal röjning blir mycket dyr. Dessa djungelartade konfliktbestånd har oftast uppnått en beståndsålder på minst 15 år, vilket betyder att lövet har en högre medelhöjd och att man därför kan ställa en glesare skärm och därmed minska risken för negativ effekt på granens tillväxt. Förhoppningsvis har då granen också uppnått en höjd på bortemot 2 meter, vilket gör att risken för att björkens stubbskott ska hinna växa ikapp granen, och därmed konkurrera om ljus och näring, är liten.

Naturvårdsaspekter

Förekomst av äldre och även döende och döda lövträd är i barrdominerade bestånd är en av de viktigaste kvalitetsaspekterna från såväl fauna- som floravårdssynpunkt. Enligt Drakenberg m.fl. (1991) är andelen löv som förekommer i form av grova träd i det svenska barrskogslandskapet är låg (0,5 – 2 %). Från fauna- och florasynpunkt skulle det enligt samma författare krävas lövandelar på över 20 % i slutavverkningsskog för att klara en någorlunda komplett artuppsättning. De positiva aspekterna på naturvården och den biologiska mångfalden av en rationellt bedriven lågskärmskötsel, med mycket korta omloppstider på lövet, är sannolikt försumbara. Om lågskärmar av löv utvecklas skapas dock en potential för en framtida ökning av lövandelen i äldre bestånd, något som har stor betydelse för den biologiska mångfalden. Genom en senare avveckling av lövet, senare än vid konventionell lövröjning, möjliggörs en bättre ståndortsanpassning vad gäller trädslagsval. En konventionell lövröjning är i många fall, av naturliga skäl, schablonartad. Vid en skärmaavveckling, som görs vid en senare tidpunkt i beståndets utveckling, är möjligheterna för en ståndortsanpassning på mikronivå större, exempelvis frostsvackor och små blöthål. Därmed ökar björkens konkurrenskraft varmed sannolikheten för att det gallras bort i ett tidigt stadium minskar.

Drivnings- och transportsystem

Systemkomponenter

System för uttag av bränsle i klen gallring kan delas upp i:

- avverkning,
- uttransport,
- sönderdelning och vidaretransport.

Till detta kommer även komprimering av träd och lagring. Här redovisas tänkbara komponenter i ett system.

Avverkning

Basmaskinen som nyttjas vid avverkning av klena stammar kan antingen vara en liten eller medelstor hjulgående skördare, en drivare eller en mindre grävmaskin. Basmaskinen utrustas med standardkran eller specialanpassad kran. Flerträdshanterande aggregat för fällning och sammanföring, vilket kan ackumulera 5–10 stammar utnyttjas. Avskiljning kan ske både med kedjesåg eller kniv, maximal kapdiameter är 20–25 cm. Exempel på aggregat är EnHar, Klippmyran, Beaver 250, Bror Hult FGS 500 B och Silvatec.

Basmaskinen kan utrustas med en lunningsgrip i vilken de avverkade träden kan ackumuleras och läggas i stora buntar intill stickväg.

Uttransport

Beroende på trädlängd utnyttjas skotare av mellanklass med eller utan gripsåg. Vid trädlängder över ca 4-6 m bör gripsågsskotare användas p.g.a. hanterbarhet av buntarna och risk för skada av kvarvarande bestånd.

Med en drivare sker uttransporten med en och samma basmaskin, antingen direkt efter uppfyllt lass eller efter hela eller delar av beståndet avverkats.

Vid flisning i beståndet körs flisen ut till avlägg efter fylld container med flisaren eller en lastskyttel.

Sönderdelning

Sönderdelning av materialet kan utföras:

- i beståndet med en beståndsgående flismaskin monterad på skotarchassi. Det är att föredra en maskin som kan upparbeta högar som ligger på båda sidor om stickvägen, t.ex. Chipset och Erjofant.
- vid avlägg med en konventionell mobil flisare eller,
- vid terminal med en större stationär eller mobil flisare eller kross.

Komprimering

För att transportera osönderdelade träd till terminal för lagring krävs någon form av komprimering för att det skall vara ekonomiskt försvarbart. I dag kan ett trädelfordon utnyttjas där träden komprimeras i bilens lastutrymme. Ett annat alternativ är att komprimera träden i en buntningsmaskin som placeras vid avlägget eller på basmaskinen som utför fällningsarbetet. Idag finns två olika prototyper för komprimering av avverkningsrester till grotstockar. Dessa koncept skulle även kunna användas för komprimering av hela träd. Under utveckling är också en maskin för komprimering direkt i anslutning till klenträdsavverkning.

Vidaretransport

Om flisning sker i beståndet eller vid avlägget transporteras flisen till värmeverket i container eller med flisbil. Containersystemet är mer kostsamt än flisbil, men flisbilen kräver i regel en separat lastare, varför det är ett alternativ vid större volymer och längre transportavstånd. Lastningen av flisbilen kan också ske med en fordonsmonterad skopa.

Sker ingen flisning innan transporten kan träden transporteras på en trädellastbil, där den samtidigt komprimeras. Sker komprimering i form av stockliknande buntar kan en konventionell rundvirkesbil användas.

Tidigare erfarenheter

Några studier av liknande avverkningar är endast utförda i begränsad omfattning. Man kan dock dra vissa paralleller av studier med trädellssystem.

Klippmyran

Klippmyran var en liten, beståndsgående fällare-lunnare avsedd främst för klena gallringsbestånd. En studie visade att med en skicklig förare gav mas-

kinen ett bra biologiskt resultat och en låg skadefrekvens (Brunberg 1983). Trädhögarna var väl upplagda och förarens arbetsituation innebar en del fördelar jämfört med maskin med hytt. Klippmyran hade begränsad framkomlighet i svår terräng. I lämpliga bestånd torde produktionen ligga på 50–60 träd per G_{15} -timme vid en medeldiametern på 10–11 cm.

Gallerian

Mats Norberg (1987) gjorde en studie på ett mekaniserat trädslagsystem där en Kockum 81–11, fällare-buntläggare – Gallerian användes. Maskinen tog upp stickvägar med 25 m avstånd och instick gjordes vinkelrät från dessa. Maskinen var så smal att insticken kunde göras utan att huvudstammar avverkades.

Lillebror 0410

En studie av Lillebror FS 0410 (Brunberg et al 1988) beskrev en arbetsmetod där trädslags togs ut i förstagallring. Från stickvägen gjordes instick. Maskinen kunde hantera två träd i taget vid fällning, träden lunnades ut till stickvägskant med hjälp av en klämbanke. Prestationen var 100–150 träd per G_{15} -timme. Uttaget var 1 000–3 200 st/ha och medeldiametern i uttaget var 7,4 – 9,2 cm. Begränsningar i framkomlighet kunde påvisas i svår terräng.

Avverkning med Skogsjan, FMG 570 och skotning med Mini Brunett

Vid en studie utförd hos Mälarskog studerades skogsbränsleuttag från gallring (Persson, 1994). I studien jämförs en stickvägsgående basmaskin (Skogsjan, Spindeln) med en beståndsgående (FMG 570). Skotningen utfördes av en grip-sågsförsedd Mini 678 med speciell fasthållningsutrustning monterad. Utrustningen bestod av 4 st 1,5 m långa griparmar monterade på stakspetsarna. Beståndet var med övervägande del gran och med en medelstamvolym om 0,045 m^3 fub/träd.

Den stickvägsgående maskinen fällde 154 träd/ G_{15} -timme vid 18 m stickvägsavstånd. Den beståndsgående maskinen hade en prestation på 151 träd/ G_{15} -timme. Prestationen var 10 % högre vid skotning efter den stickvägsgående maskinen jämfört med den beståndsgående maskinens svårare fällningsmönster.

Skotarens kapacitet var 5,3 – 5,9 ton/ G_{15} -timme. Vid 1994 års prisnivå var kostnaden fram till avlägg mellan 103 och 105 kr/råton.

Silvatec flerträdshanterande fälldon

En studie av Silvatec flerträdshanterande fälldon genomfördes av SkogForsk 1995 (Pedersen, 1995). Studier genomfördes i ett grandominerat bestånd. Medeldiametern var 8,7 cm och medelstammen 0,033 m^3 fub. Prestationen vid användande av stickvägsgående maskin och 18 m stickvägsavstånd var drygt 230 träd/ G_0 -timme eller 199 träd/ G_{15} -timme. Den totala drivningskostnaden blev 147 kr/ m^3 fub.

Träddelsdrivare Valmet 838 Combi

I början av 1990-talet redovisade Skogsarbeten en studie av en träddelsdrivare (Brunberg, 1991). Valmets 838 Combi var utrustad med enträdshanterande fällgripsåg, det var möjligt dels att fälla, buntlägga och kapa alla träd innan lastning påbörjas, dels att lasta i samband med fällning. Maskinen ansågs inte helt ändamålsenlig vid studietillfället, men att utvecklingsmöjligheter fanns. Vid en jämförelse med andra system var drivningskostnaden konkurrenskraftig. Vid klen gallring var kostnaden 113 kr/m³f biomassa. Riktvärdena för samtliga system ansågs vara 135–145 kr/ m³f biomassa i Södra Sverige och 105–125 kr/m³f biomassa i norra Sverige.

Utglesning och avveckling av skärm

1990 gjordes en studie vid Skogsarbeten på utglesning och avveckling av lågskärm (Edlund, 1991). I studien jämfördes skötsel av gran med respektive utan lågskärm av björk. Utglesning och avveckling utföll enligt följande:

En utglesningsmodell innebar motormanuell fällning och huggning av stickvägen. Uttaget var 32 m³fbiom/ha och prestationen 1,6 m³fbiom/ha. Prestationen vid flisningen var 12,8 m³s/G₀-timme.

Den andra utglesningsmodellen gjordes med en Valmet 838 Combi utrustad med fällgripsåg. Mellanzonen fälldes motormanuellt. Uttaget var 38 m³fbiom/ha. Prestationen vid träddelsdrivningen blev 1,7 m³fbiom/G₀-timme. En förbättring av prestationen bedömdes kunde erhållas om fällgripsågen modifierades så att den kunde ackumulera stående träd.

Vid avvecklingen av skärmen studerades en engreppsskördare Rottne Rapid Snoken EGS-88. Mellanzonen fälldes motormanuellt. Uttaget var 40 m³fpb/ha. Prestationen för engreppsskördaren var 4,5 m³fpb/G₀-timme.

Även en Valmet 838 Combi studerades vid avvecklingen av lövskärmen. Mellanzonen fälldes motormanuellt. Uttaget var 63 m³fbiom/ha. Prestationen var 3,7 m³fbiom/G₀-timme. Denna prestation var avsevärt bättre än i utglesningsstudien.

Sammantaget var nuvärdet för skärmmetoden större än metoden utan skärm. Troligtvis är även omloppstid för metoden utan skärm längre p.g.a. frostska-dor. Konventionella maskiner och metoder för gallring är fullt möjliga, både ur biologisk och ekonomisk synvinkel, att använda vid utglesning och avveckling av lågskärmar.

EnHar

SkogForsk genomförde en studie av en FMG 0470, med ett EnHar flerträds-hanterande aggregat i ett femton meter högt oskött blandbestånd av björk och gran, under hösten 1998. Preliminära resultat visar att prestationen var mellan ca 170 och 200 träd/G₀-timme, eller ca 8,1 – 9,5 m³s/G₀-timme. Medel-diametern var 5,2 cm.

Basmaskinen, en FMG 0470, var portalförhöjd och hade en klämbanke på hjul påmonterad.

Maskinen hade dock flera brister och förare och metod var ej helt intrimmade. Under studien observerades flera områden som kan leda till prestationsförhöjning. Bland annat var kranfästet glappt, vilket innebar dålig precision vid kranarbetet. I denna typ av åtgärd skulle även uttagsmönstret kunna vara mer schematiskt och distinkt än vad det var vid studien. Ytterligare studier krävs för att finna en realistisk uthållig prestationsnivå.



Figur 1.
Enhar flerträdshanterande fälldon.

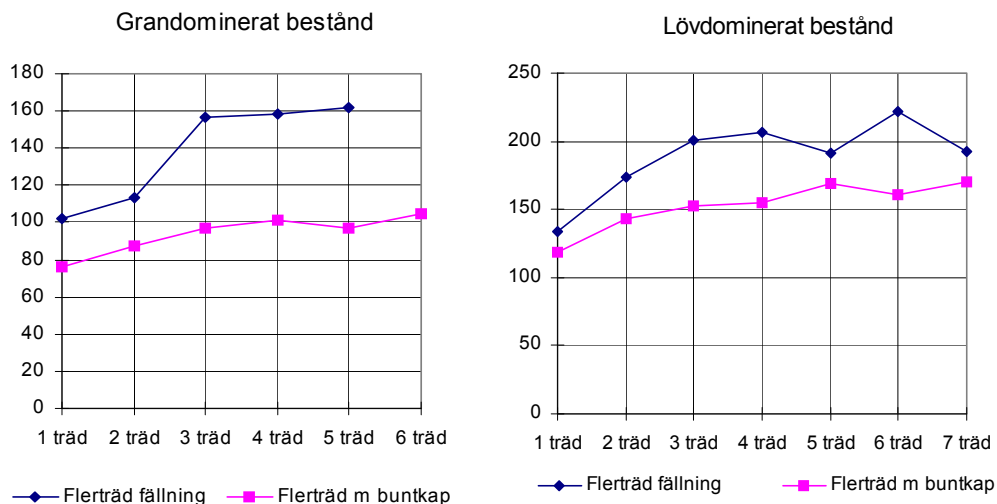
1997 studerades en Terri 2000 med ett EnHar-aggregat, (Gullberg, T. et al, 1997). Medeldiametern var vid björkavverkningen mellan 4,0 och 4,9 cm. Prestationen varierade mellan 128 och 246 träd/ G_0 -timme. Eller 0,64 och 1,04 ton TS per G_0 -timme. Enträdshantering med aggregatet visade genomgående på lägre prestationer. Skadenivån på kvarstående stammar var hög. Hela 18,2 % av antalet kvarstående träd var skadade. Aggregat och fällsåg var de dominerade skadeorsakerna. Kostnaden för avverkning och sammanföring till högar vid stickvägskant uppskattades, baserade på systemkostnaden 400 kr/ G_{15} -timme i denna studie. Vid en medeldiameter på 5,0 cm blev kostnaden ca 770 kr/ton TS. Prestationen per G_{15} -timme beräknades vara 75 % av G_0 -tiden.

Högskolan i Dalarna har i skrivande stund en opublicerad rapport om uttag av bränsle i klen skog med en portalförhöjd Lillebror 0470 med EnHar-aggregat. Denna studie liknar SkogForsks studie från 1998. Prestationsnivåerna avviker

heller inte nämnvärt. Dessutom noterades även här en stor utvecklingspotential av teknik och metod. Rapporten beräknas bli klar i slutet av 1998.

FGS 500 B

SkogForsk studerade inom ”Uppdragsprojekt Skogsbränsle” Bror Hults ackumulerande fällgripsåg FGS 500 B. Aggregatet var monterat på en Timberjack 870 B med Loglift parallellförd kran.



**Figur 2 .
Prestationskurva för FGS 500B.**

Studierna utfördes i ett grandominerat bestånd och ett blandbestånd med stort inslag av björk. Flerträdshanteringen utnyttjades till 77 % i granbeståndet och 91 % i lövbeståndet när buntkapning utfördes. Vid enbart fällning nyttjades flerträdshanteringen på 67 % av träden i grangällringen och 86 % i lövbeståndet.

Prestationen vid flerträdshantering ökade med 6 % för gran med buntkapning och 40 % vid enbart fällning. I lövbeståndet var prestationshöjningen 42 % vid flerträdshantering och buntkapning och 77 % vid enbart fällning. Prestationskillnaderna mellan gran och löv berodde främst på siktproblem i granbeståndet, vilket gjorde att färre träd kunde hanteras samtidigt och att färre lövträd knäcktes vid flerträdshantering och därmed orsakade tidsspillan.

Utveckling av prestation

Enligt tabell 2 syns en tydlig utveckling av prestationen för de flerträdshanterande aggregaten för klen skog. I början av 1980-talet låg prestationen för Klippmyran på ca 50–60 träd/G₀-timme. Dagens Bror Hult-aggregat har en prestation på mellan 150 och 250 träd/G₀-timme. Bestånden och studierna är givetvis inte direkt jämförbara, men trenden pekar på en höjning av prestationen bland denna typ av aggregat.

Tabell 2.

Jämförelse av prestationer vid klenträdsavverkning enligt litteraturstudien. Vissa måttenheter är ändrade för att göra jämförelse lättare.

Studie	År	Stamstorlek, Diameter, cm	Prestation	
			avverkning, träd / G ₀	skotning ton / G ₀
Klippmyran	1983	10–11	50–60	
Gallerian	1987			
Lillebror FS 0410	1988	7,4 – 9,2	100 – 150	
SkogsJan – Mini Bruunett	1994	9 (0,045 m ³ fub)	154	6,6
FMG 570 – Mini Bruunett			151	5,9
Silvatec	1995	8,7 (0,033 m ³ fub)	196 169	
838 Combi – utglesning	1990		(1,7 m ³ fbio/G ₀)	
838 Combi – avveckling			(3,7 m ³ fbio/G ₀)	
Rottne EGS – avveckling			(4,5 m ³ fpb/G ₀ -)	
Bror Hulth – FGS 500 B – buntkap	1998	Gran 12 (0,054 – 0,060 m ³ fub)	108 – enträd 115 – flerträd 137 – enträd 195 – flerträd	
		löv 10,5 (0,032 – 0,034 m ³ fub)		
Bror Hulth – FGS 500 B – fällning	1998	gran 13 (0,067 m ³ fub)	147 – enträd 151 – flerträd 171 – enträd 243 – flerträd	
		löv 10 (0,032 m ³ fub)		

Kostnads- och intäktsanalys

Förutsättningar

Val av maskiner och metoder i analysen

I denna analys har vi efter diskussion med STORA räknat på ett antal systemvarianter.

Avverkning

Huvudalternativet vid avveckling av lågskärm är en basmaskin Timberjack 870 med EnHar-aggregat alternativt Bror Hult-aggregat. Båda dessa alternativen är möjliga i ett skött skärmalternativ. Huvudmetoden är att maskinen från stickväg avverkar och lägger ihop träden i buntar. Stickvägsavståndet blir således ca 18 m.



Figur 3.
Bror Hult-aggregat FGS 500 B.

Uttransport

Utskotningen beräknas göras med en mellanstor skotare, med alternativt utan gripsåg. Då flisningen sker i beståndet används en Chipset flisare.



Figur 4.
Chipset 536 C.

Sönderdelning

Stickvägsgående flisare är en Chipset. Flisning vid avlägg utförs med en konventionell mobil flisare. Vid flisning på terminal används en konventionell stor mobil flisare t.ex. Bruks 1004 CT.

Prestationer och kostnader

Prestationer för avverkning, uttransport och sönderdelning redovisas. Underlaget för prestationerna kommer från Stora Skogs bortsättningsunderlag och prestationsstudier utförda av SkogForsk. Maskinkostnaderna för avverkning och vidaretransport baseras på Stora Skogs Uppgifter. Kostnaderna för sönderdelning, vidaretransport och lagring har hämtats från SkogForsk, (Brunberg m.fl. 1998).

I analysen har kostnaderna för ett antal tänkbara deloperationer först beräknats. Därefter har systemkostnaden fritt mottagare beräknats för några tänkbara system.

Prestationen för fällning-sammanföring både med Bror Hult-aggregatet och EnHar har satts till 250 stammar per G₁₅-timme vid uttag av 2 800 stammar per ha och 225 stammar per G₁₅-timme vid uttag av 1 300 stammar per ha. Vid buntkapning med Bror Hults aggregat har prestationen sänkts med 50 stammar per G₁₅-timme till 200 respektive 175 stammar per G₁₅-timme. Timberjack 870 med Bror Hult aggregat kostar 625 kr per G₁₅-timme. Motsvarande kostnad för TJ 870 med EnHar aggregat är 610 kr per G₁₅-timme. Engreppsskördare TJ 870 kostar 630 kr per G₁₅-timme.

Skotare utan gripsåg har en prestation på knappt 28 m³s per G₁₅-timme och med gripsåg drygt 22 m³s per G₁₅-timme. Skotare utan gripsåg kostar 430 kr per G₁₅-timme och med gripsåg på 455 kr per G₁₅-timme.

Beståndsgående Chipsetflisaren producerar 21 m³s per G₁₅-timme och kostnaden har satts till 800 kr per G₁₅-timme.

Kostnaden för röjning av konventionellt skött bestånd är 1 600 kr per ha vid år 7 och 2 600 kr per ha vid år 12. Röjningarna som är anpassade för ett senare bränsleuttag är prissatta till 2 200 kr per ha år 10.

Flisningskostnader är satta till ett marknadspris per m³s; flisning vid välta 22 kr per m³s och flisning vid terminal 10 kr per m³s.

Vidaretransport vid 60 km avstånd med containerbil är prissatt till 19,70 kr per m³s och med trädelsfordon till 27,50 kr per m³s.

Kostnaderna för deloperationer och slutkostnad fritt förbrukare för några olika systemvarianter sammanfattas i tabell 3 och 5.

Tabell 3.
Prestationer och kostnader för samtliga operationer.

	Bränsleuttag			Referens
		1 x Røjning	2 x Røjning	
Røjning 1	kr/ha	2 200	2 200	1 600
Røjning 2	kr/ha		2 200	2 600
Bror Hulth Fällning	kr/tim	625	625	
	träd/tim	250	225	
	m ³ /s/tim	17,9	22,3	
	kr/m ³ s	35	28	
Bror Hulth Fällning-Buntkapning	kr/tim	625	625	
	träd/tim	200	175	
	m ³ /s/tim	14,3	17,4	
	kr/m ³ s	44	36	
EnHar	kr/tim	610	610	
	träd/tim	250	225	
	m ³ /s/tim	17,9	22,3	
	kr/m ³ s	34	27	
Skotning Gripsåg	kr/tim	455	455	
	m ³ /G15-h	22,5	22,5	
	kr/m ³	20	20	
Skotning Ej gripsåg	kr/tim	430	430	
	m ³ /G15-h	27,5	27,5	
	kr/m ³ s	16	16	
Chipset	kr/tim	800	800	
	m ³ /s/tim	21	21	
	kr/m ³ s	38	38	
Flisning avlägg	kr/m ³ s	22	22	
Välta				
Flisning	kr/m ³ s	10	10	
Terminal				
Trp – container, 60 km	kr/m ³ s	19,7	19,7	
Trp – trädrestfordon, 60 km	kr/m ³ s	27,5	27,5	
Terminalkostnad	kr/m ³ s	0	0	
Lagringskostnad	kr/m ³ s	2,70	2,70	
1:a Gallring	m ³ fub/stam uttag	0,09	0,09	0,083
	kr/m ³ fub avverkn.	82,3	82,3	87,5
	kr/m ³ fub skotning	38	38	39,7
	m ³ fub/ha uttag	54	54	55
	kr/ha uttag	6 496	6 496	6 968

Av de olika deloperationerna har formats ett antal system. Systemens sammansättning fram till bilväg framgår av tabell 4 nedan.

Tabell 4.
Systembeskrivning.

Fällning	Uttransport
Bror Hulth 1	Gripsågskotare
Bror Hulth 2 Buntkap	Konventionell skotare
Bror Hulth 3	Beståndsgående flisare
EnHar 1	Konventionell skotare
EnHar 2	Beståndsgående flisare

Tabell 5.
Kostnaderna för deloperationerna för några tänkbara system vid bränsleuttag,kr/m³s.

Röjningar	System	Avverkning	Skotning/ bestflis	Flisning v. Vålta Väggkant	Vidar transport	Flisning v. terminal	Lagring	Summa
1x	Bror Hult 1 Gripsågsskotning	35,00	20,00	22,00	19,70		2,70	96,70
1x		35,00	20,00		27,50	10,00	2,70	92,50
2x		27,99	20,00	22,00	19,70		2,70	89,69
2x		27,99	20,00		27,50	10,00	2,70	85,49
1x	BrorHult 2 Buntkapn.- Vanlig skotn.	43,75	16,00	22,00	19,70		2,70	101,45
1x		43,75	16,00		27,50	10,00	2,70	97,25
2x		35,99	16,00	22,00	19,70		2,70	93,69
2x		35,99	16,00		27,50	10,00	2,70	89,49
1x	Bror Hult 3 Beståndsgående flisare	35,00	38,10		19,70		2,70	92,80
2x		27,99	38,10		19,70		2,70	85,79
1x	EnHar 1 Gripsågsskotn.	34,16	20,00	22,00	19,70		2,70	95,86
1x		34,16	20,00		27,50	10,00	2,70	91,66
2x		27,32	20,00	22,00	19,70		2,70	89,02
2x		27,32	20,00		27,50	10,00	2,70	84,82
1x	EnHar 2 Beståndsgående flisare	34,16	38,10		19,70		2,70	91,96
2x		27,32	38,10		19,70		2,70	85,12

Intäkter

De priser som används i kalkylerna skall spegla en relevant marknadsnivå inom aktuellt område.

Priser för massaved är satt till 265 kr per m³fub. För enkelhetens skull är samma nivå satt för gran så väl som för björk. Priset liknar listpriset på massaved i Dalarna.

Priset på bränsleflis är satt till 105 kr per m³s. Det baseras på priset för skogsbränsle per MWh. I kalkylen motsvarar 1 m³s 0,95 MWh.

Resultat

För att göra de olika skötselalternativen och maskinsystemen jämförbara har kostnader och intäkter till slutavverkning diskonterats till år 0. Efter första-gallringen har bestånden samma utseende och trädslagsfördelning vid samtliga skötselalternativ. Därefter antas bestånden ha likartad utveckling varför netto från andragallring och slutavverkning satts till samma belopp.

Nuvärdet av de olika skötselalternativen redovisas nedan i tabell 6. Nuvärdet av referensbeståndet uppgår till 14 600 kronor/ha. Alternativet med en röjning och ett bränsleuttag har ett nuvärde av 14 200 kronor/ha exklusive bränsleuttag och i alternativet där skärmen ställs och sedan glesas ut vid ytterligare en röjning är nuvärdet 12 700 kr/ha exklusive bränsleuttag. Kostnadsutrymmet för bränsleuttaget är alltså knappt – 400 kronor/ha i första fallet och – 1 900 kronor/ha i det senare, d.v.s. att bränsleuttaget måste inbringa minst 400 respektive 1 900 kr/ha för att nå samma nuvärde som referensalternativet.

Tabell 6.

Kostnad- och intäkt i röjning, gallring och slutavverkning för referensbeståndet och skärmbestånden. Kostnadsutrymmet för skärmavvecklingen är drygt -400 kronor i beståndet med en röjning och -1 900 kronor i beståndet med två röjningar, d.v.s. skärmavvecklingen måste ge minst 400 respektive 1 900 kronor/ha.

	År	Netto kr/ha	Nuvärde kr/ha	Summa (exkl. bränsle)
Två konventionella röjningar	7	-1 600	-1 346	
	12	-2 600	-1 933	
1:a gallring	40	7 549	2 811	14 620
2:a gallring	55	11 000	2 829	
Slutavverkning	85	100 000	12 259	
En röjning till lågskärm	10	-2 200	-1 719	14 189
	1:a gallring	45	7 814	
	2:a gallring	60	11 000	
	Slutavverkning	90	100 000	
Två röjningar till lågskärm	10	-2 200	-1 719	12 670
	15	-2 200	-1 519	
	1:a gallring	45	7 814	
	2:a gallring	60	11 000	
	Slutavverkning	90	100 000	

I tabell 7 beräknas nuvärdet av skärmavvecklingen för ett antal system uppdelat på en – respektive två röjningsingrepp. Nuvärdet av intäkterna vid avveckling av en skärm på 2 800 stammar per ha. uppgår till mellan 416 och 1 530 kr per ha. Nuvärdet av intäkterna vid avveckling av en skärm på 1 300 stammar per ha uppgår till mellan 872 och 1 532 kronor per ha.

Tabell 7.

Netto vid skärmavveckling vid en- respektive två röjningar till lågskärm. Nuvärdet av skärmavvecklingen uppgår till mellan 400 och 1 500 kr/ha.

Avveckling lågskärm	Kostnad kr/m³s	Intäkt kr/m³s	Netto kr/m³s	Netto kr/ha	Netto nuvärde kr/ha
1 x RÖJNING (uttag 2 800 st/ha)					
Bror Hulth 1 – buntkap – vanlig skotning	101	105	4	735	416
Bror Hulth 2 – fällning – gripsågsskotning	97	105	8	1 718	974
Bror Hulth 3 – beståndsgående flisare	93	105	12	2 526	1 432
EnHar 1 – gripsågsskotning	96	105	9	1 892	1 072
EnHar 2 + beståndsgående flisare	92	105	13	2 700	1 530
2 x RÖJNING (uttag 1 300 st/ha)					
Bror Hulth – buntkap – vanlig skotning	94	105	11	1 538	872
Bror Hulth – fällning – gripsågsskotning	90	105	15	2 082	1 180
Bror Hulth – beståndsgående flisare	86	105	19	2 613	1 481

Nuvärdesberäkningarna där samtliga ingrepp under beståndscykeln inklusive bränsleuttag beräknats visar på ett positivt resultat för skötselalternativet med ställande av lågskärm med ett röjningsingrepp jämfört med referensalternativet och ett negativt resultat för skötselalternativet med ställande av lågskärm med två röjningsingrepp jämfört med referensalternativet., tabell 8 nedan.

Tabell 8.

Nuvärde av tre olika skötselalternativ, referensen samt ställande av lågskärm med en respektive två röjningar och efterföljande bränsleuttag.

Skötselalternativ	Nuvärde exkl. bränsle	Intäkt bränsle	Nuvärde inkl. Bränsleuttag
Referens	14 620	0	14 620
1 x röjning t. lågskärm	14 189	416 – 1530	14 605 – 15 719
2 x röjning t. lågskärm	12 670	872 – 1532	13 542 – 14 202

Känslighetsanalys

I känslighetsanalyserna belyses:

- förändrad omloppstid,
- förändrad prestation i fällningsarbetet,
- förändrad stamvolym samt
- förändrade bränslepriser.

Omloppstid

På grund av avvecklingen av skärmen antas i grundalternativet omloppstiden förlängas med ett år p.g.a. näringsuttaget vid uttag av skärmen. Kalyteförlusten p.g.a. tidigt upptagen stickväg antas förskjuta gallring och slutavverkning med två år. En risk är att granarnas utveckling hämmas av skärmen och att denna hämmade utveckling följer med hela omloppstiden. I grundalternativet har denna effekt antagits påverka beståndet med en förlängd omloppstid om två år. Nedanstående tabeller belyses förändringen av nuvärdet för skärmalternativen om gallringarna och slutavverkningstidpunkten förskjuts ytterligare två år respektive kortas med två år jämfört med huvudalternativet.

Tabell 9.

I detta fall har gallring och slutavverkning skjutits ytterligare två år framåt sammanlagt fyra år, p.g.a. risk för hämmad granutvecklingen under skärmen. Kostnadsutrymmet för bränsleavvecklingen minskar då till - 1 197 kr/ha vid en röjning och - 2 716 kr/ha vid två röjningar.

	År	Netto kr/ha	Nuvärde kr/ha	Summa (exkl. bränsle)
Två konventionella röjningar	7	-1 600	-1 346	
	12	-2 600	-1 933	
1:a gallring	40	7 549	2 811	
2:a gallring	55	11 000	2 829	
Slutavverkning	85	100 000	12 259	14 620
En röjning till lågskärm	10	-2 200	-1 719	
1:a gallring	47	7 814	2 448	
2:a gallring	62	11 000	2 380	
Slutavverkning	92	100 000	10 313	13 423
Två röjningar till lågskärm	10	-2 200	-1 719	
	15	-2 200	-1 519	
1:a gallring	47	7 814	2 448	
2:a gallring	62	11 000	2 380	
Slutavverkning	92	100 000	10 313	11 904

Tabell 10.

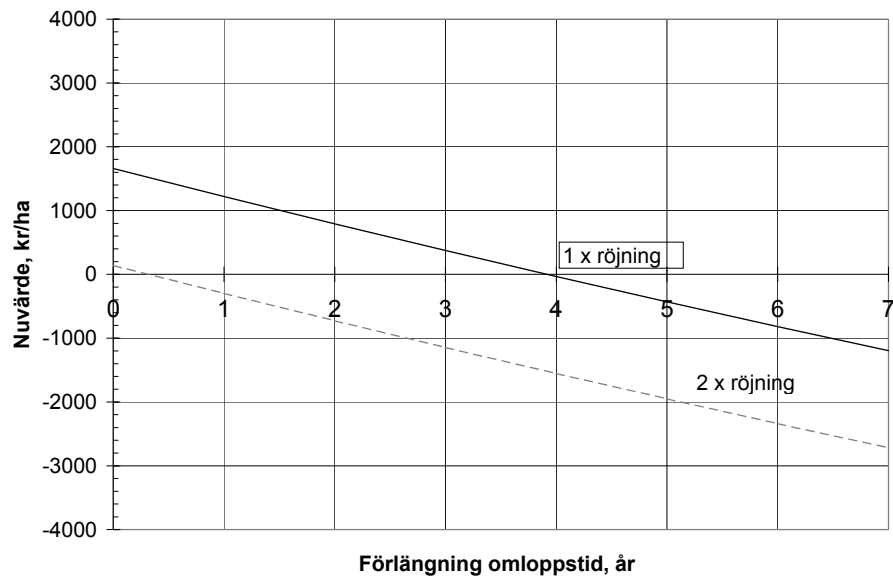
I detta fall har gallring och slutavverkning i skärmalternativet tidigarelagts med två år jämfört med huvudalternativet med ett antagande att granen ej hämmas under skärmen. Kostnadsutrymmet för bränsleavvecklingen uppgår då till 374 kr/ha vid en röjning och -1 145 kr/ha vid två röjningar.

	År	Netto kr/ha	Nuvärde kr/ha	Summa (exkl. bränsle)
Två konventionella röjningar	7	-1 600	-1 346	
	12	-2 600	-1 933	
1:a gallring	40	7 549	2 811	
2:a gallring	55	11 000	2 829	
Slutavverkning	85	100 000	12 259	14 620
En röjning till lågskärm	10	-2 200	-1 719	
1:a gallring	43	7 814	2 702	
2:a gallring	58	11 000	2 627	
Slutavverkning	88	100 000	11 384	14 994
Två röjningar till lågskärm	10	-2 200	-1 719	
	15	-2 200	-1 519	
1:a gallring	43	7 814	2 702	
2:a gallring	58	11 000	2 627	
Slutavverkning	88	100 000	11 384	13 475

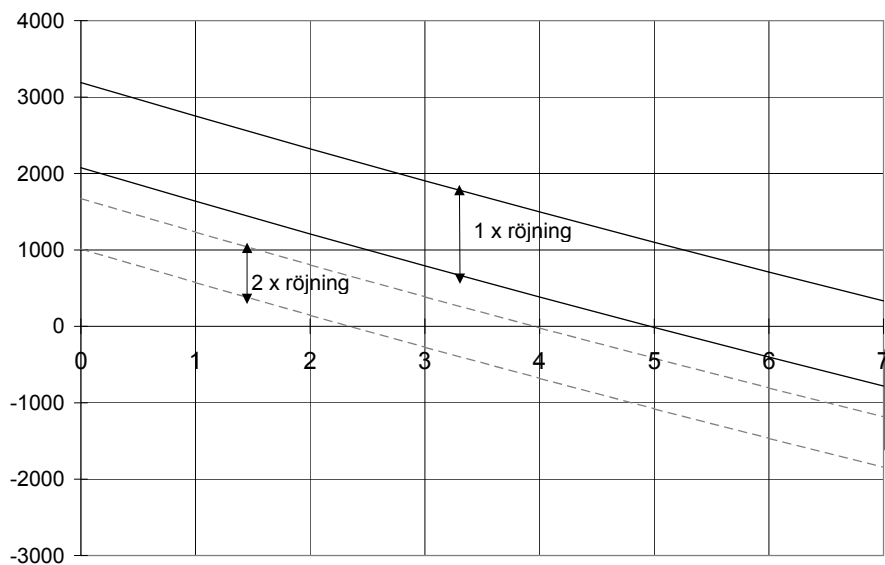
I figurerna 5 och 6 nedan redovisas nuvärdet i skärmalternativet jämfört med konventionell skötsel vid varierande förlängning av omloppstiden mellan 0 och 7 år. Nuvärdet i skärmalternativet, en röjning är:

- större än i det konventionella alternativet vid upp till fyra års förlängd omloppstid före netto av skärmavvecklingen.
- större än i det konventionella alternativet vid fem till åtta års förlängd omloppstid då nettot från skärmavvecklingen inkluderas.

Motsvarande siffror för skärmalternativet, två röjningar är ett halvt år före beaktande av intäkt av skärmavvecklingen och drygt två till fyra år då nettot från skärmavvecklingen inkluderats.



Figur 5. Nuvärdet av de två skärmalternativen jämfört konventionell skötsel. På x-axeln anges förlängningen av omloppstiden i skärmalternativet jämfört konventionell skötsel. Nuvärdet i figuren inkluderar ej netto från skärmavvecklingen.



Figur 6. Nuvärdet av de två skärmalternativen jämfört konventionell skötsel inklusive netto från skärmavvecklingen. De olika nivåerna är högsta respektive lägsta netto för beräknade system vid avveckling av skärmen. På x-axeln anges förlängningen av omloppstiden i skärmalternativet jämfört konventionell skötsel.

Fällningsprestation

Tabell 11.
Känslighetsanalys där avverkningsprestationen sänkts med 20 % per G15-timme i samtliga operationer.

1 x RÖJNING (uttag 2 800 st/ha)	Kostnad	Intäkt kr/m³s	Netto kr/m³s	Netto kr/ha	Netto nuvärde kr/ha
Bror Hulth 1 buntkap – vanlig skotning	112	105	-7	-1 529	-867
Bror Hulth 2 fällning – gripsågsskotning	105	105	-0	-93	-53
Bror Hulth 3 beståndsgående flisare	102	105	3	715	405
EnHar 1 gripsågsskotning	104	105	1	124	70
EnHar 2 beståndsgående flisare	100	105	5	932	528
2 x RÖJNING (uttag 1300 st/ha)					
Bror Hulth 1 buntkap – vanlig skotning	103	105	2	314	178
Bror Hulth 2 fällning – gripsågsskotning	97	105	8	1 130	640
Bror Hulth 3 beståndsgående flisare	93	105	12	1 661	941
EnHar 1 gripsågsskotning	96	105	9	1 244	705
EnHar 2 beståndsgående flisare	92	105	13	1 775	1 006

Medelstam

Lövmedelstammens inverkan på avverkningskostnaden och nuvärdet i skärmavvecklingen belyses i tabell 12, medelstammen har i beräkningen sänkts med 20 %.

Tabell 12.
Känslighetsanalys där stamvolymen minskat med 20 % jämfört med grundalternativet.

1 x RÖJNING (uttag 2 800 st/ha)	Kostnad kr/m³s	Intäkt kr/m³s	Netto kr/m³s	Netto kr/ha	Netto nuvärde kr/ha
Bror Hulth 1 – buntkap – vanlig skotning	113	105	-8	-1 281	-726
Bror Hulth 2 – fällning – gripsågsskotning	106	105	-1	-119	-67
Bror Hulth 3 – beståndsgående flisare	102	105	3	530	300
EnHar 1 – gripsågsskotning	105	105	0	57	32
EnHar 2 + beståndsgående flisare	101	105	4	705	400
2 x RÖJNING (uttag 1300 st/ha)					
Bror Hulth 1 – buntkap – vanlig skotning	103	105	2	243	137
Bror Hulth 2 – fällning – gripsågsskotning	97	105	8	905	513
Bror Hulth 3 – beståndsgående flisare	93	105	12	1 334	756
EnHar 1 – gripsågsskotning	96	105	9	997	565
EnHar 2 + beståndsgående flisare	92	105	13	1 427	808

Bränslepriser

I tabellerna 13 och 14 nedan belyses nuvärdet vid förändrat bränslepris med 10 % jämfört med de 105 kr/ m³s eller ca 110 kr/MWh som använts i kal-kylen.

Tabell 13.
Bränslepris sänkt med – 10 % till 94,5 kr/ m³s.

1 x RÖJNING (uttag 2 800 st/ha)	Kostnad kr/m³s	Intäkt kr/m³s	Netto kr/m³s	Netto kr/ha	Netto nuvärde kr/ha
Bror Hulth 1 – buntkap – vanlig skotning	101	94,5	-7	-1 439	-815
Bror Hulth 2 – fällning – gripsågsskotning	97	94,5	-2	-455	-258
Bror Hulth 3 – beståndsgående flisare	93	94,5	2	353	200
EnHar 1 – gripsågsskotning	96	94,5	-1	-282	-160
EnHar 2 + beståndsgående flisare	92	94,5	3	527	299
2 x RÖJNING (uttag 1 300 st/ha)					
Bror Hulth 1 – buntkap – vanlig skotning	94	94,5	1	110	62
Bror Hulth 2 – fällning – gripsågsskotning	90	94,5	5	654	370
Bror Hulth 3 – beståndsgående flisare	86	94,5	9	1 185	671
EnHar 1 – gripsågsskotning	89	94,5	5	745	422
EnHar 2 + beståndsgående flisare	85	94,5	9	1 276	723

Tabell 14.
Bränslepris höjt med + 10 % till 115,5 kr/ m³s.

1 x RÖJNING (uttag 2 800 st/ha)	Kostnad kr/m³s	Intäkt kr/m³s	Netto kr/m³s	Netto kr/ha	Netto nuvärde kr/ha
Bror Hulth 1 – buntkap – vanlig skotning	101	115,5	14	2 908	1 648
Bror Hulth 2 – fällning – gripsågsskotning	97	115,5	19	3 892	2 205
Bror Hulth 3 – beståndsgående flisare	93	115,5	23	4 700	2 663
EnHar 1 – gripsågsskotning	96	115,5	20	4 065	2 304
EnHar 2 + beståndsgående flisare	92	115,5	24	4 874	2 762
2 x RÖJNING (uttag 1 300 st/ha)					
Bror Hulth 1 – buntkap – vanlig skotning	94	115,5	22	2 966	1 681
Bror Hulth 2 – fällning – gripsågsskotning	90	115,5	26	3 510	1 989
Bror Hulth 3 – beståndsgående flisare	86	115,5	30	4 041	2 290
EnHar 1 – gripsågsskotning	89	115,5	26	3 601	2 041
EnHar 2 + beståndsgående flisare	85	115,5	30	4 132	2 342

Diskussion

Maskin- och aggregatval

De maskiner och aggregat som använts vid beräkningarna bedöms vara de bättre vid denna typen av arbeten. En tanke vid maskinval var också att de skall vara så robusta i konstruktionen att de klarar av en kontinuerlig drift under varierande terrängförhållanden. Det finns kanske alternativa maskiner som har en lägre timkostnad, men aktuella maskiner är så beprövade att de bedöms vara ett huvudalternativ.

Allteftersom hanteringen av bränsleuttag i klena gallringar utvecklas kommer även tekniken att utvecklas. SkogForsk kommer löpande att bevaka nya maskiner och aggregat som kan vara lämpliga för detta ändamål. Prestationerna för avverkningsarbetet är skattningar av nåbar nivå inom en femårsperiod.

Metodval

De beräkningar som redovisas här bygger på ett metodval med en mellanstor skördare som basmaskin och ett stickvägsavstånd på ca 18 m. Andra metoder är möjliga. Till exempel kan en modell vara att ta upp ett stickvägsnät med ca 40 m avstånd. Från stickvägen görs instick med en liten skördare som basmaskin, till knappt halva stickvägsavståndet. De avverkade stammarna lunnas ut till stickvägen och läggs i buntar. En fördel med denna metod kan vara att ett kommande stickvägsstråk lämnas orört fram till förstagallringen och lämnar ett större uttag vid denna tidpunkt. En viss tillväxtförlust kan dock befaras vid upptagandet av insticken.

Bestånd

De bestånd som är aktuella för denna typen av skötsel är till största del friska till fuktiga granboniteter. Med föreslagna maskiner kan det innebära att vissa av markerna bör tas bort som alternativ under barmarksperioden p.g.a. risken för sönderkörning av marken. Risken för sönderkörning bedöms vara större än vid konventionell förstagallring eftersom inget ris läggs i stickvägen.

Störst risk för sönderkörning sker inte vid avverkningen utan vid utskotning respektive flisning i beståndet. Det kan man vänta med tills behov uppstår för riset, nämligen under vinterhalvåret då temperaturen är låg. Erfarenheter visar att det är relativt lätt att ta tillvara de hopdragna risbuntarna även om de är översnöade.

Ytstruktur och lutning sätter också begränsningar på drivningen. Är terrängen för kuperad och blockrik påverkas säkerligen effektiviteten i drivningen. Körmönstret måste även anpassas i större utsträckning.

Storskalig tillämpning på en skogsförvaltning

Utfallet av nuvärdesanalysen jämförs här med ett tänkt alternativ där en förvaltning utnyttjar ett fungerande lågskärmsalternativ på 500 ha. Nuvärdet jämförs med hur skärmsalternativet kan tänkas slå i budgetsiffrorna vid fullt nyttjande av metoden.

I nuvärdeskalkylen är kostnaderna jämfört med referensalternativet oförändrade eller sänkta med ca 700 tkr vid ett röjningsingrepp medan kostnaderna kan höjas med ca 210 – 540 tkr vid två röjningsingrepp.

I ett budgetalternativ sänks kostnaderna med 670 – 2 350 tkr. Då skärmsalternativet nyttjas jämfört med referensalternativet.

Tabell 15.

Jämförelse av nuvärdet av de två skärmsalternativen vid utnyttjande på 500 ha, tkr				
Antal röjningar	Nuvärde jämfört referensbeståndet, kr/ha	Nuvärde skärm-avveckling, kr/ha	Areal där metoden tillämpas, ha	Summa, tkr
1x	-431	416 – 1530	500 500	(-215,5) 208 – 765
				(-7,5) – 736
2x	-1 950	872 – 1 532	500 500	(-975) 436 – 766
				(-539) – (-209)

Tabell 16.

Jämförelse av hur siffrorna i budgeten kan påverkas vid utnyttjande av lågskärmsmetoden på 500 ha.

	Referens	Skärmsalternativ, 1 x röjning	Skärmsalternativ, 2 x röjning
Röjning 1, kr/ha	-1 600	-2 200	-2 200
Röjning 2, kr/ha	-2 600		-2 200
Avveckling, kr/ha	-	735 – 2 700	1 538 – 2 704
Σkr/ha	-4 200	(-1 465) – 500	(-2 862) – (-1 696)
Differens jämfört med referens, kr/ha		2 735 – 4 700	1 338 – 2 504
Differens jämfört med referens, kr per 500 ha		1 367 500 – 2 350 000	669 000 – 1 252 000

Diskussion

Enligt det grundalternativ som skisserats kan lågskärmsmetoden vara intressant för Stora. Ett storskaligt införande skulle enligt beräkningarna kunna innebära besparingar i miljonklassen på några års sikt. Det skulle dock innebära ett stort ekonomiskt risktagande eftersom beräkningarna bygger på ett antal osäkra antaganden och de analyser som genomförts visar att det inte behövs så stora förändringar av grundförutsättningarna för att metoden skall bli olönsam. Till detta kommer lågskärmsmetodens betydelse för skogshushållningen som inte tagits upp vid känslighetsanalysen. Skärmmetoden leder med stor sannolikhet till att granens produktion hämmas med motsvarande ett antal års skogsproduktion. Dessa volymer måste då anskaffas externt på den öppna marknaden till en högre kostnad än för virke anskaffat på egen mark. Detta kan på sikt leda

till att den totala anskaffningskostnaden för virket blir högre även om röjningskostnaderna minskats genom skärmmetoden. Problemet minskas om det skulle gå att ta ut björkmassaved vid skärmavvecklingen. Detta är ett relativt dyrt sortiment som för närvarande importeras av Stora.

Det går att se många möjliga problem men också stora möjligheter. Metoden kan redan idag motiveras på frostlänta marker. Lågskärm kan vara ett bra sätt att öka handlingsfriheten när det gäller lövinblandning på granmarker. Om metoden fungerar enligt grundalternativet och om granen inte hämmas så mycket som vi antagit kan metoden ge ett bra ekonomiskt resultat även på längre sikt. Det finns därför anledning att fundera på hur beslutsunderlaget kan förbättras.

I samarbete mellan SLU (Inst. för skogsproduktion) och Södra skogsägarna lades en försöksserie ut mellan åren 1989 och 1992. Försöket, som omfattar 14 lokaler i södra och mellersta Sverige bör kunna ge en del svar på de osäkerheter som identifierats, t.ex. hur stamantalet i skärmen påverkar stubbskottsbildningen och hur hämrad granen blir av skärmar med olika täthet. Försöket följs upp kontinuerligt och inom något eller några år bör det kunna avkasta resultat. Inst. för skogsproduktion förfogar över ett antal gamla lågskärmförsök som lagts ut av prof. Sven-Olov Andersson under 1970- och 80-talet. Vissa av dessa försök har reviderats och kommer att kunna ge viss information som kan vara av intresse.

Även om redan utlagda försök kommer att kunna ge en viss vägledning är det sannolikt av stor vikt att bygga upp lokal erfarenhet när det gäller tillämpningen av lågskärmmetoden. Dels är huvuddelen av de utlagda försöken lokaliserade till södra Sverige, dels är det i försök mycket svårt att fånga det komplicerade förlopp som produktion i flerskiktade bestånd innebär. Lokala erfarenheter t.ex. genom egna praktiska försök ute på skogsförvaltningarna kommer därför med säkerhet vara av mycket stor betydelse som beslutsunderlag inför ett eventuellt storskaligt införande av metoden. Om detta genomförs kommer risken för bakslag att minska. Om det t.ex. visar sig att skärmen hämmar granen betydligt mer än vad som kan anses acceptabelt, finns alltid möjligheten att röja bort den. Viktigt för att kunna dra relevanta slutsatser av praktiska försök är att utgångslägen, behandlingar och andra förutsättningar dokumenteras samt att referensytor tillskapas.

När det gäller avvecklingen av skärmen framstår det som tydligt att det finns ett stort utrymme för både teknik- och metodutveckling. Båda de fälldon som är medtagna i beräkningarna får betecknas som prototyper eller möjligen 0-serie aggregat (EnHar). Tidigare erfarenheter av teknikutveckling har visat att många bra idéer och förbättringsförslag kommer först när maskiner eller aggregat kommit ut i praktisk drift. Vidare får man nog anse att det fortfarande finns stora osäkerheter om vilken basmaskin och vilken arbetsmetod som passar bäst. Även när det gäller teknik och metod för terrängtransporten finns det en hel del utrymme för förbättringar.

Oberoende av om flisningen av björkarna från skärmen sker i beståndet eller vid avlägg krävs relativt dyra specialfordon för vidaretransporten. En möjlighet för att komma runt detta skulle kunna vara att träden efter fällningen binds

ihop till buntar i form av korvar eller stockar. Dessa skulle sedan kunna transporterats ut ur skogen med konventionella skotare och vidare till värmeverket med vanliga timmerbilar. Detta skulle sannolikt ge betydande kostnadsbesparingar för hela systemet. En utveckling av en dylik buntare pågår för närvarande hos Elmek i Dala-Järna.

Vid de analyser som genomförts har strävan varit att använda de maskiner och system som leder till de lägsta direkta kostnaderna. Detta har medfört att vi räknat med specialmaskiner som i dag är ovanliga eller inte finns inom Stora Skogs verksamhetsområde. En viktig frågeställning är hur ett konventionellt engreppsskördarsystem skulle klara sig i konkurrensen med de specialmaskiner vi räknat med. Tidigare erfarenheter (Edlund 1989) har visat att det är fullt möjligt att avveckla lågskärmar med konventionella system. Beroende på högre investeringskostnader och lägre prestation för ett konventionellt system får man nog räkna med högre direkta kostnader. Detta kan dock kompenseras av högre indirekta kostnader, bl.a. flyttkostnader och/eller begränsad användningstid under året för ett specialsystem. Här måste lokala förutsättningar vägas in för att avgöra om ett specialsystem är intressant eller inte.

Referenser

Skötsel och biologi

- Agestam, E. 1985. En produktionsmodell för blandbestånd av tall, gran och björk i Sverige. (Rapport nr 15, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion.)
- Andersson, O. 1966. Något om björkens stubbskottsbildning. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift 64:441–450.
- Andersson, S-O. & Björkdahl, G. 1984. Om björkstubbkottens höjdtutveckling i ungdomsskedet. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift 82(3–4): 61–67.
- Andersson, S-O. 1984. Om lövröjning i plant- och ungskogar. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift 82(3–4): 69–95.
- Angelstam, P. 1988. Amount of dead wood, deciduous and large trees in forest landscapes with different forest histories in northern Europe. Statens Naturvårdsverk. Opubl. Manuskript .
- Angelstam, P., Rosenberg, P., Mikusinski, G. & Ihse, M. 1988. Lövträden och fåglarna. Skog & Forskning 93(1): 20–27.
- Anon. 1996. Kronobergsmetoden för lövröjning – skärmmetod för skötsel av granföryngringar med tätt lövsly. Skogsvårdsstyrelsen i Kronobergs län, Växjö. 4 s.
- Auclair, D. 1978. La silviculture des forêts mélangées. Etude bibliographique. Document, Centre de recherches forestières d'Orleans 78/30. Olivet. 51 pp.
- Berg, S., Lundström, A. & Svensson, S.A. 1996. Lövträd i Sverige. Tillgångar och utnyttjande i dag samt framtida utveckling i några områden. Sveriges Lantbruksuniversitet. 1996. Stencil 86 s.

- Bernes, C. (red.) 1994. Biologisk mångfald i Sverige. En landsstudie. Monitor 14. Naturvårdsverkets förlag, Solna.
- Björkdahl, G. 1983. Höjdtutveckling hos stubbskott av vårt- och glasbjörk samt tall och gran efter mekanisk röjning. (Stencil nr 18, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion), Garpenberg.
- Björse, G. 1997. Sydsveriges skogar under 2000 år. SkogForsk Arbetsrapport 350: 8–11.
- Braathe, P. 1956. Skjermstilling og dens betydning for foryngelsen. Tidskr. Skogbr. 64: 21–31
- Braathe, P. 1988. Utviklingen av gjenvekst med ulike blandingsforhold mellom bartrær og løvtrær – II. (Development of regeneration with different mixtures of conifers and broadleaves – II). Norsk institutt for skogforskning, rapport 8/88. 50 p.
- Brunberg, B., Andersson, G., Nordén, B., Thor, M. 1998. Uppdragsprojekt skogsbränsle – slutrapport. SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut, Redogörelse nr. 6 1998.
- Bucht, S. 1981. Effekten av några olika gallringsmönster på beståndsutvecklingen i tallskog. (Rapporter nr 4, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel), 276 s. Umeå.
- Cameron, A.D. 1996. Managing birch woodlands for the production of quality timber. *Forestry* v. 69 (4): 357–371.
- Drakenberg, B., Ehnström, B. A., Liljelund, L-E. & Österberg, K. 1991. Lövskogens naturvärden. Statens Naturvårdsverk, Rapport 3946. Solna.
- Elfving, B. 1982. Hugins ungskogstaxering 1976-79. SLU, Projekt HUGIN. Rapport nr. 27.
- Elfving, B. & Nyström, K. 1984. Björkens stubbskottsbildning och höjdtutveckling i ungdomsskedet. Analys av data från HUGINS ungskogsytor. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift 82(3-4): 51–60.
- Elfving, B. 1985. Five year growth in a line-thinning experiment with pine and spruce. (Proceedings of the meeting of IUFRO Project Group P.4.02.02, Dublin, Ireland, 24–28 september, 1984), pp. 114–121.
- Eriksson, H. 1987. New results from plot no. 5 at Sperlingsholm Estate in Southwestern Sweden in the European stemnumber experiment in *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 2: 85–98.
- Eriksson, H., Johansson, U. & Karlsson, K. 1994. Effekter av stickvägsbredd och gallringsform på beståndsutvecklingen i ett försök i granskog. (Rapport nr 38, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion), 23 s. Garpenberg.
- Eriksson, P., Nordén B. 1999. Klenträdsantering och bränsleuttag i eftersatta bestånd – drivningsteknik och ekonomi. SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut, Arbetsrapport nr. 443, 1999.
- Etholén, K. 1974. Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimiston-hoitoaloilla Pohjois-Suomessa. The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in Northern Finland. *Folia Forestalia* 213.

- Frank, J. 1980. Treslagenes betydning for jordsmonnsutviklingen i Norge. (The influence of tree species on soil development in Norway). Tidsskrift for Skogbruk 88: 229–47.
- Frank, J., Stabbetorp, O. Frivold, L-H. & Eilertsen, O. 1998. Bjørkeinnblanding i barskog – effekter på jordforsuring, vegetasjonsutvikling og skogens vekst. Aktuelt fra Skogforsk 2/98: 45–54.
- Fries, C. 1984. Den frøsådda björkens invandring på hygget. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift 82(3–4): 35–49.
- Frivold, L. H. 1982. Bestandsstruktur og produksjon i blandingskog av bjørk (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.) og gran (*Picea abies* (L.) Karst.) i sydost-Norge. Meldinger fra Norges Lantbrukshøgskole, 61(18): 1–108.
- Granhus, A. & Dietrichson, J. 1997. Yield of biomass in young mixed forests of birches (*Betula pendula* Ehrh & *Betula pubescens* Roth) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). In: Hakkila, P., Heino, M. & Puranen, E. (eds.) IEA Bioenergy. Proceedings from joint meeting "Forest management for bioenergy", Jyväskylä, Finland, Sept. 9-10, 1996. The Finnish Forest Research Institute, Vantaa, Finland, pp. 230–237.
- Granström, A. & Fries, C. 1985. Depletion of viable seeds of *Betula pubescens* and *Betula verrucosa* sown onto some north Swedish forest soils. Can. J. For. Res. 15: 1176–1180.
- Guo, Q. & Rundel, P. W. 1997. Measuring dominance and diversity in ecological communities: Choosing the right variables. Journal of Vegetation Science 8: 405–408.
- Gustafsson, L. & Ahlén, I. 1996. Växter och Djur. Sveriges Nationalatlas. SNA Förslag. Stockholm.
- Gustavsson, R. 1991. Lövträdens inverkan på landskapsbilden. Sveriges Lantbruksuniversitet. Skogsfakta nr. 15: 107–110. Uppsala.
- Haveraaen, O. 1963a. Pa hvilken tid av året skal en rydde bjork? Norsk Skogbruk 9: 692–693.
- Helles, F. 1983. Stormskade på skov. En litteraturgenomgang. (Summary: Forest Structure and Windthrow. A review of recent literature.) Dansk skovforenings tidsskrift 68: 247–278.
- Hesselman, H. 1926. Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. Medd. Statens Skogsförsöksanstalt, häfte 22, nr 5.
- Huikari, O. 1954. Kovun metsänhoidollisesta merkitysestä. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1954: 253–254.
- Huse, S. 1983. Forekomst av rote i norsk granskog. Rapporter fra Norsk Institutt for skogforskning 3/83: 1–39.
- Hägg, 1989. Björkens inverkan på tallens grengrovlek och grenrensning i blandade bestånd. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för virkeslära. Rapport nr. 208, 35 s.
- Isomäki, A. & Neimistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. (Abstract: Effect of strip roads on the

- growth and yield of young spruce stands in southern Finland). *Folia Forestalia* 756. 36 s.
- Jacobson, S., Kukkola, M., Mälkönen, E. & Tveite, B. 1998. Impact of slash removal and compensatory fertilization on tree stem growth in coniferous thinning stands. *For. Ecol. Manage.* Submitted.
- Jensen, A. M. 1983. Ædelgranens vekst sammenlignet med rødgranens (*Picea abies* (L.) Karst.) i henholdsvis rene og blandede bevoksninger på sandede jorder i Midt- og Vestjylland. Meddelelser fra skovbruksinstituttet, series 2, nr 14, 498 pp.
- Johansson, T. 1984. Minskning av lövträdsinslag med förebyggande åtgärder. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 82(3-4): 25–33.
- Johansson, T. 1986. Development of suckers by two-year-old birch (*Betula pendula* Roth.) at different temperatures and light intensities. *Scand. J. For. Res.* 1:17–26.
- Johansson, T. 1990. Irradiance in young stands of *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. and the possibilities to prevent suckers of broad-leaved trees. *Scand. J. For. Res.* 5: 225–241.
- Johansson, T. 1991. The effect of stump height and cut surface type on stump survival sprouting and sprout growth after cutting of 10-35-year old (*Betula pubescens* Ehrh.) (Swed. Univ. Agr. Sci., Dept. For. Yield Res. Report No. 28, 19 s.)
- Johansson, T. 1992a. Dormant buds on (*Betula pubescens* and *Betula pendula*) stumps under different field conditions. *For. Ecol. Manage.* 47: 245–259.
- Johansson, T. 1992b. Sprouting of 2- to 5-year old birches (*Betula pubescens* Ehrh. and *Betula pendula* Roth) in relation to stump height and felling time. *For. Ecol. Manage.* 53: 263–281.
- Johansson, T. 1992c. Sprouting of 10- to 50-year old (*Betula pubescens*) in relation to felling time. *For. Ecol. Manage.* 53: 283–296.
- Johansson, T. 1992d. Stump heights and sprouting of European aspen, pubescent and silver birches, and damage to Norway spruce and Scots pine following mechanical and brush saw cleaning. *Studia Forestalia Suecica* 186, 15 pp.
- Johansson, T. 1996. Management of birch forest. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, Supplement No. 24: 7–19.
- Johnson, K. H., Vogt, K. A., Clark, H. J., Schmitz, O. J. & Vogt, D.J. 1996. Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 11:372–377.
- Jonsson, B. 1962. Om barrblandskogens volymproduktion. (Yield of mixed coniferous forests). (Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut 50(8)) s. 1–143.
- Josefsson, R. & Johansson, H. 1988. Olika björkskärms inverkan på granunderväxt och stubbskott. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsmästarskolan. Examensarbete nr 1988:25. 30 s. Skinnskatteberg.

- Kallio, T. 1979. Rotröta hos gran och tall. (Root rot fungus in Finland). (Kansallis-Osake- Pankkin Taloudellinen Katsaus B-upplaga nr. 31.) 40 pp. Helsingfors.
- Kauppi, A., Rinne, P. & Ferm, A. 1988. Sprouting ability and significance for coppicing of dormant buds in (*Betula pubescens* Ehrh.) stumps. Scand. J. For. Res. 3: 343–354.
- Korsmo, H. 1994. Miljötiltak i skog – effekter på vegetasjon. Aktuelt fra Skogforsk 4/94: 33–43.
- Kukkola, M. & Mälkönen, E. 1997. The role of logging residues in site productivity after first thinning of Scots pine and Norway spruce stands. In: Hakkila, P., Heino, M. & Puranen, E. (eds.) IEA Bioenergy. Proceedings from joint meeting "Forest management for bioenergy", Jyväskylä, Finland, Sept. 9–10, 1996. The Finnish Forest Research Institute, Vantaa, Finland, pp. 230–237.
- Kvaalen, H. 1989. The effect of different stump heights on sprouting, stump survival and sprout growth, after cutting of six year old White birch (*Betula pendula* Roth). Norw. For. Res. Inst., Res. Pap. 5, 11 pp.
- Larsen, B. Ett säkrare kort i en osäker miljö. Skog & Forskning 91(2): 19–22.
- Leikola, M. 1975. The influence of the nurse crop on stand temperature conditions in northern Finland. (Comm. Inst. Forest. Fenn. 85.7.)
- Liljelund, L-E., Nilsson, I. & Andersson, I. 1986. Trädslagets betydelse för mark och vatten – en litteraturstudie med speciell referens till luftföroreningar och försurning. Statens Naturvårdsverk, Rapport 3182. Solna.
- Lundh, J-E. & Josefsson, R. 1989. Björk och asp i barrskog, skötselråd för alla beståndåldrar. (Rapport nr 25, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion), Garpenberg.
- Lundmark, J-E. 1988. Skogsmarkens ekologi. Ståndortsanpassat skogsbruk. Del 2 – tillämpning. Skogsstyrelsen, Jönköping. 1988.
- Lundmark, J-E. & Johansson, M-B. 1986. Markmiljön i gran- och björkbestånd. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidsskrift 86(2): 31–37.
- Lundmark, T. & Hällgren, J-E. 1987. Effects of frost on shaded and exposed spruce and pine seedlings planted in the field. Can.J.For.Res.17: 1197– 1201.
- Marcenko, I. S. 1974. O vzaimovlijanii drevesnyh rastenij. Lesnoe hozjajstvo 1974 (11): 37–45.
- Marklund, L-G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. SLU, Inst. för skogstaxering, Rapport 45. Umeå. 73 pp.
- May, R. M. 1973. Stability and complexity in model ecosystems. Princeton.
- Mensah, K. O. A. 1972. Allelopathy as expressed by sugar maple on yellow birch. Diss. Abstr. B. 33(5): 1877.

- Mielikäinen, K. 1985. Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. *Comm. Inst. For. Fenn.* 133: 495–500. (In Finnish with English summary.)
- Mikkola, P. 1942. Kooivun vesomisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä. Referat: Über die Ausschlagbildung bei der Birke und ihre forstliche Bedeutung. (*Acta forest. fenn.*) 50 s. 51–5.
- Mikola, P. 1985. The effect of tree species on the biological properties of forest soil. National Swedish Environmental Protection Board, Report 3017: 1–27.
- Mård, H. 1993. Föryngring av gran under björkskärm – bakgrund, försöksplan och beståndsdata för ett försök i södra Sverige. (Rapport nr 36, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion), Garpenberg.
- Mård, H. 1996. The influence of birch shelter (*Betula* spp) on the growth of young stands of (*Picea abies.*) *Scand. J. For. Res.* 11: 343–350.
- Naeem, S., Hakansson, K., Lawton, J. H., Crawley, M. J. & Thompson, L. J. 1996. Biodiversity and plant productivity in a model assemblage of plant species. *Oikos* 76: 259–264.
- Niemistö, P. 1989. A Simulation method for estimating growth losses caused by strip roads. *Scand. J. For. Res.* 4: 203–214.
- Nordfors, A. 1923. Något om björken, dess förhållande till granen och dess roll inom särskilt den jämtländska fjällskogen. *Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift*, 10(1):1–76, 10(2):97–146.
- Nohrstedt, H-Ö. 1985. Non-symbiotic nitrogen fixation in the top soil of some forest stands in central Sweden. *Can. J. For. Res.* 15: 715–722.
- Nohrstedt, H-Ö. 1988. Nitrogen fixation (C₂H₂-reduction) in birch litter. *Scand. J. For. Res.* 3: 17–23.
- Nykvist, N. 1961. Björken som markförbättrare. En jämförelse mellan björkförna och granförna. (Summary: Birch as a soil improver. A comparison between the litter of birch and of Norway Spruce.) *Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift*, 59(3): 227–238.
- Nykvist, N. 1963. Leaching and decomposition of of water soluble organic substances from different types of leaf and needle litter. *Studia For. Suecica* nr 3, 1963.
- Odin, H. 1974. Några meteorologiska förändringar vid hyggesupptagning. *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift*. Nr 1, 1974: 60–65.
- Olsen, R.A., Odham, G. & Linberg, G. 1971. Aromatic substances in leaves of (*Populus tremula*) as inhibitors of mycorrhizal fungi. *Physiol. Plant.* 25: 122–129.
- Ottosson-Löfvenius, M. 1993. Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Ecology. Dissertation. Umeå 1993.
- Ozols, G.E. 1960. Vrediteli osnovnyh kul'tur na primoskih djunah rizkogo zaliva. (Pests of pine stands on the coastal dunes of the Riga Bay). *Zoologiceskij zurnal* 39: 63–70.

- Palo, I. 1986. Vårthjörkens fröspridning, frögroning och plantetablering. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 84(5): 20–27.
- Persson, P. 1975. Stormskador på skog – uppkomstbetingelser och inverkan av skogliga åtgärder. (Summary: Windthrow in forests – it's causes and the effect of forestry measures.) (Rapport 36, Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion), 295 s.
- Pettersson, N. 1986. Korridorrensning i självsådd tallungskog. (Rapport nr 17, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion), 22 s. Garpenberg.
- Pettersson, N. 1992. The effect on stand development of different spacing after planting and precommercial thinning in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. Doktorsavhandling. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, Rapport nr. 34. Garpenberg.
- Piri, T., Korhonen, K. & Sairanen, A. 1990. Occurrence of (*Heterobasidium annosum*) in pine and mixed spruce stands in southern Finland. Scand. J. For. Res. 5(5): 113–125.
- Rahteenko, I. N. 1950. Påverkan på utvecklingen av trädens rotsystem i blandskog (översättning från ryska). Lesnoje Hozjagstvo 4. Moskva.
- Raulo, J. & Mälkönen, E. 1976. Natural Regeneration on Tilled Mineral Soils. Folia Forestalia, No. 252.
- Rennerfelt, E. 1946. Om rottrötan (*Polyporus annosus* Fr.) i Sverige. Dess utbredning och sätt att uppträda. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut 35(8): 1–88.
- Rice, E. L. 1984. Allelopathy. Second ed. Academic Press. 412 pp.
- Robertsdotter-Gnojek, A. 1992. Physiological response of suppressed norway spruce to release from overstory birch. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept of Forest Yield Research. Thesis. 15 sid.
- Saetre, P. 1998. Soil organisms, ground vegetation and ecosystem processes in mixed stands of Norway spruce and birch. Silvestria 54. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala
- Sarvas, R. 1948. A research on the regeneration of birch in mixed stands of Norway spruce in south Finland. Comm. Inst. For. Fenn. 35(4), 91 s.
- Sarvas, R. 1952. On the Flowering of Birch and the Quality of the Seed Crop. Comm. Inst. For. Fenn. 40(7), 37 s.
- Sirén, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Acta For. Fenn. 62.
- Tham, Å. 1987. Tvåskiktade bestånd av gran och björk – ett sätt att öka produktionen? Skogen i energiförsörjningen. Skogsfakta konferens nr 10: 46–51.
- Tham, Å. 1988. Yield prediction after heavy thinnings of birch in mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). (Sammanfattning: Produktionsförutsägelser vid kraftiga gallringar av björk i blandbestånd av gran och björk (Rapport 23,

- Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion), 36 pp. Garpenberg.
- Tilman, D., Lehman, C. L. & Thomson, K. T. 1997. Plant diversity and ecosystem productivity: theoretical considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94: 1857–1861.
- Troedsson, T. 1983. Will it be possible to prevent further acidification of forest soils by planting broadleaved trees? In: *Ecological effects of acid deposition*. National Swedish Environment Protection Board. Report PM 1636: 257–264.
- Troedsson, T. 1985. The influence of broadleaved trees on long-term productivity of forest soils. In: Hägglund, B. & Peterson, G. (eds), *Broadleaves in Boreal Silviculture – an obstacle or an asset?* (Rapport nr 14, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel), 37–49.
- Troedsson, T. & Utbult, K. 1974. Hydrologiska och markfysikaliska förändringar genom kalhuggning. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 1: 66–73.
- Venn, K. 1982. Treslag i relasjon til klimatiske skader og soppsykdommer. *Tidsskrift for Skogbruk* 90: 180–185.

Drivnings- och transportsystem

- Brunberg, B. 1983. Klippmyran, en fällare-lunnare för gallring – metodgranskning. *Skogsarbeten*. Resultat nr 20 1983.
- Brunberg, B. & Lindman J, 1987. Studie av lillebror fällare-sammanförare – En resultatsammanställning som underlag för ekonomisk analys. *Skogsarbeten*. Stencil 1987-10-27.
- Brunberg, B. Lindman, J. & Nordén, B. 1988. Lillebror FS 0410 – en fällare-sammanförare för gallring. *Skogsarbeten*. Resultat nr 2 1988.
- Brunberg, B. 1991. Tillvaratagande av skogsbränsle – träddelar och trädrester. *Skogsarbeten*. Redogörelse nr 5 1991.
- Gullberg, T. Johansson, J. & Liss J-E, 1997. Pilotstidie av skogsbränsleuttag med flerträdshanterande fälldon i klen skog. *SLU. Arbtsdokument nr 2* 1997.
- Gullberg, T., Johansson, J. & Liss, J.-E. 1998. Studie av system EnHar vid uttag av skogsenergi i unga bestånd. – Hamrestudien. *Högskolan i Dalarna, Skogsindustriella institutionen*. Arbetsdokument nr 9.
- Jonsson, T. 1986. Buntning av träddelar, småträd och avverkningsrester – tidsstudie av SLYMAN och en systemanalys. *Skogsarbeten*. 1986-04-03.
- Nordberg, M. 1987. Kan man gallra med stickvägsavstånd mindre än 25 m? *Skogsarbeten*. Redogörelse nr 3 1987.
- Nordén, B. 1998. FGS 500 B – Flerträdshanterande fälldon, SkogForsk. *Arbetsrapport nr 395* 1998.
- Pedersen, J. 1985. Silvatec flerträdshanterande fälldon vid uttag av träddelar hos Stora Skog AB. *SkogForsk*. Stencil 1995-11-24.

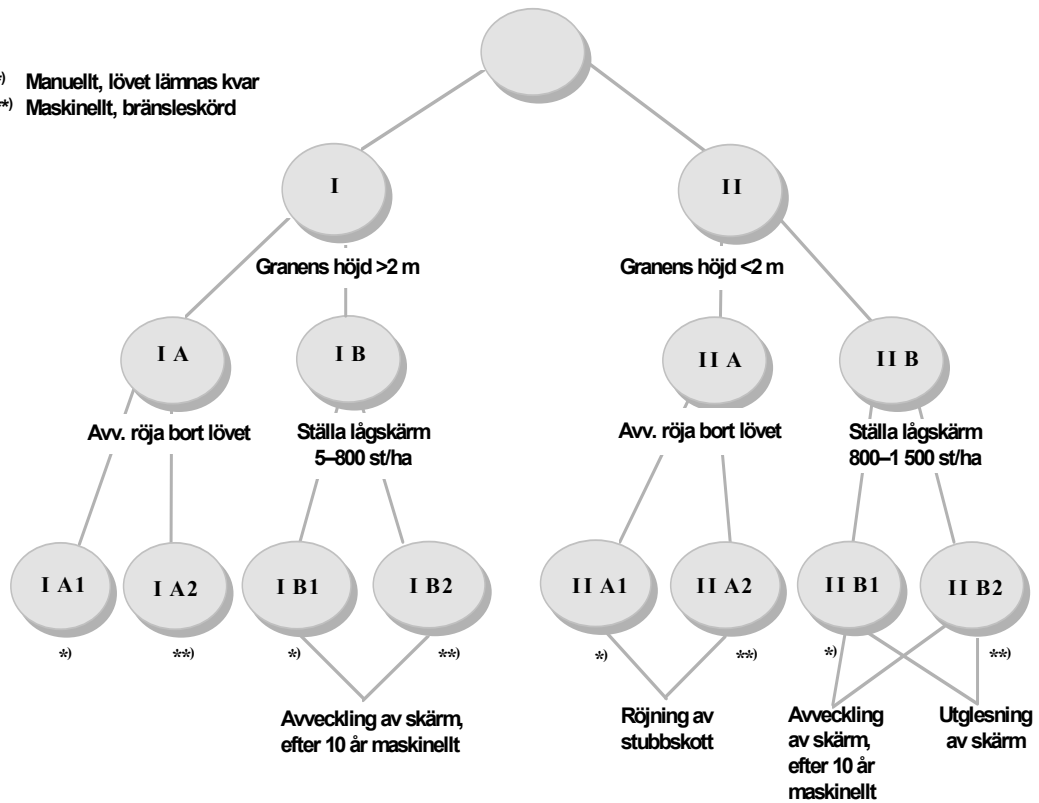
Persson, J. 1994. Skogsbränsle från gallring – studie hos Mälarskog av fällning och skotning av bränsleträddelar. SkogForsk. Stencil 1994-12-20.

Tänkbara modeller för skötsel av oröjda granbestånd med stor lövinblandning

Förutsättningar: 15-25 år, förväxande löv
(höjd >5 m) med granunderväxt

Oröjda granbestånd

- *) Manuellt, lövet lämnas kvar
- **) Maskinellt, bränsleskörd



Tänkbara modeller för lågskärm av björk på granmarker

