



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 876–2015

## Lågskärm av björk på granmark

– modellering av beståndsutveckling och ekonomisk analys

## The use of birch as a shelter in young Norway spruce stands

– modelling stand development and economic outcome

Staffan Jacobson



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 876-2015

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

## Titel:

Lågskärm av björk på granmark.  
– modellering av beståndsutveckling och ekonomisk analys.  
The use of birch as a shelter in young Norway spruce stands.  
– modelling stand development and economic outcome.

## Bildtext:

Outglesad lågskärm av björk över en granföryngring.  
Foto: Staffan Jacobson.

## Ämnesord:

Blandskog, markvärde, röjning, skärmtäthet.  
Mixed stand, soil expectation value, pre-commercial thinning, shelter-wood density.

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2015

ISSN 1404-305X



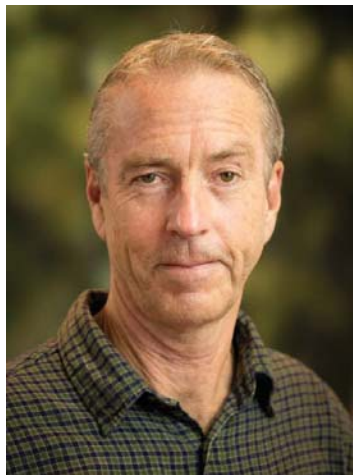
**SKOGFORSK**

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



**Staffan Jacobson, SkogD.** Studerar olika skötselåtgärders effekter på skogsproduktionen.

## Abstract

Interest in mixed stands, especially a mix of Norway spruce and birch, has grown in Sweden in recent decades. When managing mixed stands, the different growth patterns of the different tree species must be taken into account. One option is to utilise the fast initial growth of the birch to act as a shelter for the Norway spruce. Several studies have shown that it is possible to increase the total volume production in such stands compared to monocultures of Norway spruce. However, since the growth of the Norway spruce is hampered by a dense birch shelter, the birch is normally removed at an early stage.

The aim of this study was to analyse the economic outcome of different scenarios where birch is used as a nurse stand together with young Norway spruce seedlings, and is harvested for bioenergy. The scenario is compared with the outcome of the traditional silvicultural management system in Sweden, including repeated pre-commercial thinning of the broadleaf trees (reference scenario). However, the empirical basis regarding tree growth in these kind of stands is limited. Consequently, the modelling uses a number of assumptions based on results from relevant studies. The results from the increment simulations, together with the economic calculations, are presented in the form of 'break-even' points, i.e. how many years of prolonged rotations the different shelter-wood scenarios can bear when comparing with the outcome of the reference scenario. Results regarding net present value and soil expectation values were calculated with three levels of internal rates of return (2, 2.5, and 3% respectively).

Depending on site quality class and density of the shelter-wood, the turn of the 'break-even' point varied between 2–5 years of prolonged rotation, irrespective of internal rate of return. Managing a denser shelter increased the income at harvesting, but also increased the risk of hampering the growth of the Norway spruce layer and the risk of damage to the plants when the shelter is harvested.

The method must be regarded as an intensive silvicultural system, requiring good local knowledge of the suitability of the site, as well as a great deal of flexibility and supervision. When this system is under consideration, many questions and problems are involved, but it clearly has a great potential. In order to improve decision support tools, it is vital to achieve more empirical data.

# Förord

Detta arbete ingick som en delstudie i projektet ”Beståndsanläggning och skötsel av täta ungskogar för tidigt uttag av bränsle” och finansierades av Energimyndigheten.

Uppsala 2015-09-15

Staffan Jacobson

# Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning .....	3
Bakgrund och litteraturgenomgång.....	4
Allmänt om lågskärmar .....	4
Björkens föryngring.....	6
Fröproduktion, -spridning och -groning .....	6
Stubbskott .....	7
Faktorer som kan påverka stubbskottsbildningen.....	7
Skärmtäthet och stubbskott.....	8
Blandskogseffekt .....	9
Ekologisk stabilitet .....	9
Effekter av ökad lövinblandning på beståndsklimat, mark, vegetation och skador.....	10
Beståndsklimat.....	10
Marktillstånd.....	12
Vegetation.....	13
Allelopati .....	14
Skador .....	15
Produktionseffekter vid ökad lövandel i granbestånd.....	16
Björk och gran i enskiktad blandning .....	16
Björk och gran i tvåskiktad blandning.....	17
Effekter av skärmens avveckling .....	18
Fysiologiska skador på föryngringen.....	18
Plantornas tillväxtreaktion efter avvecklingen .....	19
Stickvägar .....	20
Ökat uttag av biomassa – produktionsaspekter.....	21
Självföryngring av gran under en lågskärm av björk.....	21
Material och metoder .....	22
Lågskärm av björk i granplantering - modeller .....	22
Förutsättningar och antaganden vid de olika lågskärmsmodellerna .....	23
Generella förutsättningar .....	23
Kostnader och intäkter vid björkskärmens avveckling.....	24
Förutsättningar vid simulering av granbestånden under en omloppstid .....	25
Björkskärmens effekter på granbeståndets tillväxt och ekonomi .....	25
Ekonomisk analys.....	26
Resultat och diskussion.....	26
Naturvårdsaspekter .....	28
Konklusion.....	28
Referenser .....	32
Personligt meddelande .....	39

## Sammanfattning

Intresset för blandskogar, i synnerhet björk och gran, har ökat under senare tid. En satsning på olika arters växtrytm gör det möjligt att tidigt få ett ekonomiskt utfall av virke från lövträd i en mer långsamt växande barrskog. Att ställa en lågskärm av björk kan vara ett alternativ till total lövröjning i granföryngringar. 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 björkstubbkottens höjdtutveckling, vilket i gynnsamma fall minskar behovet av lövröjning. En lövskärm kan också ge ett värdefullt tillskott av biobränsle eller massaved. En nackdel är att skärmen medför att dimensionsutvecklingen i det underliggande granskiktet hämmas. 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.

Syftet med denna studie var att modellera det ekonomiska utfallet för olika skötselsystem med lågskärm av björk, på två olika ståndorter, i förhållande till ett konventionellt skötselsystem med upprepade lövröjningar. Det empiriska underlaget vad gäller tillväxtens utveckling i en lågskärm av björk över gran är begränsat. Modellerarna tvingas av denna anledning att bygga på ett antal antaganden. För att belysa ämnets komplexitet och resultatens stora variation, samt för att motivera i modellen valda antaganden, gjordes en genomgång av litteraturen.

Resultaten från produktionssimuleringarna, tillsammans med de ekonomiska beräkningarna, redovisas i tabellform, med "break-even"-punkter, d.v.s. hur många års förlängd omloppstid de olika skärmalternativen tål vid en ekonomisk jämförelse mot konventionell skötsel av planterad gran (referens). Beräkningar av nuvärde och markvärde gjordes med 2, 2,5 respektive 3 procent kalkylränta.

I det scenario att björkskärmen inte på något sätt minskar mängden skördad granbiomassa så gav samtliga skärmalternativ högre markvärden än referensalternativet. Dock måste man komma ihåg att enbart produktionsförlusterna genom tidigareläggandet av stickvägsnätet motsvarar ca två års förlängd omloppstid. På ståndortsindex G26 tålde samtliga skärmalternativ fyra till fem års förlängd omloppstid, oberoende av vald kalkylränta. På den bördigare ståndorten (G32) varierade "break-even" punkten mellan två och fem år, beroende på tätheten av skärmen vid avvecklandet. Fler stammar i samband med avvecklingen av skärmen innebär en större mängd avverkningsbar biomassa och därmed ett högre avverkningsnetto. Samtidigt är det viktigt att påpeka att en tätare skärm sannolikt har en större inverkan på granens tillväxt samtidigt som risken för skador på granstammarna ökar i samband med avverkningen av skärmen.

Metoden med lågskärmar 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. Lågskärmar har säkerligen sitt berättigande även i ett mer storskaligt skogsbruk, men då kanske i första i de bestånd där dagens schabloniserade föryngringsmetoder inte är helt gångbara, t.ex. marker med hög frostrisk och på fuktiga till blöta marker.

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

## Bakgrund och litteraturgenomgång

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 björkstubbkottens höjdtveckling, 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 flerträdshanterande 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.

Syftet med denna studie var att beräkna det ekonomiska utfallet för olika skötselsystem med lågskärm av björk, på två olika ståndorter, i förhållande till ett konventionellt skötselsystem med upprepade röjningar. Då det empiriska underlaget vad gäller tillväxtens utveckling i en lågskärm av björk över gran är begränsat, tvingades modelleringarna att bygga på ett antal antaganden. För att belysa ämnets komplexitet och resultatens stora variation, samt för att motivera i modellerna valda antaganden, gjordes en genomgång av litteraturen.

### 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 pionjärträdslag en god förmåga att snabbt kolonisera kalmark och en snabb ungdomstillväxt, medan granen såsom sekundärträdslag är skuggtålig och kan etablera sig under björken. För att sedan ta till vara granens mer uthålliga produktion måste björkskärmen under en 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; Bergqvist, 1999).

Förutom en eventuell merproduktion kan en lågskärmsmetod, i jämförelse med konventionell för yngning 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 eventuellt 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 för yngningsmetoder. De senaste årens utveckling av flerträdshanterande 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 tät måste en skärm vara för att hämma tillväxten av stubbskott och därmed undvika behovet av en extra röjning?
- I vad mån hämmar björkskärmen tillväxten i den underliggande granför yngningen?
- Vad ett eventuellt skogsbränsleuttag i samband med utglesning och avveckling av lövskärmen kan tänkas få för konsekvenser på ståndortens långsiktiga produktionsförmåga och på dess biodiversitet.

## 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 procent 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 pionjärträdslag 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/m<sup>2</sup> på 100 meters avstånd. 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 markbereder.

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 groningsbetingelserna 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 groningsbetingelserna 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 mjålajordar är groningsbetingelserna 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 avverkningstillfället. 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 stubbskottsbildning 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 (Haveraaen, 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) och 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 maj-juni.

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 stubbskotts-frekvens 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 procent 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 i dag är dåligt studerad, är skärmens inverkan på stubbskotts-frekvensen genom näringskonkurrens. En intressant frågeställning är huruvida björkstubb-skott 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 stamtal. Björkkronornas struktur har också en mycket stor betydelse. En lågskärm som röjs fram i ett mycket stamtätt björkbestånd måste sannolikt hålla ett mycket högre stamtal, 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* (L.) Karst.) och silvergran (*Abies alba* Mill.), 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 ljuskra, 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; Gamfeldt m.fl., 2013). Forskningsområdet är dynamiskt men hittills tycks inga generella slutsatser ha 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 procent 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 (1997) att lövandelan i de bördigare delarna av den s.k. naturskogen var ca 25 procent 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 trädslag 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 trädslag 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 marktemperatur, 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 minimitemperaturen bl.a. genom att kronskiktet förhindrar värmeutstrålning under natten. Träden magasineras också värme under dagen vilken kan stråla ut i beståndet under natten. Ju högre skärmträden är, desto större effekt har de på minimitemperaturen 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 stamtätt (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 <sup>3</sup> sk/ha	Skillnad i min.-temp °C
7,6	1 200	21	+4
7,0	1 600	35	+3,5
7,0	1 000	13	+3
5,0	3 100	10	+3
5,0	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 och 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 hårdighetsutveckling, 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 markförsurning (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 yttre morfologi.

Nohrstedt (1985, 1988) fann att kvävefixeringen från icke-symbiotiska mikroorganismer i markens 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 förnanedbrytning 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 fältskikt. Döda gräsrötter kan ha ett positivt inflytande på det översta markskiktets aggregatstruktur (Nykvist, 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 procent 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 procent) 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 procent 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 försumpningsproblem p.g.a. minskad transpirerande yta (Troedsson & Utbult, 1974), vilket kan försvåra förnyringen av gran. Problemet kan minskas om självförnygrad 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 kärleväxter och täckningsgrad. Likväl ökade antalet kärleväxter 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 försumbar 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 sykomorlönn (*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 mykorrhizasvampar (Olsen, m.fl., 1971). Mezibovskij m.fl. (1977) 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 möjligheten i att björkrötter i äldre bestånd utsöndra ämnen som verkar tillväxthämmande på granrötterna.

Frivold (1982) 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 som var starkare än fototropismen. Den påverkade barrrens 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 belägg 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 s.l.*) 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 rötffrekvens 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 rötffrekvensen 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. Rahtenko (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. Vid en uppföljning av stormen Gudrun fann Valinger och Fridman (2011), vid en genomgång av material från Riksskogstaxeringen, att en ökad lövinblandning (avlövade träd vid tidpunkten för stormen) minskade sannolikheten för skador.

### **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 procent, med ett medeltal på 11 procent för samtliga ytor. Liknande skadenivåer (15 procent) rapporterades av Fahlvik m.fl. (2011) i studie i ungskog.

Genom att skärmen kan hindra eller begränsa frostskaador på granen, undviks i hög grad toppskador i form av klykor och stamkrökar till följd av att en gren ersatt en frostsklad 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 (1989) 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 lövträdinblandningen 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**

Ett antal nordiska produktionsundersökningar avseende kombinationen gran och vårt- och glasbjörk har genom åren presenterats (Jonsson, 1962; Frivold, 1982; Mielikäinen, 1985; Agestam, 1985; Frivold & Frank, 2002; Ekö m.fl., 2008; Fahlvik m.fl., 2011). Flertalet av 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 volymproduktionen 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. Plantskogsstudiet 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<sup>-1</sup>). Björkskärmarna avvecklades vid 25 års ålder. Med stöd av en produktionsmodell baserad 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 procent 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 kompensades tre gånger om av produktionen i skärmen.

Josefsson och 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 frostlänt mark. Resultaten kunde dock inte belysa i vad mån björkskärmen påverkat granarnas tillväxt då granarna på den totalröjda jämförelseytan hade drabbats av tillväxtnedsättande 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 och Dietrichson (1997) 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 stammar per hektar) hade fram till 25 års totalålder i genomsnitt producerat motsvarande 75–90 ton torrsubstans per hektar.

Klang och Ekö (1999) redovisar resultat från sex försök med björkskärm över gran. Vid revision 16–32 år efter plantering var granens produktion i genomsnitt 36 procent lägre jämfört med om granen växt utan överskärmande björkar. Med beaktande av de enskilda försöken medeltillväxt och effektperiodernas längder motsvarade dessa tillväxtförluster i genomsnitt 4,2 års tillväxt. Om man inkluderade skärmträden var dock den totala tillväxten högre på ytorna med björkskärm. Författarna fann också att en lågskärm av björk invercade gynnsamt på granens kvalitet genom en klenare kvist och färre frostrelaterade skador, såsom sprötkvist och dubbeltopp.

Johansson (2001) redovisar resultat från nio försök med gles björkskärm (500 stammar/ha). Vid inmätning 13–15 år efter skärmställning var medeltillväxten för granar som stått under skärm ca 10 procent lägre jämfört med granar i rena granbestånd, motsvarande ca 2 års tillväxt.

Den slutsats man måste dra, efter genomgång av befintlig litteratur, är att fakta-underlaget vad gäller skärmbeståndets produktion i ungskogsstadiet 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 ungskogsrutiner, som bygger på material från återkommande taxeringar av föryngringar från 1950-talet (jfr. Elfving, 1982; Elfving & Nyström, 1984). Utifrån detta material har Fahlvik och Nyström (2006) utarbetat höjdtillväxtfunktioner för enskilda träd samt statistiska höjd-diametersamband. Dessa funktioner gör ingen uppdelning mellan vårt- och glasbjörk. Det är dock ingen stor tillväxtskillnad mellan dessa arter i ungskogsstadiet (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 AVECKLING**

### **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 skuggbarren kan inte stänga vid en plötslig friställning, och transpirationsförlusterna blir därför större. Vid avvecklingen av skärmen ökar ljusstillsförseln 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 och 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 meter 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 2,0 – 3,5 meter 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.

Den generella uppfattningen är dock att granen och dess tillväxt successivt återhämtar sig efter avveckling av skärmen. Enligt Kneeshaw m.fl. (2002) sker återhämtningen av tillväxten först under mark, i trädens rötter, och enligt Metslaid m.fl. (2005) tar det 4–5 år innan granen har anpassat sig fullt ut till den nya situationen.

Tidpunkten för avverkningen påverkar också skadorna. Jeansson och 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; Bergan, 1971).

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

## STICKVÄGAR

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

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 meter in i beståndet från stickvägskant. Merparten av denna effekt avsättes dock på träden närmast stickvägen (Eriksson, 1987; Isomäki & Niemistö, 1990). Denna merproduktion ska vägas mot risken för rotskador på just dessa träd.

Ett stickvägsavstånd av 20 meter och 4 meters stickvägsbredd ger en stickvägsareal som upptar 20 procent av arealen. Ett försiktigt antagande är att den maskinella avvecklingen av skärmen leder till produktionsförluster motsvarande minst 10 procent 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 förstagallringen. Om vi antar ett gallringsuttag på 30 procent och att hälften av detta gallringsuttag skulle ha legat i stickvägen, så skulle konsekvensen kunna bli ett halverat 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, betydligt 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 sammanföring av björkstammar, och dels tänkas vara skador på rötter samt indirekta negativa tillväxteffekter i samband med ökad markkompaktering.

## **ÖKAT UTTAG AV BIOMASSA – PRODUKTIONSASPEKTER**

Skogsbränsleuttag i samband med gallring brukar i genomsnitt leda till produktionsförluster på 5–10 procent med en varaktighet av 10–20 år, beroende på bonitet (Jacobson & Kukkola, 1999; Jacobson m.fl., 2000). När det gäller tillväxtförluster orsakade av bortförande av biomassa i yngre bestånd finns det tyvärr mycket få resultat hittills. Det mesta tyder dock på att bränsleuttag i yngre bestånd ger produktionsförluster på samma sätt som vid uttag i samband gallring och slutavverkning, och att det är den extra mängden uttagen växt-näring (kväve) som styr storleken på produktionsförlusten (Jacobson m.fl., 2000).

## **SJÄLVFÖRYNGRING AV GRAN UNDER EN LÅGSKÄRM AV BJÖRK**

Naturlig förnygring av gran bör i vissa fall kunna tillämpas även utan en fröför-sörjande 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 förnygrad gran.
- Bestånd där man innan avverkning redan har en riklig beståndsförnygring.
- Frisk-fuktiga till fuktiga marker utan alltför riklig/besvärande markvegetation i hyggesfasen.

Lågskärm av björk i kombination med naturlig förnygring av gran skiljer sig i vissa aspekter från modeller 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 förnygringen är lyckosam så är plantuppslaget oftast mycket rikligt, vilket gör att man också lättare kan acceptera en del avgångar i barrförnygringen i samband med utglesning och avveckling av lågskärmen. Man skulle också kunna tänka sig att de naturligt förnygrade granarna redan från början är bättre anpassade till ”överskärming” (skuggbarr från början), framför allt de plantor som insätts efter björken.

# Material och metoder

## LÅGSKÄRM AV BJÖRK I GRANPLANTERING - MODELLER

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 höjdtutveckling.
- **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 höjdtutveckling och volymtillväxt. Vid stort älgbetestryck 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.

Vi analyserade fyra olika skötselmodeller för ”lågskärm av björk på granmarker”, var och en med två olika röjningsprogram. Samtliga modeller är framskrivna för två ståndortsindex, G26 och G32. Modellerna är i viss mån inriktad mot mer extensiv skötsel. Alternativet utan skärm, med en respektive två röjningar betraktades som referenssystem, som skärmalternativen sedan jämfördes mot.



I		Ej skärm.
	I A	En lövröjning, år 7 (G32) respektive år 8 (G26).
	I B	Två lövröjningar, år 7 respektive 8 och år 12 respektive 14.
II		Ställande av skärm, år 7 (G32) respektive år 8 (G26) 1 000 stammar per hektar. Avveckling av skärm år 20 respektive år 28.
	II A	Ej röjning av stubbskott.
	II B	Röjning av stubbskott, år 11 respektive år 14.
III		Ställande av skärm, år 7 (G32) respektive år 8 (G26). 1 500 stammar per hektar. Avveckling av skärm år 20 respektive år 28.
	III A	Ej röjning av stubbskott.
	III B	Röjning av stubbskott, år 11 respektive år 14.
IV		Ställande av skärm, år 7 (G32) respektive år 8 (G26). 3 000 stammar per hektar. Avveckling av skärm år 20 respektive år 28.
	IV A	Utglesning av skärm till 1 000 stammar per hektar, år 14 respektive år 18.
	IV B	Utglesning av skärm till 1 500 stammar per hektar, år 14 respektive år 18.

I alternativ IV (A och B), med ställande av en relativt tät skärm (3 000 stammar/ha), antogs att det ej skulle uppstå något behov av stubbskottsröjning.

## FÖRUTSÄTTNINGAR OCH ANTAGANDEN VID DE OLIKA LÅGSKÄRMSMODELLERNA

### Generella förutsättningar

- Granföryngringar med riklig förekomst av självföryngrad björk som behöver åtgärdas.
- Granplantorna är lägre än björken.
- Marken är ej frostlänt.
- Eventuell utglesning av skärm görs motormanuellt utan några uttag av trädbiomassa.

Beståndsdata för de olika björkskärmarna vid tidpunkt för avveckling, dvs. vid 20 respektive 28 års ålder (vid SI G32 respektive G26), visas i Tabell 2. Framskrivningen av björkarnas tillväxt gjordes med hjälp av enskilda trädfunktioner enligt Fahlvik och Nyströms (2006) för den tidiga fasen samt med Söderbergs (1986) tillväxtfunktioner när den grundtevägda medelhöjden är högre än 9 meter. Vid den maskinella avvecklingen av skärmen anläggs ett stickvägsnät med 20 meter stickvägsavstånd och 4 meter stickvägsbredd, vilket ger en stickvägsareal som upptar 20 procent av arealen.

Tabell 2.

Beståndsdata per hektar hos de olika björkskärmarna vid tidpunkt för avveckling.

Sl, m	stam- antal	grundyta, m <sup>2</sup>	volym, m <sup>3</sup> sk	m <sup>3</sup> fub	dgv, cm	hgv, m	ton (ts) <sup>a</sup>	m <sup>3</sup> s <sup>b</sup>
G26	1 000	11,5	68	52	12,0	12,1	41,2	223
G26	1 500	14,4	86	67	11,0	12,1	49,2	266
G32	1 000	11,3	68	55	12,6	12,3	42,9	232
G32	1 500	16,0	100	77	11,6	12,3	58,5	316

<sup>a</sup> Enligt Repolas (2008, 2009) biomassafunktioner.<sup>b</sup> Enligt omräkningsfaktor: 1 ton ts = 5,405 m<sup>3</sup>s.

Att redan initialt ställa glesa skärmar som ej behöver glesas ut 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 skärmens förmåga att hämma stubbskottsbildningen. Av denna anledning har vi i dessa modeller lagt till alternativ med kompletterande röjning av stubbskott.

Efter avvecklingen av skärmen antas bestånden ha samma utseende och trädslagsfördelning vid samtliga skötselalternativ. Därefter antas också bestånden ha likartad utveckling varför netto från andragallring och slutavverkning satts till samma belopp.

### Kostnader och intäkter vid björkskärmens avveckling

Tidsåtgångarna för avverkning och skotning i avveckling av björkskärm har beräknats med uppdaterade prestationsfunktioner avsedda för internt bruk på Skogforsk (Brunberg, pers. medd. 2014). Skördarprestationen är i denna funktion beroende av uttagets medelstamsvolym, antal uttagna stammar per hektar och antal stammar per hektar som står kvar efter åtgärden. Prestationen i avverkningen har korrigerats med ett avdrag för flerträdshantering enligt Brunberg (2011). Skotningsavståndet har satts till 370 meter (Brunberg, 2012) och skotarens körhastighet till 60 m/G<sub>15</sub>-minut (Eliasson & Brunberg, 2013). Skotarlasset i kalkylen är 12 m<sup>3</sup>fub. Skördarkostnaden i beräkningen har varit 1 023 kr/G<sub>15</sub>-timme och skotningskostnaden 819 kr/G<sub>15</sub>-timme (Brunberg, 2012).

De priser som användes i kalkylerna skall spegla en relevant marknadsnivå inom södra Sverige. Bruttopriset på bränsleflis (flisad volym i container vid bilväg) sattes till 110 kr per m<sup>3</sup>s (Södra Skogsägarna, vintern 2014). Från detta värde drogs sedan en kostnad för flisning, 40 kr per m<sup>3</sup>s, vilket gav ett nettopris om 70 kr per m<sup>3</sup>s.

## Förutsättningar vid simulering av granbestånden under en omloppstid

Markberedning och plantering med 2 200 (G26) respektive 2 500 (G32) plantor per hektar. Båda ståndorterna gallrades två gånger före slutavverkning, vilken utfördes år 78 (G26) respektive år 60 (G26).

Ungskogen skrevs fram till ca 10 meters övre höjd (öh) med hjälp av Petterssons (1992) röjningsfunktioner. Vid 10 meters öh stoppades alla beståndsdata från nämnda röjningsfunktioner in i beståndssimulatorens SkogProd (populärt kallat Pudeln), vilket är en produkt framtagen i samarbete mellan Skogforsk och SLU. Lämpliga gallringstidpunkter togs fram med stöd av planeringsverktyget INGVAR (Jacobson, m.fl., 2008). Från beståndssimulatorens erhöjls alla skogliga data (exv. stamantal, grundyta, dgv, m<sup>3</sup>fub, medelstam etc.) vid valda tidpunkter för gallring och slutavverkning. Med hjälp av inbyggda diameter- och höjdfördelningsfunktioner erhöjls även trädlistor, som utnyttjades vid aptering av enskilda träd vid slutavverkning. Samtliga gallringar utfördes som läggallringar. Intäkter från timmer och massaved uppskattades med hjälp av apteringsfunktioner (TimAn) och aktuella prislistor. Kostnader för avverkning och skogsvård skattades med hjälp av mest aktuella tidsåtgångsfunktioner samt statistik för maskin- och lönekostnader. För mer detaljerade beskrivningar av metodiken, se Sonesson m.fl. (2013).

## Björkskärmens effekter på granbeståndets tillväxt och ekonomi

Vid en kostnads- och intäktsanalys är det lämpligt att sätta in skärmens eventuellt negativa effekter på skogsproduktionen (stickvägseffekten, skogsbränsleuttaget, hämning av granens tillväxt) i form av förlängd omloppstid.

- Som redovisats ovan så är erfarenheterna av skärmens hämmande effekt på granunderväxtens tillväxt mycket varierande. I litteraturen redovisas tillväxtförluster motsvarande alltifrån noll till fem års tappad produktion. Av denna anledning har vi i de fortsatta analyserna räknat på ett antal olika scenarier vad gäller förlängning av omloppstiden.
- Tidigareläggandet av ett stickvägsnät, som upptar 20 procent av arealen, antas leda till produktionsförluster motsvarande 10 procent fram till första gallringstillfället av granen (jämför. resonemang ovan). Denna produktionsförlust motsvarar ca 2 års förlängd omloppstid för båda analyserade ståndortsindex. Denna tillväxtreduktion (10 procent) i granbeståndet fram till första gallring är sannolikt ej tilltagen i överkant. Genom att köra fram samma bestånd med samma funktioner (Pettersson, 1992), fast med 10 procent färre plantor per hektar i utgångsläget, får man en minskad volymproduktion motsvarande 9 procent, trots att plantorna i det fallet står jämnt fördelade över arealen.
- Fördyrad 1:a gallring av granen. Då en betydande andel av gallringsuttaget i en förstagallring normalt ligger i stickvägen, kan detta få stor betydelse för ekonomin i förstagallringen. Om vi antar att hälften av gallringsuttaget skulle ha legat i stickvägen, så skulle konsekvensen kunna bli ett halverat gallringsuttag.
- Ett extra bränsleuttag innebär också att mer kväve förs ut från beståndet, vilket brukar leda till vissa tillväxtnedsättningar.
- Förutom dessa direkta produktionsförluster tillkommer den ökade risken för skador på granbeståndet i samband med den maskinella skärmavvecklingen.

## Ekonomisk analys

Markvärden (enl. Faustmann, 1849) för de olika scenarierna och de två stånd-  
orterna beräknades genom att kombinera resultaten från virkesutfall, drivnings-  
kostnader och skogsvårdskostnader vid de olika ingreppen, samt med olika  
förlängning av omloppstiden i skärmlalternativen. Vi har dessutom gjort känslighetsanalyser där vi testat hur markvärden för de olika scenarierna påverkas  
av varierande ränta (2,0, 2,5 respektive 3 procent).

Faustmanns formel:

$$SEV_u = \left( \sum_{t=0}^u NR(t) \times (1+i)^{-t} - C \right) \times \frac{(1+i)^u}{(1+i)^u - 1}$$

Där:

$SEV$	=	markvärdet, kalmarksvärdet (kr/ha).
$t$	=	tid i år.
$u$	=	omloppstidens längd, år.
$NR(t)$	=	avverkningsnetto år $t$ (kr/ha). Avser valfritt antal gallringar + en slutavverkning.
$i$	=	kalkylränta.
$C$	=	nuvärdet av anläggningskostnaderna.

För att göra de olika skötselalternativen och maskinsystemen jämförbara dis-  
konterades alla kostnader och intäkter fram till slutavverkning tillbaka till år 0.  
Efter avvecklingen av skärmen antogs bestånden ha samma utseende och träd-  
slagsfördelning vid samtliga skötselalternativ. Därefter antogs också bestånden  
ha likartad utveckling varför netto från andragallring och slutavverkning sattes  
till samma belopp i samtliga scenarier.

## Resultat och diskussion

Intäkter och kostnader samt beräknade nuvärden vid 2,5 procent ränta för alla  
scenarier med två röjningar redovisas i Tabell 3. Markvärden för samtliga  
skötselalternativ, och vid tre olika kalkylräntor, redovisas i Tabell 4–5. Mark-  
värdena för referensalternativet utan skärm på ståndorten G26 uppgick vid  
exempelvis 2,5 procent ränta till 9 928 kronor/ha med en röjning samt  
8 419 kr/ha med två röjningar. Motsvarande resultat på ståndortsindex  
G32 var 34 992 kronor/ha med en röjning samt 33 166 kr/ha med två röj-  
ningar. Under förutsättning att björkskärmen inte på något sätt minskar mäng-  
den skördad granbiomassa så gav samtliga skärmlalternativ högre markvärden  
än referensalternativet. Dock måste man komma ihåg att enbart produktions-  
förlusterna genom tidigareläggandet av stickvägsnätet motsvarar ca två års för-  
längd omloppstid. Ovanpå detta ska skärmens hämmande effekt på granens  
tillväxt adderas. I Tabell 4–5 anges markvärdena för de olika skärmlalternativen  
vid förlängda omloppstider (1–6 år). Man kan här utläsa en ”break-even”-  
punkt, d.v.s. vilken förlängd omloppstid som skärmlalternativen gav ett ekono-  
miskt resultat i nivå med referensalternativet. Vid ytterligare förlängning av  
omloppstiden ger skärmlalternativen ett sämre ekonomiskt resultat. I de fall det  
finns behov av en tvåstegsröjning i referensalternativet så är sannolikheten  
mycket stor att det kommer att uppstå behov av stubbskottsröjning även i  
scenarierna med de relativt glesa skärmarna (1 000–1 500 stam/ha). Således bör  
man i dessa tabeller jämföra scenarierna med engångsröjningar för sig och två-  
stegsröjningar för sig.

På ståndortsindex G26 tålde samtliga skärmlalternativ fyra till fem års förlängd omloppstid. På den bördigare ståndorten (G32) blev det mer uttalade skillnader mellan de olika skärmlalternativen. För scenarie II (A och B; 1 000 stammar per hektar) hamnade ”break-even”-punkten redan vid två års förlängd omloppstid, medan den för scenarie III (A och B; 1 500 stammar per hektar), hamnade på fem års förlängd omloppstid. För de täta skärmlalternativen (scenarie IV A och B; 3 000 stammar per hektar och med utglesning av skärmen till 1 000 respektive 1 500 stammar per hektar), hamnade ”break-even”-punkten vid två års förlängd omloppstid vid den hårdare utglesningen, samt vid fem års förlängd omloppstid när man ställde kvar 1 500 stammar per hektar. Fler stammar i samband med avvecklingen av skärmen innebär en större mängd avverkningsbar biomassa och därmed ett högre avverkningsnetto. Samtidigt är det viktigt att påpeka att en tätare skärm sannolikt har en större inverkan på granens tillväxt samtidigt som risken för skador på granstammarna ökar i samband med avvecklingen av skärmen.

Lågskrämar är till sin karaktär en intensiv skötselmetod. För att metoden skall vara framgångsrik fordras sannolikt en hel del ”fingerspitzegefühl” kombinerat med god kännedom om hur metoden bör anpassas till lokala förhållanden. Dessutom kräver metoden en större flexibilitet och ökad övervakning, då resultaten 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 lågskrämar 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. Lågskrämar har säkerligen sitt berättigande även i ett mer storskaligt skogsbruk, men då kanske i första i de bestånd där dagens schabloniserade föryngringsmetoder inte är helt gångbara, exempelvis på 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 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 ytligt rotsystem på fuktiga marker.

De bestånd som är aktuella för denna typ av skötsel är i första hand friska till fuktiga granmarker. Detta kan medföra problem vid avverkning under barmarksperioden p.g.a. risken för sönderkörning av marken, speciellt i samband med utskotningen. Risken för sönderkörning bedöms vara större än vid konventionell förstagallring eftersom inget, eller betydligt mindre, armerande avverkningsrester (toppar och grenar) läggs i stickvägen.

Vid konventionell ungskogsskötsel utan lågskärm bör, enligt en gammal tumregel, barrplantorna vid en lövröjning ha uppnått minst 2 meters höjd för att stubbskotten ej ska hinna växa ikapp granen. Huruvida denna tumregel är giltig även i dagens ungsogar med högförädlade granplantor är dåligt känt, och bör studeras vidare i kontrollerade fältförsök. Om björken kan röjas vid ett tidigare stadium, d.v.s. vid en lägre höjd, skulle detta kunna vara positivt ur flera aspekter. Vidare, i den mån den naturligt föryngrade björken, i förhållande till snabbväxande förädlade granplantor, ej blir uttalat förväxande så kan detta även ha inverkan på björkens lämplighet som lågskärm, och/eller hur en sådan lågskärm på bästa sätt kan anläggas.

### **Naturvårdsaspekter**

Förekomst av äldre och även döende och döda lövträd är i barrdominerade bestånd en av de viktigaste kvalitetsaspekterna ur såväl fauna- som floravårds-synpunkt. De positiva aspekterna på naturvården och den biologiska mångfalden av en rationellt bedriven lågskärmsskötsel, 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 skärmavveckling, som görs vid en senare tidpunkt i beståndets utveckling, är möjligheterna för en ståndortsanpassning på mikronivå större, exempelvis frostsveckor och små blöthål. Därmed ökar björkens konkurrenskraft varmed sannolikheten för att det gallras bort i ett tidigt stadium minskar.

### **Konklusion**

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 granens tillväxt inte hämmas alltför mycket kan metoden ge ett bra ekonomiskt resultat även på längre sikt. Det finns därför anledning att fundera på hur beslutsunderlaget kan förbättras.

Tabell 3.

Kostnader, intäkter samt beräknade nuvärden vid 2,5 procent ränta i scenarierna I-IV B.

Scenario - G26	I B				II B				III B				IV B			
	2×röjning				skärm 1000+röjning				skärm 1500+röjning				skärm 3000-1500			
Åtgärd	Kostnad	Intäkt	Netto	Nuvärde	Kostnad	Intäkt	Netto	Nuvärde	Kostnad	Intäkt	Netto	Nuvärde	Kostnad	Intäkt	Netto	Nuvärde
Markberedning	2 070		-2 070	-2 070	2 070		-2 070	-2 070	2 070		-2 070	-2 070	2 070		-2 070	-2 070
Plantering	9 130		-9 130	-9 130	9 130		-9 130	-9 130	9 130		-9 130	-9 130	9 130		-9 130	-9 130
Röjning/skärmställning	1 951		-1 951	-1 601	1 951		-1 951	-1 601	1 951		-1 951	-1 601	1 951		-1 951	-1 601
Röjning stubbskott	1 821		-1 821	-1 289	1 851		-1 851	-1 310	1 851		-1 851	-1 310			0	0
Utglesning skärm			0	0			0	0			0	0	2 000		-2 000	-1 282
Avveckling skärm			0	0	11 243	15 588	4 345	2 176	13 406	18 615	5 209	2 609	13 406	18 615	5 209	2 609
Gallring 1	11 286	12 513	1 227	480	11 286	12 513	1 227	480	11 286	12 513	1 227	480	11 286	12 513	1 227	480
Gallring 2	9 482	16 866	7 384	1 995	9 482	16 866	7 384	1 995	9 482	16 866	7 384	1 995	9 482	16 866	7 384	1 995
Slutavverkning	22 980	138 452	115 472	16 827	22 980	138 452	115 472	16 827	22 980	138 452	115 472	16 827	22 980	138 452	115 472	16 827
GROT	7 307	20 890	13 583	1 979	7 307	20 890	13 583	1 979	7 307	20 890	13 583	1 979	7 307	20 890	13 583	1 979
<b>Scenario - G32</b>	<b>I B</b>				<b>II B</b>				<b>III B</b>				<b>IV B</b>			
	<b>2×röjning</b>				<b>skärm 1000+röjning</b>				<b>skärm 1500+röjning</b>				<b>skärm 3000-1500</b>			
<b>Åtgärd</b>	<b>Kostnad</b>	<b>Intäkt</b>	<b>Netto</b>	<b>Nuvärde</b>	<b>Kostnad</b>	<b>Intäkt</b>	<b>Netto</b>	<b>Nuvärde</b>	<b>Kostnad</b>	<b>Intäkt</b>	<b>Netto</b>	<b>Nuvärde</b>	<b>Kostnad</b>	<b>Intäkt</b>	<b>Netto</b>	<b>Nuvärde</b>
Markberedning	2 070		-2 070	-2 070	2 070		-2 070	-2 070	2 070		-2 070	-2 070	2 070		-2 070	-2 070
Plantering	10 375		-10 375	-10 375	10 375		-10 375	-10 375	10 375		-10 375	-10 375	10 375		-10 375	-10 375
Röjning/skärmställning	2 132		-2 132	-1 794	2 132		-2 132	-1 794	2 132		-2 132	-1 794	2 132		-2 132	-1 794
Röjning stubbskott	1 851		-1 851	-1 411	1 851		-1 851	-1 411	1 851		-1 851	-1 411			0	0
Utglesning skärm													1 800		-1 800	-1 274
Avveckling skärm			0	0	11 243	15 361	4 118	2 513	14 346	22 436	8 090	4 937	14 346	22 436	8 090	4 937
Gallring 1	11 965	13 610	1 645	784	11 965	13 610	1 645	784	11 965	13 610	1 645	784	11 965	13 610	1 645	784
Gallring 2	10 079	19 029	8 950	3 333	10 079	19 029	8 950	3 333	10 079	19 029	8 950	3 333	10 079	19 029	8 950	3 333
Slutavverkning	26 205	174 073	147 868	33 608	26 205	174 073	147 868	33 608	26 205	174 073	147 868	33 608	26 205	174 073	147 868	33 608
GROT	8 261	23 889	15 628	3 552	8 261	23 889	15 628	3 552	8 261	23 889	15 628	3 552	8 261	23 889	15 628	3 552

Tabell 4.

Markvärden för analyserade skötselscenarier med olika förlängningar av omloppstiden, vid tre olika kalkylräntor, för ståndortsindex G26.

Markvärden – 26	1 × röj.	2 × röj.	Skärm 1 000	Skärm 1 000 + röj.	Skärm 1 500	Skärm 1 500 + röj.	Skärm 3 000–1 000	Skärm 3 000–1 500
Scenario	I A	I B	II A	II B	III A	III B	IV A	IV B
<b>Ränta 2 %</b>								
Förlängd omloppstid (år)								
0	22 678	20 923	25 850	24 067	26 481	24 698	24 070	24 701
1			25 085	23 302	25 716	23 933	23 305	23 936
2			24 335	22 552	24 965	23 183	22 554	23 185
3			23 599	21 816	24 230	22 447	21 819	22 450
4			22 878	21 095	23 509	21 726	21 098	21 728
5			22 171	20 388	22 802	21 019	20 391	21 021
6			21 478	19 695	22 108	20 325	19 697	20 328
<b>Ränta 2,5 %</b>								
Förlängd omloppstid (år)								
0	9 928	8 419	12 475	10 942	12 982	11 449	10 974	11 481
1			11 867	10 334	12 374	10 841	10 366	10 873
2			11 275	9 742	11 781	10 248	9 774	10 280
3			10 696	9 163	11 203	9 670	9 195	9 702
4			10 132	8 599	10 639	9 106	8 631	9 138
5			9 582	8 049	10 088	8 555	8 081	8 587
6			9 045	7 511	9 551	8 018	7 544	8 050
<b>Ränta 3 %</b>								
Förlängd omloppstid (år)								
0	2 296	959	4 406	3 047	4 825	3 466	3 101	3 520
1			3 927	2 568	4 346	2 987	2 622	3 041
2			3 462	2 103	3 881	2 522	2 157	2 576
3			3 010	1 651	3 430	2 071	1 705	2 125
4			2 572	1 213	2 991	1 632	1 267	1 686
5			2 146	787	2 566	1 207	841	1 261
6			1 733	374	2 152	793	428	848



Tabell 5.

Markvärden för analyserade skötselscenarier med olika förlängningar av omloppstiden, vid tre olika kalkylräntor, för ståndortsindex G32.

Markvärden – G32	1 × röj.	2 × röj.	Skärm 1 000	Skärm 1 000 + röj.	Skärm 1 500	Skärm 1 500 + röj.	Skärm 3 000–1 000	Skärm 3 000–1 500
Scenario	I A	I B	II A	II B	III A	III B	IV A	IV B
<b>Ränta 2 %</b>								
Förlängd omloppstid (år)								
0	58 242	56 101	62 229	60 087	6 6074	63 932	60 048	64 111
1			60 683	58 542	6 4528	62 387	58 503	62 566
2			59 168	57 027	6 3013	60 872	56 988	61 051
3			57 683	55 542	6 1528	59 387	55 503	59 566
4			56 227	54 085	60 072	57 930	54 046	58 109
5			54 799	52 658	58 644	56 503	52 619	56 682
6			53 399	51 258	57 244	55 103	51 219	55 282
<b>Ränta 2,5 %</b>								
Förlängd omloppstid (år)								
0	34 992	33 166	38 244	36 419	41 381	39 556	36 413	39 733
1			36 941	35 116	40 078	38 253	35 110	38 430
2			35 670	33 845	38 807	36 982	33 839	37 159
3			34 430	32 605	37 567	35 741	32 598	35 919
4			33 220	31 395	36 357	34 532	31 389	34 709
5			32 040	30 214	35 177	33 351	30 208	33 528
6			30 888	29 063	34 025	32 200	29 057	32 377
<b>Ränta 3 %</b>								
Förlängd omloppstid (år)								
0	20 468	18 857	23 214	21 603	25 863	24 252	21 621	24 429
1			22 120	20 510	24 769	23 158	20 528	23 336
2			21 059	19 448	23 707	22 097	19 466	22 274
3			20 028	18 417	22 677	21 066	18 435	21 243
4			19 027	17 416	21 676	20 065	17 435	20 243
5			18 055	16 445	20 704	19 094	16 463	19 271
6			17 112	15 502	19 761	18 150	15 520	18 328

## Referenser

- 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 ungsogor. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift 82(3–4): 69–95.
- Angelstam, P. 1997. Amount of dead wood, deciduous and large trees in forest landscapes with different forest histories in northern Europe. Report to the Swedish Environmental Protection Agency.
- Angelstam, P., Rosenberg, P., Mikusinski, G. & Ihse, M. 1993. 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.
- Auclair, D. 1983. "Natural" mixed forests and "artificial" monospecific forests. In: Mooney, H.A. & Gordon, (eds), Disturbance and ecosystems. Springer-Verlag, p. 71–82.
- 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.
- Bergan, J. 1971. Skjermforyngelse av gran sammenlignet med planting i Grane i Nordland. *Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen* 28: 191–211.
- Bergqvist, G. 1999. Wood volume yield and stand structure in Norway spruce understory depending on birch shelterwood density. *For. Ecol. Manage.* 122: 221–229.
- Bernes, C. (red.) 1994. Biologisk mångfald i Sverige. En landsstudie. Monitor 14. Naturvårdsverkets förlag, Solna.
- Bjor, K. 1965. Temperaturgradientens betydning for vannhusholdningen pa skogsmark. *Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen* 20: 273–306.
- 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, T. 2011. Tidsfunktioner för avverkning och skotning av rundved och träddeklar i gallring. Skogforsk stencil 2011-04-04.
- Brunberg, T. 2012. Produktiviteten vid drivning från 2008 till 2011. Resultat nr 9 2012. Skogforsk.
- Brunberg, B., Andersson, G., Nordén, B. & Thor, M. 1998. Uppdragsprojekt skogsbränsle – slutrapport. SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut, Redogörelse nr. 6 1998.
- Brunberg, T. & Eliasson, L. 2013. Underlag för prestationsnorm för grotskotare, Skogforsk. 14 s.  
<http://www.skogforsk.se/contentassets/48a489ae1d05450391b3ed702d43906b/grotskotare-lagupplöst.pdf>.
- Bucht, S. 1981. Effekten av några olika gallringsmönster på beståndsutvecklingen i tallskog. Rapport nr 4, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel, 276 s. Umeå.
- Cameron, A.D. 1996. Managing birch woodlands for the production of quality timber. *Forestry* 69 (4): 357–371.
- Drakenberg, B., Ehnström, B. A., Liljelund, L-E. & Österberg, K. 1991. Lövskogens naturvärden. Statens Naturvårdsverk, Rapport 3946. Solna.
- Ekö, P.M., Johansson, U., Petersson, N., Bergqvist, J., Elfving, B. & Frisk, J. 2008. Current growth differences of Norway spruce (*Picea abies*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and birch (*Betula pendula* and *Betula pubescens*) in different regions in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 23: 307–318.
- 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. 1982. Hugins ungskogstaxering 1976-79. SLU, Projekt HUGIN. Rapport nr. 27.
- 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 stem number 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.
- 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. (På finska med engelsk summary).
- Fahlvik, N. & Nyström, K. 2006. Models for predicting individual tree height increment and tree diameter in young stands in southern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 21 (Suppl 7): 16–28.
- Fahlvik, N., Agestam, E., Ekö, P.M. & Lindén, M. 2011. Development of single-storied mixtures of Norway spruce and birch in southern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 26 (Suppl. 11): 36–45.

- Faustmann M. 1849. Berechnung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung 15: 7–44.
- 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 frösådda björkens invandring på hygget. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift 82(3–4): 35–49.
- Frivold, L. H. & Frank, J. 2002. Growth of mixed birch-coniferous stands in relation to pure coniferous stands at similar sites in south-eastern Norway. Scand. J. For. Res. 17: 139–149.
- Frivold, L. H. 1982. Bestandsstruktur og produksjon i blandingsskog 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.
- Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R., Jonsson, M., Gustafsson, L., Kjellander, P., C. Ruiz-Jaen, M., Fröberg, M., Stendahl, J., Philipson, C.D., Mikusinski, G., Andersson, E., Westerlund, B., Andrén, H., Moberg, F., Moen, J. & Bengtsson, J. 2013. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. Nature Comm. 4, 1340.
- 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 Förlag. Stockholm.
- Gustavsson, R. 1991. Lövträdens inverkan på landskapsbilden. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsfakta nr. 15: 107–110. Uppsala.
- Haveraaen, O. 1963. På hvilken tid av året skal en rydde bjørk? Norsk Skogbruk 9: 692–693.
- Heikurainen, L. 1985. The influence of birch nurse crop (*Betula pubescens*) on the growth of spruce (*Picea abies*) seedling stands on drained peatlands. Silva Fenn. 19(1): 81–88. (På finska med engelsk summary).
- Helles, F. 1983. Stormskade på skov. En litteraturgenomgang. (Summary: Forest Structure and Windthrow. A review of recent literature.) Dansk skovforenings tidskrift 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. (På finska).
- Huse, S. 1983. Forekomst av rote i norsk granskog. Rapporten 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. (På finska med engelsk summary).
- Jacobson, S. & Kukkola, M. 1999. Skogsbränsleuttag i gallring ger kännbara tillväxtförluster. SkogForsk, Resultat nr 13. Uppsala. 4 s.
- Jacobson, S. Pettersson, F., Sikström, S., Nyström, K. & Övergaard, B. 2008. INGVAR – gallringsmall och planeringsinstrument. Resultat Nr. 10. Uppsala. 4 sid.
- Jacobson, S., Kukkola, M., Mälkönen, E. & Tveite, B. 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. For. Ecol. Manage. 129: 41–51.
- Jeansson, E. & Laestadius, L. 1981. Markberedning, naturlig förnygring och beståndsförnygring vid återbeskogning i Sovjet. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för Skogsskötsel, Rapport.6.
- 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.

- Johansson, T. 2001. Björkskärmar över gran. SLU. Institutionen för skogshushållning. Rapport 16. 29 s.
- 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 björkskärmars 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.
- Klang, F. & Ekö P. M. 1999. Tree properties and yield of *Picea abies* planted in shelterwoods. *Scand. J. For. Res.* 14: 262–269.
- Kneeshaw, D.D., Williams, H., Nikinmaa, E. & Messier, C., 2002. Patterns of above- and below-ground response of understory conifer release 6 years after partial cutting. *Can. J. For. Res.* 32: 255–265.
- Korsmo, H. 1994. Miljöåtgärder i skog – effekter på vegetasjon. *Aktuelt fra Skogforsk* 4/94: 33–43.
- 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. 1991. 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. & Johansson, M-B. 1986. Markmiljön i gran- och björkbestånd. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidsskrift* 86(2): 31–37.
- Lundmark, J-E. 1988. Skogsmarkens ekologi. Ståndortsanpassat skogsbruk. Del 2 – tillämpning. Skogsstyrelsen, Jönköping. 1988.
- 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. (På ryska.)
- 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.

- Metslaid, M., Ilisson, T., Nikinmaa, E., Kusmin, J. & Jögiste, K., 2005. The recovery of advance regeneration after disturbances: acclimation of needle characteristics in *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 20 (Suppl. 6): 112–121.
- Mezibovskij A.M., Voronkova, A.B., Zhuravleva, M.V. & Velikotnyj, A.A. 1977. Izmenie nekotorych ekologiceskih svojstv eliv zavisimosti ot sostava nasazdenij. (Alteration of some ecological features of spruce with relation to stand structure.). *Lesovedenie* 1977(1): 9-18. (På ryska.)
- 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. (På finska med engelsk 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. (På finska med tysk summary.)
- 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.
- 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 (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>-reduction) in birch litter. *Scand. J. For. Res.* 3: 17–23.
- 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.
- 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 sosnovyh kul'tur na primoskih djunah rizkogo zaliva. (Pests of pine stands on the coastal dunes of the Riga Bay). *Zoologiceskij zurnal* 39: 63–70. (På ryska med engelsk summary.)

- Palo, I. 1986. Vårtbjörkens 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. Korridoröjning i självsädd 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 rotrotan (*Polyporus annosus* Fr.) i Sverige. Dess utbredning och sätt att uppträda. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut 35(8): 1–88.
- Repola, J. 2008. Biomass Equations for Birch in Finland. Silva Fennica 42 (4): 605–624.
- Repola, J. 2009. Biomass Equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. Silva Fennica 43(4): 625–647.
- 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 s.
- 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.
- Skoklefald, S. 1967. Fristilling av naturlig gjenvekst av gran. *Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen* 23, s. 381–409.
- Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. 2013. Analyses of forest management systems for increased harvest of small trees for energy purposes in Sweden. (INFRES-report WP3 Task 3.2). Skogforsk. 28 s.
- Söderberg, U. 1986. Funktioner för skogliga produktionsprognoser. Tillväxt och formhöjd för enskilda träd av inhemska trädslag i Sverige. Sveriges lantbruksuniversitet, Avdelningen för Skogsuppskattning och Skogsindelning, Rapport nr 14, 251 s. Umeå.



- 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. & Utbult, K. 1974. Hydrologiska och markfysikaliska förändringar genom kalhuggning. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 1: 66–73.
- 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.
- Valinger, E. & Fridman, J. 2011. Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. For. Ecol. Manage. 262: 398–403.
- Venn, K. 1982. Treslag i relasjon til klimatiske skader og soppsykdommer. Tidsskrift for Skogbruk 90: 180–185.

## Personligt meddelande

Brunberg, T. Skogforsk, 2014.



2014

**Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2014**

- Nr 817 Arlinger, J., Brunberg, T., Lundström, H. & Möller, J. 2014. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. – Comparison of JD1170E and JD1470E in final felling at SCA Skog AB, autumn 2013. 29 s.
- Nr 818 Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. The STIG Project, 2010-2014. 19 s.
- Nr 819 Björheden, R. 2014. Studie av Fixteri FX15a klenträdsbuntare. – Study of Fixteri FX15a small-tree bundling unit. 21 s.
- Nr 820 Löfroth, C. & Brunberg, T. 2014. Bränsleförbrukningen hos rundvirkesfordon 2008 och 2013. Fuel consumption of roundwood vehicles in 2008 and 2013. 12 s.
- Nr 821 Jönsson, P., Hannrup, B., Gelin, O. & Löfgren, B. 2014. Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång. – Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption. 24 s.
- Nr 822 Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Effekten av olika bottensäll på prestation, bränsleförbrukning och flisens fraktionsfördelning för flishuggarna Kesla 645 och Eschlböck. Biber-92. – Effects of sieve size on chipper productivity, fuel consumption and chip size distribution for the chippers Kesla 845 and Eschlböck Biber-92. 18 s.
- Nr 823 Eliasson, L., Lombardini, C., Granlund, P., Magagnotti, N. & Spinelli, R. 2014. Prestation och bränsleförbrukning för en lastbilsmonterad Pezzolato PTH 1200/820 flishugg. – Performance and fuel consumption of a truck-mounted Pezzolato PTH 00/820 chipper. 12 s.
- Nr 824 Iwarsson- Wide, M. Grönlund, Ö. 2014. Lastindikatorer och lastbärarvägar. 15 s. – Load indicators and weighing devices on load carriers 12 s.
- Nr 825 Sikström, U. 2014. Föryngring av gran under högskärm: Försöksverksamhet vid Bergvik Skog-Uppföljning 2013. – Regeneration of Norway spruce under shelterwood: Comparison of two types of thinning at the preparatory felling. 48 s.
- Nr 826 Englund, M. 2014. Mätning av mental arbetsbelastning – En metodstudie. 27. – Measurement of mental workload-A method study. 31 s.
- Nr 827 Jönsson, P., Björheden, R. & Eliasson, L. 2014. Destinering och lägesbyten för att effektivisera transportererna av sko gsfis. – Destination and location exchange will reduce transportation distance. 11 s.
- Nr 828 Barth, A., Holmgren, J., Wilhelmsson, L. & Nordström, M. 2014. – Evaluation of single tree based estimates with terrestrial laser scanning in Sweden.
- Nr 829 Jacobson, S. 2014. Asktilförsel och dess påverkan på trädens tillväxt och näringsstatus. – Revision av sex fältförsök. – Effect of application of wood ash on tree growth and nutrient status-Revision of six field experiments 32 s.
- Nr 830 Björheden, R. 2014. Proceedings of the Nordic Baltic Conference OSCAR14. Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25-27, NOVA Park Conference, Knivsta, Sweden. – Proceedings från den Nordiska Baltiska konferensen OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25–27, 2014, NOVA Park Conference, Knivsta, Sverige. 114 s.
- Nr 831 Widinghoff, J. 2014. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT and ST-vehicles. 21 s.

- Nr 832 Fridh, L. 2014. Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyser. – Evaluation of the METSO MR Moisture Analyser. 8 s.
- Nr 833 Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning. – A performance and fuel consumption when chipping logging residues of beech 10 s.
- Nr 834 Sonesson, J., Berg, S., Eliasson, L., Jacobson, S., Widenfalk, O., Wilhelmsson, L., Wallgren, M. & Lindhagen, A. SLU. Konsekvensanalyser av skogsbrukssystem. – Täta förband i tallungskogar. 105 s.
- Nr 835 Eliasson, L. 2014. Flisning av bränsleved och delkvistad energived med en stor trumhugg–CBI6400. – Chipping of stem wood and partly delimbed energy wood using a large drum chipper, CBI 6400, at a terminal. 12 s.
- Nr 836 Johansson, F., Grönlund, Ö., von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2014. Huggbilshaverier och dess orsaker. – Chipper truck breakdowns and their causes. 12 s.
- Nr 837 Rytter, L. & Lundmark, T. 2014. Trädslagsförsök med inriktning på biomassaproduktion – Etapp 2. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 20 s.
- Nr 838 Skutin, S.-G. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning. – Drivare med automatisk lastning och nytt arbetssätt. – Simulation of TimberPro harwarder with loading device in final felling.-Harwarder with automatic loading and new method of working. 19 s.
- Nr 839 Fridh, L. 2014. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyser. – Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyser. s. 8.
- Nr 840 Andersson, G. & Svenson, G. 2014. Viktsutredningen del 2. Vägning för transportvederlag. – Weight study Part 2. Weighing for transport remuneration.
- Nr 841 Mullin, T. J. 2014. OPSEL 1.0: a computer program for optimal selection in forest tree breeding. – Opsel 1.0: Dataprogram för optimalt urval i skogsträdsförädlingen s. 20.
- Nr 842 Persson, T. & Ericsson, T. 2014. Projektrapport. Genotyp – Miljösamspel hos tall i norra Sverige. – Projektnummer 133. – Genotype-environment interactions in northern Swedish Scots pine. 12 s.
- Nr 843 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige – Kunskap slägeo och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materials. 55 s.
- Nr 844 Hofsten von, H., Nordström, M. & Hannrup, B. 2014. Kvarlämnade stubbar efter stubbskörd. – Stumps left in the ground after stump harvest 15 s.
- Nr 845 Pettersson, F. 2014. Rönjings- och gallringsförbandets samt gödslingsregimens (ogödslat/gödslat) effekter i tallskog på skogsproduktion och ekonomi. – Effects of spacing (pre-commercial thinning and thinning) and fertilisation regime (unfertilised/fertilised) on production and economy in Scots pine forest. 69 s.
- Nr 846 Pettersson, F. 2014. Behovet av bortillförsel vid kvävegödsling av barrskog på fastmark. – Boron additive needed in nitrogen fertilisation of coniferous forest on mineral soil. 32 s.
- Nr 847 Johannesson, T. 2014. Grövre bränsle en omöjlig uppgift? – Larger fuel chips an impossibility. – Biomass Harvest and Drying Training Seminar Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnesota. s. 16.
- Nr 848 Johannesson, T., Olson, S., Nelson, C. and Zagar, B. 2014. Biomass Harvest and Drying Education Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnesota. – Utbildning i skörd och hantering av skogsbränsle för Fond du Lac Reservation Cloquet, Minnestota 13 s.

- Nr 849 Jönsson, P., Eliasson, L. & Björheden, R. 2014. Location barter may reduce forest fuel transportation cost. – Destinerings och lägesbyten för att effektivisera transporter av skogsffis. s 10.
- Nr 850 Englund, M., Häggström, C., Lundin, G. & Adolfsson, N. 2014. Information, struktur och beslut – En studie av arbetet i gallringsskördare och skördetröska. – Information, structure and decisions – a study of the work done by thinning harvesters and combine harvesters.
- Nr 851 Berlin, M., Ericsson, T. & Andersson-Gull, B. 2014. Plantval – manual med implementeringsteknisk bakgrund. – Plantval – manual and background to technical implementation. 57 s.
- Nr 852 Jansson, G. & Berlin, M. 2014. Genetiska korrelationer mellan tillväxt- och kvalitetsegenskaper – Genetic correlations between growth and quality traits. 26 s.
- Nr 853 Hofsten von, H. 2014. Utvärdering av TL-GROT AB's stubbaggregat. – Evaluation of the TL-GROT AB stump harvester 10 s.
- Nr 854 Iwarsson Wide, M., Nordström, M. & Backlund, B. Nya produkter från skogsråvara – En översikt av läget 2014. – New products from wood raw material-Status report 2014. 62 s.
- Nr 855 Willén, E. 2014. Mobilt mätsystem för insamling av träd- och beståndsdata. – Mobile measurement system for collecting tree and stand data. 34 s.
- 2015**
- Nr 856 Widinghoff, J. 2015. Logistklösning för delkvistat sortiment – Lätta skyddsplåtar på virkesbilar för transport av traddelar och delkvistade sortiment. – Lightweight side-shields on timber trucks transporting partly delimbed energy wood. 15 s.
- Nr 857 Hannrup B, Bhuiyan N. Möller J.J. 2015. Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. – Nationwide evaluation of a system for automated follow-up of thinning.
- Nr 858 Frisk, M., Rönqvist, M. & Flisberg, P. 2015. Vägerust – Projektrapport. 2015. – Vägerust – Project Report. 48 s.
- Nr 859 Asmoarp, V. & Jonsson, R. 2015. Fokusveckor 2014. Bränsleuppföljning för tre fordon inom ETT-projektet, ST-RME, ETT1 och ETT2. – Monitoring fuel consumption of three rigs in the ETT project: ST-RME, ETT1 and ETT2 42 s.
- Nr 860 Ring, E., Bishop, K., Eklöf, L., Högbom, L., Laudon, S., Löfgren, J., Schelker, R. & Sørensen, R. 2015. The Balsjö Catchment Study – Experiental set-up and collected data. 50 s.
- Nr 861 Asmoarp, V., Nordström, M. & Westlund, K. 2015. Stämmer väglagervolymer? – En fallstudie inom projektet “Skogsbrukets digitala kedja”. 17 s.
- Nr 862 Möller, J.J., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2015. Utveckling och test av beslutsstöd vid automatiserad gallringsuppföljning. 38 s.
- Nr 863 Jonsson, R. 2015. Prestation och kvalitet i blädning med skördare och skotare.
- Nr 864 Englund, M., Adolfsson, Niklas., Mörk, A., & Jönsson, P. 2015. Distribuerad arbetsbelysning – LED öppnar nya möjligheter för belysning hos arbetsmaskiner.
- Nr 865 Hofsten von, H. & Funck, Johanna 2015. Utveckling av HCT-fordon i Sverige. – HCT, heavier vehicle, truck design, ST, ETT. 28 s.

- Nr 866 Fridh, L. 2015. Utvärdering av fukthaltsmätare PREDIKTOR Spektron Biomass. – Evaluation of the Prediktor Spektron Biomass moisture content analyser. 10 s.
- Nr 867 Fridh, L. & Öhgren, J. 2015. Förstudie Automatisk skäppmätning av flis med laser.
- Nr 868 Eriksson, A., Hofsten von, H. & Eliasson, L. 2015. Systemkostnader, logistik och kvalitetsaspekter för sju försörjningskedjor för stubbränslen. – System costs, logistics and quality aspects relating to seven supply chains for stump fuel. 29 s.
- Nr 869 Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2015. Uttag av skogsbränsle vid avveckling av lågskärmar av björk.
- Nr 870 Englund, M., Lundström, H., Brunberg, T. & Löfgren, B. 2015. Utvärdering av head up-display för visning av apteringsinformation i slutavverkning. 15 s.
- Nr 871 Grönlund, Ö., Iwarsson Wide, M., Hjerpe, T. och Sonesson, J. 2015. Skadeförekomst efter tidig gallring. 12 s.
- Nr 872 Fogdestam, N. & Löfroth, C. 2015 ETTdemo, demonstration av ETT- och ST-fordon. ETTdemo, demonstration of ETT- and ST-vehicles. 34 s.
- Nr 873 Fridh, L. 2015. Produkttegenskaper för skogsbränsle. – Förslag till indelning, struktur och definitioner. – Forest fuel product characteristics- proposal for categories, structure and definitions. 46 s.
- Nr 874 Enström, J. 2015. Möjligheter till inrikes sjötransporter av skogsbränsle. 22 s.
- Nr 875 Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2015. Uttag av skogsbränsle vid avveckling av lågskärmar av björk. 15 s.
- Nr 876 Jacobson, S. 2015. Lågskärm av björk på granmark – Modellering av beståndsutveckling och ekonomisk analys. – The use of birch as a shelter in young Norway spruce stands – Modelling stand development and economic outcome. 39 s.



## SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar 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.

### FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

### UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

### KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 876–2015



[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)