



Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Studie av två fällningsmetoder vid skärm- avveckling med engreppsskördare

– prestation, kostnad och skador på föryngringen

**Dan Westerberg
Ulf Sikström**

Arbetsrapport 306 1995

Omslag: Fällning genom stångstötning. Foto: Dan Westerberg

Serien Arbetsrapporter dokumenterar långliggande försök, inventeringsdata m.m. och distribueras ej till andra än direkt berörda.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie.

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Sammanfattning	1
Inledning	1
Syften och hypoteser	2
Syfte.....	2
Hypotes.....	2
Material och metod	3
Försökslokal	3
Tidsstudie	4
Försöksuppläggning.....	4
Maskin, förare och instruktion till föraren.....	5
Väderlek.....	7
Arbetsmönster.....	7
Tidsåtgång och prestation.....	7
Normerad tidsåtgång och prestation	8
Avverkningskostnad	8
Skador på föryngringen	8
Provyteutläggning och datainsamling.....	8
Bearbetning av data om skador på föryngring.....	10
Samband mellan skadade plantor och avstånd till närmaste stickväg	11
Ristäckning, ristjocklek och risvolym	11
Resultat.....	11
Tidsstudie	11
Virkesuttag och arbetsmönster	11
Tidsåtgång, prestation och kostnad.....	13
Skador på föryngring	16
Föryngringens plantantal, luckighet och höjdförändring	16
Skadade plantor	18
Samband mellan skador och avstånd till närmaste stickväg.....	19
Ristäckning, ristjocklek och risvolym	26
Diskussion	30
Referenser	34
Bilaga 1 Momentindelning vid tidsstudien.....	36

Sammanfattning

Vid tillämpning av föryngring under högskärm är det viktigt att minimera skadorna på föryngringen vid skärmens avveckling. Samtidigt är det viktigt att avverkningsmetoderna är rationella och kostnadseffektiva. Syftet med studien var att jämföra två fällningsmetoder vid skärmavveckling med engreppsskördare. Jämförelsen avsåg dels prestation och kostnad för avverkningsarbetet, dels mekaniska skador på plantor orsakade vid skärmavvecklingen.

Tidsstudien utfördes som en cmin-studie. Innan avverkningen beskrevs högskärmen och föryngringen på fasta provytor. Efter avverkningen registrerades kvarvarande föryngring och skador på denna. Dessutom registrerades avverkningsavfallets täckningsgrad och tjocklek samt provytorernas avstånd till närmaste stickväg.

Skillnaden i prestation mellan försöksleden var liten och inte statistiskt säkerställd. Vid konventionell fällning avverkades ca 28 m³fub/G₁₅-tim och ca 26 m³fub/G₁₅-tim när fällningen gjordes som stångstötning. I kostnad motsvarade detta 26 respektive 28 kr/m³fub.

Enligt hypotesen skulle andelen skadade plantor öka i stickvägen, minska mellan stickvägarna och sammanlagt bli mindre vid fällning med stångstötning jämfört med konventionell fällning. Resultaten indikerade att hypotesen stämde beträffande skadornas fördelning i förhållande till stickväg. Däremot påvisades inte att totala skadefrekvensen blev lägre efter stångstötning.

Skadefrekvensen var 23 % efter konventionell fällning och 36 % efter stångstötning, om alla försvunna och skadade plantor räknas in.

Trots att resultaten i denna pilotstudie inte kunde påvisa några tydliga fördelar med fällning genom stångstötning bedömer vi denna fällningsteknik som intressant att använda när medelhöjden på plantbeståndet är hög (2–3 m) och vid avverkning när grundförhållandena är dåliga. När grundförhållandena är goda och föryngringens medelhöjd inte överstiger 1–2 meter är det mer tveksamt om fällning med stångstötning medför några väsentliga fördelar jämfört med konventionell fällning.

Inledning

Intresset för föryngring under högskärm har ökat markant i Sverige de senaste åren, vilket bl.a. framgår av avverkningsanmälningarna till skogsvårdsmyndigheten (Skogsstyrelsen, 1995). Naturlig föryngring av tall har länge varit en etablerad skogsskötselmetod, medan naturlig föryngring av gran har rönt ett nyvaknat intresse.

I en skogsskötselmodell för att föryngra gran under högskärm ingår ett flertal åtgärder, som skiljer sig från trakthyggesbruk. Troligen krävs en

förberedande huggning mot slutet av beståndets omloppstid, bl.a. för att minska risken för fysiologisk stress och för vindfällning efter kommande skärnhuggning (Hånell & Ottosson-Lövenius, 1994; Hannerz & Gemmel, 1994). Skärnhuggning utförs vid den tidpunkt när man avser att föryngra beståndet. Slutligen ska skärmen avvecklas, när föryngringen är tillfredsställande. Eventuellt görs skärmavvecklingen i flera steg, om det anses nödvändigt.

Det är viktigt att minimera skadorna på föryngringen vid skärmavveckling. Det gäller dels de fysiologiska skador, som kan drabba plantorna efter friställning, p.g.a. ändrade ljus- och fuktighetsförhållanden (t.ex. Björ, 1965; Jeansson & Laestadius, 1981; Robertsdotter-Gnojek, 1992), dels de mekaniska skador som drabbar plantorna vid själva avverkningsarbetet (Andersson & Fries, 1979; Jeansson & Laestadius, 1981; Hartelius, 1944; Skoklefeld, 1967; Westerberg & Berg, 1994). För det sist nämnda är det viktigt att tillämpa skonsamma avverkningsmetoder som samtidigt är rationella och kostnadseffektiva. Leikola (1982) menar att utvecklingen av försiktiga drivningsmetoder är en av de viktigaste forskningsuppgifterna inom området naturlig föryngring. En central fråga är om dagens helmekaniserade avverknings-system och dess metoder är anpassade till de krav som ställs vid användande av en skogsskötselmetod som granföryngring under skärm, bl.a. vid skärmavveckling.

Denna studie är en del av den försöksverksamhet som bedrivs vid SkogForsk inom området ”Granföryngring under skärm”. Verksamheten syftar bl.a. till att kartlägga prestationer och kostnader samt skador på föryngring efter olika avverkningsoperationer i ett skärmskogsbruk.

Syften och hypoteser

Syfte

Syftet med studien var att jämföra två olika fällningsmetoder vid skärmavveckling med engreppsskördare. Jämförelsen avsåg:

- Prestation och kostnad för avverkningsarbetet vid skärmavveckling.
- Mekaniska skador på föryngringen orsakade av avverkningsarbetet vid skärmavveckling.

De två fällningsmetoder som testades var *konventionell dubbelsidig fällning* och s.k. *stångstötning*. Med stångstötning menas att trädens toppar konsekvent fälls in i stickvägen, medan konventionell fällning innebär att trädens toppar i huvudsak fälls bort från stickvägen.

Hypoteser

Genom att koncentrera fällning och upparbetning till stickvägen (stångstötning) kommer antalet allvarligt skadade plantor att öka i stickvägen och

minska mellan stickvägarna. Det totala antalet skadade plantor blir mindre än vid konventionell fällning.

Hypotesen kan åskådliggöras genom följande exempel. Enligt tidigare studier är körsträckan ca 700 meter per hektar vid avveckling av ca 200 skärmträd per hektar (Westerberg, 1995). Stickvägsbredden är ungefär lika med skördarens bredd, d.v.s. ca 3 meter. Detta innebär att den areal som körs över av skördare och skotare är ca 2 100 m² per hektar eller ca 20 % av arealen.

Antag att skärmen innehåller 200 träd som är 22 meter höga med en grönkrongränshöjd på 7 meter och att nedersta grenarna har ett avstånd på 4 meter mellan de yttersta skotten. Då blir horisontalprojektionen av kronan, något förenklat, en liksidig triangel med basen 4 meter och höjden 15 meter. Detta ger teoretiskt en area på 30 m² som påverkas av varje fällt träd. Om vi bortser från den area som påverkas av att trädet släpas in mot skördaren för kvistning och kapning innebär detta att 6 000 m² per hektar kommer att påverkas av fällningsarbetet. Vissa delar kommer att påverkas mer än andra, d.v.s. fällas över av flera träd, medan andra delar förblir opåverkade. Genom att i stället koncentrera fällning och upparbetning till stickvägen skulle den påverkade arealen teoretiskt kunna minskas till 2100 m²/hektar, d.v.s. en minskning med ca 40 procentenheter. Den areal som påverkas vid fällning genom stångstötning kommer att påverkas mycket kraftigt. Men för beståndet som helhet kommer, enligt vår hypotes, fällning med stångstötning att minska den totala skadenivån i föryngringen. I räkneexemplet är inte påverkan inom virkeszonen medräknad, eftersom man kan anta att påverkan blir ungefär densamma i båda försöksleden givet samma avverkningsvolym. Det kan tänkas att stångstötning ger en något mindre påverkad areal, eftersom upparbetningen sker längs med stickvägen och maskinen därmed kan backa med trädet i upparbetningsenheten och koncentrera virket till större och färre högar.

Som en bieffekt av stångstötningsmetoden bör man dessutom erhålla en väl risad stickväg, vilket minskar körskadorna på marken. Det sist nämnda skulle i sig kunna motivera fällningsmetoden på många av de relativt obäriga marker där föryngring under skärm tillämpas.

Material och metod

Försökslokal

Försökslokalen låg på MoDo Skog ABs marker, ca 7 km SO Finspång i Södermanland. Storleken på det undersökta beståndet var ca 1,0 ha.

Beståndet bestod av en grandominerad högskärm (tabell 1) med riklig föryngring under. Skärmen tillkom i slutet av 1970-talet efter omfattande vindfällning. Data i tabell 1 härrör från inventeringen innan skärmavveckling och avser träd >10 cm i brösthöjd. För närmare beskrivning se avsnittet ”Tidsstudie – försöksuppläggning”. Föryngringen inom försökslokalen var

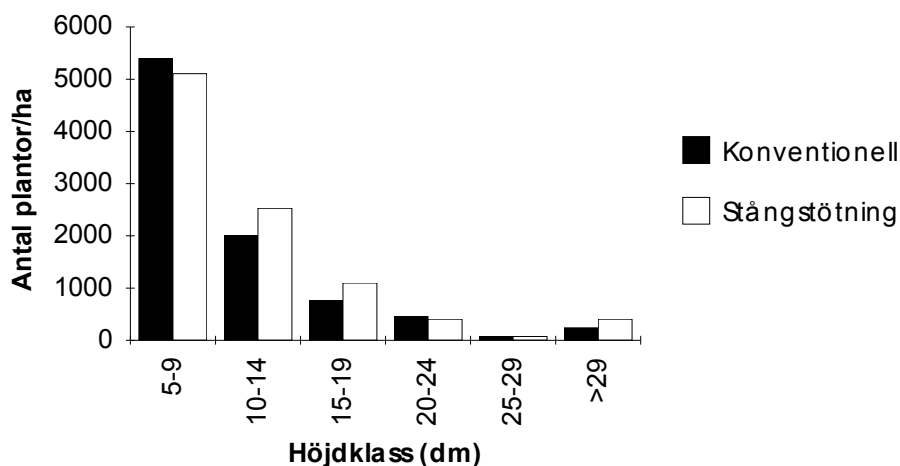
riklig innan avveckling, även om endast plantor >4 dm räknades med (figur 1). Gran var det klart dominerande trädslaget i föryngringen.

Ståndorten var plan och fuktig. Halva området utgjordes av fastmark och den andra halvan av torvmark. Terrängen beskrevs enligt Terrängtypsschema för skogsarbete med grundförhållanden, ytstruktur och lutning: 3.1.1. (SkogForsk, 1995)

Tabell 1.
Data om skärträden innan skärmavveckling och terrängtyp inom de olika försöksleden.

	Konventionell	Stångstötning
Antal träd/ha	427	342
Volym		
–(m ³ fub/ha)	162	140
–(m ³ sk/ha) ¹	194	168
Medelvolym per träd		
–(m ³ fub)	0,38	0,41
–(m ³ sk/ha) ¹	0,46	0,49
Trädslagsblandning (% tall/gran/löv)	30/70/0	30/70/0
Diameter (cm)	24	25
Höjd (dm)	184	186
G.Y.L.	3.1.1.	3.1.1.

¹ Omräkningstal 1,20 från m³fub.



Figur 1.
Föryngringens höjdfördelning i 5-dm höjdklasser (plantor >4 dm) innan skärmavveckling i de båda försöksleden.

Tidsstudie

Försöksuppläggning

Beståndet delades in i två delar (block) innan avverkning p.g.a. olikheter i ståndorts- och beståndsförhållanden. Varje block delades sedan ytterligare en gång och försöksleden (fällningsmetod) lottades mellan de två delarna inom varje block. Total fanns alltså fyra delytor (figur 2). De två försöksleden som

studerades var: (1) Avveckling av skärm med *konventionell* dubbelsidig fällning företrädesvis i luckor; (2) Avveckling av skärm med fällning in i stickväg, s.k. *stångstötning*.

Figur 2.
Försöksledens fördelning i beståndet

Skärmavvecklingen utfördes under vintern 1993/94. Innan avverkning registrerades trädslag och diameter i brösthöjd på alla träd. På ca 20 skärmträd mättes även höjd. Skärmträdens volym bestämdes genom att först beräkna ett diameter-höjd-samband, en s.k. höjdkurva, med regressionsanalys. Därefter åsattes varje träd en höjd med den framtagna funktionen och volymen (m³fub) bestämdes för tall och gran med Näslunds mindre volymfunktioner för södra Sverige (Näslund, 1947).

Maskin, förare och instruktion till föraren

Avverkningen utfördes med en Rottne Rapid Snoken 890 engreppsskördare utrustad med ett Rottne 600 aggregat. Maskinen kördes av Gert Malmqvist, som varit maskinförare i ca 8 år och kört aktuell maskin under ca 3 år. Han hade innan studien tillämpat fällning enligt stångstötningensmetoden i praktiskt arbete. Föraren instruerades att arbeta i normalt, uthålligt tempo. Före avverkning diskuterades vikten av att vara rädd om föryngringen. Instruktionen i det ena fallet (konventionell) var att i första hand köra och fälla i luckor i plantbeståndet på båda sidor om maskinen men att i de fall det stod enstaka plantor i luckan i stället fälla i tätningar av plantor. Gränsen mellan delytorna påvisades och föraren instruerades att lägga stickvägarna vinkelrät mot gränsen så att inga träd fälldes in i försöksledet med stångstötning. I det andra fallet (stångstötning) var instruktionen att fälla träden med s.k. stångstötningsteknik, innebärande att träden fälldes med toppen före i stickvägen. I fällningsögonblicket, när trädet börjat falla, styrde föraren trädet med kranen så att det landade med toppen i stickvägen framför maskinen, medan bakre änden av trädet hölls fast i kranen. Därefter lyftes bakänden av trädet in i stickvägen och trädet upparbetades i stickvägens längdriktning (figur 3). Föraren ombads också att koncentrera

virket i stora högar parallellt med stickvägen. I bägge studieleden planerade föraren, med ovanstående begränsningar, arbetet inom delytorna och stickvägarnas placering på det sätt han tyckte var lämpligast. Skotarföraren instruerades att enbart köra i skördarens stickväg och att vara rädd om föryngringen.

Väderlek

Väderleksförhållandena var likvärdiga under de två dagar som studien genomfördes (tabell 2).

Tabell 2.
Tidpunkt för och väderleksförhållanden under studien.

	Block 1	Block 2
Datum för studien	1994-02-28	1994-03-01
Temperatur (C°)	-3—(-4)	-5—(-8)
Siktförhållanden	Omväxlande, mulet till halvklart	Klart till något disigt och lätt snöfall
Snödjup (dm)	3—4	3—4
Snötyp	3—5 cm skikt av skare ovanpå relativt lös snö	3—5 cm skikt av skare ovanpå relativt lös snö

Arbetsmönster

Arbetsbredden, d.v.s. den andel av försöksytan som avverkningsmaskinernas kranzon omfattade, mättes efter skärmavveckling. Stubbarna, till de yttersta träden maskinen nådde från stickvägen, märktes direkt efter fällning. Maskinens arbetsbredd mättes sedan på var tjugonde meter längs stickvägarna, som avståndet mellan de märkta stubbarna (syftad mitt) på ena sidan stickvägen, vinkelrät över stickvägen till motsvarande punkt mitt mellan de märkta stubbarna på motstående sida stickvägen. Maskinens körsträcka mättes också. Det gjordes med hjälp av mätkäpp, måttband fäst i maskinen eller med ögonmått efter mätning med måttband som kalibrering. Andel areal inom kranzon beräknades som arbetsbredd × körsträcka/total areal inom respektive försöksled. Dessutom registrerades maskinens körtid, vilket medgav att framryckningshastigheten (m/min) kunde beräknas. Antal avverkade träd per uppställningsplats erhöles från tidsstudiedata.

Tidsåtgång och prestation

Tidsstudierna utfördes som cmin-studier. Momentindelning av tidsåtgång finns beskriven i bilaga 1.

Tidsfunktioner skapades för hur summan av tidsåtgången för momenten fällning och kvistning-kapning beror av de avverkade trädens stamvolym. Härvid nyttjades linjär regressionsanalys. Funktioner skapades per försöksled, där samtliga avverkade träd från respektive försöksled ingick.

Prestationen mättes som antal avverkade träd per G_0 -tid, vilket räknades om till $m^3\text{fub}$ per G_{15} -tid. Härvid sattes omräkningsfaktorn till 0,71. Nivån på omräkningsfaktorn grundar sig på tidigare studier utförda vid Skogsarbeten samt erfarenhet från driftuppföljning från de större skogsbolagen.

Relationen mellan G_0 - och G_{15} -tid används för att nivålägga prestationer uppmätta i studier till en nivå som är mer jämförbar med praktiska förhållanden. Relationen är osäker och varierar dessutom för varje maskin. En prestationssiffra uppmätt vid studier av detta slag kan därför aldrig göra anspråk på att spegla de rätta praktiskt uthålliga prestationsnivåerna. Relationen mellan försöksleden påverkas dock inte av nivåläggningen.

Normerad tidsåtgång och prestation

Normering av tidsåtgång och prestation syftar till att göra resultaten från tidsstudien jämförbara mellan försöksleden vid samma beståndsförutsättningar. Detta gjordes genom att först bilda ett typbestånd genom sammanslagning av beståndsförutsättningarna i respektive försöksled och sedan tillämpa respektive försöksleds regressionsfunktion för momenten fällning och kvistning-kapning på typbeståndet. Genom indelningen av försöksbeståndet i block blev trädslagsfördelningen mycket lika mellan försöksleden varför någon trädslagsvis normering av tiden för kvistning-kapning inte bedömdes nödvändig. Det vill säga några trädslagsvisa regressionsfunktioner bedömdes inte nödvändiga att skapa. Normerad tidsåtgång, för kvistning-kapning och fällning, erhöles genom att typbeståndets medelstamvolym sattes in i respektive försöksleds regressionsfunktion.

Momenten kran ut, start och halt är inte volymberoende utan påverkas snarare av stamantalet i skärmen och föryngringens beskaffenhet. Detsamma gäller för momenten omtag, körning under kvistning-kapning samt risrensning och störning, vilka redovisas sammanslagna till ett moment kallat övrigt arbete. Ovanstående moment har inte normerats dels därför att beståndsförutsättningarna genom blockindelningen var likvärdiga mellan studieleden, dels därför att momenten kan antas spegla metodskillnader.

Prestationen mellan försöksleden vid olika medelstam jämfördes genom att lägga samman de icke volymberoende arbetsmomenten och addera dessa som en konstant till regressionsfunktionerna för fällning och kvistning-kapning. Det innebär att nivån på regressionsfunktionerna förskjuts uppåt med medelvärdet på tiden för de icke volymberoende momenten, vilka i detta fall var alla moment utom fällning och kvistning-kapning. Den totala tidsåtgången vid olika medelstam räknades sen om till prestation i antal avverkade träd per G_{15} -timme.

Avverkningskostnad

Avverkningskostnaderna beräknades utifrån det entreprenörspris som MoDo tillämpade i det distrikt och under den period när studien utfördes. Priset, 710 kr per G_{15} -tim, avser en Rottne Rapid 890 med Rottne 600 aggregat och inkluderar flytt och resor.

Skador på föryngringen

Provyteutläggning och datainsamling

Före skärmavvecklingen lades cirkelytor (radie = 2,52 m) ut objektivt inom beståndet, i ett kvadratförband på 15 × 15 m. På ytorna beskrevs föryngringen genom att registrera barrplantor, >4 dm och <100 dm, avseende trädslag och höjd i fallande dm. Den 2–3 dm djupa snön var orsaken till att de minsta plantorna inte registrerades. Även lövplantor, >4dm och <100 dm, som bedömdes kunna bli huvudstammar mättes in när huvudstammar av barr saknades. Eventuella skador på ovan nämnda plantor noterades också. Plantornas fördelning inom varje provyta registrerades också genom att ytorna delades in i fyra lika stora delar, s.k. kvartiler. Om en kvartil inom en yta saknade barrplantor eller huvudstammar av löv, räknades den som en ”nollyta”. Dessutom mättes avståndet (dm) från provytecetrum till närmaste skärpträd.

Tabell 3.

Skadeklassificering av mekaniska skador på plantor efter skärmavveckling.

Skadetyyp	Skadegrad ¹
1. Toppskott el. stam avbruten	1. Toppskott avbrutet, sidogrenar i översta grenvarv intakta 2. Toppskott avbrutet, kan bilda ny topp 3. Toppskott avbrutet, kan ej bilda ny topp
2. Sidogrenar skadade el. avbrutna	1. Enstaka grenar skadade/avbrutna 2. Mer än enstaka och <50 % av grenarna skadade/avbrutna 3. >50 % av grenarna skadade/avbrutna
3. Stamskada, bark avfläkt	1. <25 % av stammens omkrets skadad 2. >25 % och <50 % av stammens omkrets skadad 3. >50 % av stammens omkrets skadad
4. Plantan helt eller delvis uppryckt och/eller nedböjd	1. Plantan något uppryckt eller lutar <10° 2. Plantan delvis uppryckt eller lutar >10° men <45° 3. Plantan helt uppryckt eller lutar >45°
5. Riståkt planta	1. Ris endast över plantans nedre del 2. Ris över större delen av plantan, men toppen frilagd 3. Plantan helt övertäckt av ris
6. Avsågad planta	

¹Betydelse av skadegrad ovan

1. *Liten* betydelse för plantans framtida utveckling, d.v.s. viss tillväxtnedsättning kan förväntas.
2. *Måttlig* betydelse för plantans framtida utveckling, d.v.s. tillväxtnedsättning och/eller kvalitetsförsämring kan förväntas.
3. *Stor* betydelse för plantans framtida utveckling d.v.s. avsevärd tillväxtnedsättning och/eller kvalitetsförsämring kan förväntas alternativt dödlig skada.

Skadeorsak

1. Tydlig fällningsskada
2. Tydlig släpningsskada
3. Tydlig körmingskada
4. Ej tydlig skadeorsak
5. Avsågad planta

Efter skärmavveckling och uttransport av virket återinventerades provytorna där föryngringen beskrevs innan avverkning. Skadeinventeringen gjordes veckan efter avverkning. Alla barrplantor och huvudstammar av löv, >4 dm och <100 dm, som återfanns på ytorna, mättes in enligt samma förfarande som före avverkning. Dessutom skadeklassificerades plantorna med avseende på mekaniska skador uppkomna vid avverkningsarbetet. Vid denna klassificering noterades eventuella skador genom att ange skadetyper, skadegrad och skadeorsak (tabell 3). Om flera skador förekom på en planta, registreras den skada som ansågs vara av störst betydelse för plantans framtida utveckling ur tillväxt- och kvalitetssynpunkt. Om toppskottet eller stammen på en barrplanta var avbruten uppmättes en ny höjd till högsta sidoskott.

Förutom plantdata registrerades avverkningsavfallets täckningsgrad och tjocklek på ytorna samt provytornas avstånd till närmaste stickväg (dm). Avverkningsavfallets täckningsgrad angavs i procent, som andel yta täckt av ris. Ristjockleken mättes som medeltjockleken på ytan avrundat till hela dm.

Vid återinventeringen saknades ett antal plantor som registrerades innan skärmavvecklingen. Totalt saknades 27 plantor i försöksledet med konventionell fällning och 94 plantor i försöksledet med stångstötning. De försvunna plantorna beaktades vid beräkning av plantantal, plantornas medelhöjd, trädslagsblandning och andel nollytor. Däremot ingår de inte i analysen av skadade plantor (skadegrad, skadetyper och skadeorsak).

Bearbetning av data om skador på föryngring

Andel skadade plantor beräknades på följande sätt. Först beräknades antal plantor per hektar i medeltal \pm medelfel för respektive försöksled, utifrån antal plantor per provyta före och efter skärmavveckling. Skillnaden betraktades som döda och skadade plantor. Därefter sattes de erhållna plantantalen i relation till varandra. Flera beräkningar gjordes efter skärmavveckling, genom att olika allvarligt skadade plantor successivt uteslöts. Plantor med skadegrad 3, 2 och 1 slopades i nämnd ordning vid de olika beräkningarna.

Andel nollytor, d.v.s. andel kvartiler som helt saknade plantor, bestämdes inom respektive försöksled som ett mått på föryngringens rumsliga fördelning.

Plantornas medelhöjd inom respektive försöksled beräknades genom att först beräkna medelhöjden per yta och därefter utnyttja denna för att räkna ut medelhöjden per försöksled. Dessa beräkningar gjordes både före och efter skärmavveckling. Även i detta fall slopades plantor av olika skadegrad på samma sätt som vid beräkning av plantantal.

För att fastställa eventuella skillnader mellan de två testade fällningsmetoderna avseende mekaniska skador utnyttjades χ^2 -test. Det gällde jämförelser av skadefrekvens, skadegrad, skadetyper och skadeorsak. Vid dessa jämförelser utnyttjades i vissa fall alla inmätta plantor från

respektive försöksled och i vissa fall endast de skadade plantorna.
Statistikpaketet SAS/STAT (1987) procedur FREQ användes vid den
statistiska bearbetningen.

Samband mellan skadade plantor och avstånd till närmaste stickväg

Samband mellan andel skadade plantor per provyta och avstånd till närmaste stickväg bestämdes med linjär regressionsanalys enligt minsta kvadratmetoden. Andel skadade plantor per provyta var beroende variabel. Regressionerna gjordes för respektive försöksled.

Ristäckning, ristjocklek och risvolym

För att fastställa eventuella skillnader mellan de två testade fällningsmetoderna avseende avverkningsavfallets fördelning och täckningsgrad utnyttjades χ^2 -test, på samma sätt som vid analysen av skadorna på föryngringen. Registreringarna av täckningsgraden delades in i fyra klasser: 0–25 %; 26–50 %; 50–75 %; 76–100 %. Avverkningsavfallets tjocklek beräknades som ett medeltal av alla ytor per försöksled. Detta gjordes för alla provytor och även för delmängder av ytorna på olika avstånd från stickväg. Detsamma gjordes för mängden ris på provytorna, kallad risvolym. Risvolymen (m³) beräknades som produkten av yttäckning och ristjocklek. Dessutom testades sambandet mellan respektive variabel ristäckning, ristjocklek, risvolym och provytans avstånd till närmaste stickväg. Härvid nyttjades linjär regressionsanalys enligt minsta kvadratmetoden. Dessa analyser gjordes per försöksled.

Resultat

Tidsstudie

Virkesuttag och arbetsmönster

Den avverkade volymen per hektar var något högre i försöksledet med konventionell fällning än i det med stångstötning. Det först nämnda försöksledet innehöll också fler skärträden per hektar med något mindre medelstamvolym (tabell 4).

Den konventionella fällningsmetoden hade en kortare körd sträcka per hektar, fler avverkade träd per uppställningsplats och behövde täcka in en mindre andel av den totala ytan för att avverka skärträden än försöksledet med stångstötning (tabell 4). Eftersom delytorna var små, uppläggnings av stickvägar helt olika (figur 4) och stamantalet i skärmen varierade mellan de två försöksleden är det svårt att dra några långtgående slutsatser om skillnaderna i arbetsmönster. Att det konventionella studieledet hade fler stammar per hektar bidrog dock säkerligen till att fler träd kunde avverkas per uppställningsplats och kan också ha underlättat stickvägsplaneringen.

Tabell 4.

Data från tidsstudien om virkesuttag, terrängförhållande och arbetsmönster samt tidsåtgång och prestation. Data angivet per försöksled och vissa data för ett beräknat typbestånd.

	Konventionell	Stångstötning	Beräknat typbestånd
Virkesuttag vid avverkning			
Tidsstuderad areal (ha)	0,52	0,51	1,03
Antal träd/försöksled	248	185	433
Antal träd/ha	477	366	422
Diameter i brh (cm)	22,9	24,5	23,6
Medelhöjd (dm)	181	184	182
Volym (m ³ fub)	85	72	157
Volym (m ³ fub/ha)	164	142	152
Medelvolum per stam (m ³ fub)	0,34	0,39	0,36
Trädslagsblandning (% tall/gran/löv)	30/70/0	30/70/0	30/70/0
G.Y.L.	3.1.1.	3.1.1.	3.1.1.
Arbetsmönster			
Tidsstuderad areal (ha)	0,52	0,51	
Körd sträcka (m)	304	401	
Körd sträcka/ha (m/ha)	590	790	
Arbetsbredd (m)	15,4	14,8	
Andel areal inom arbetsbredd ¹	0,90	1,16	
Framryckningshastighet (m/min)	26,6	31,8	
Antal avverkade träd per uppställningsplats	2,8	2,2	
Tidsåtgång (cmin/träd) och onormerad prestation			
Kran ut	6	6	
Fällning	16	17	
Kvistning-kapning	25	27	
Övrigt arbete ² (inkl. omtag, körning under kvkp, risrensning och störning)	2	4	
Start + Halt	1	2	
Körning	5	7	
Totalt	54	62	
Prestation ³ (m ³ fub/G ₁₅ -tim)	26,8	26,6	
Medelvolum per stam (m ³ fub)	0,34	0,39	
Uttagen volym (m ³ fub)	85	72	
Uttagen volym (m ³ fub/ha)	164	142	
Tidsåtgång (cmin/träd) och normerad prestation i typbestånd			
Kran ut	6	6	
Fällning + Kvistning-kapning	42	42	
Övrigt arbete ² (inkl. omtag, körning under kvkp, risrensning och störning)	2	4	
Start + halt	1	2	
Körning	5	7	
Totalt	56	61	
Prestation ³ (m ³ fub/G ₁₅ -tim)	27,6	25,5	
Medelvolum per stam (m ³ fub)	0,36	0,36	
Uttagen volym (m ³ fub)	157	157	
Uttagen volym (m ³ fub/ha)	154	154	
Avverkningskostnad (kr/m ³ fub)	25,7	27,8	

¹ Beräknat som; (körd sträcka · arbetsbredd)/tidsstuderad areal

² Dessa moment utgjorde en så liten del av den totala tiden att de slogs ihop till övrigt arbete.

³ Omräkningsfaktorn för prestation från m³fub/G₀-tid till m³fub/G₁₅-tid är 0,71.

Tidsåtgång, prestation och kostnad

Stamvolymens betydelse för tiden för fällning och kvistning-kapning samt materialets spridning runt regressionsfunktionerna framgår av tabell 5 och figur 5. Skillnaden i tidsåtgång var liten mellan försöksleden, och av tabell 5 framgår att konfidensintervallen för funktionernas intercept inte är statistiskt skiljda åt. Vi kan inte säga att det skulle bli någon skillnad i tidsåtgång om vi upprepade försöket. Lutningskoefficienten, b , för funktionerna var också i stort sett lika i de två försöksleden, vilket också syns i figur 6 där den totala tidsåtgången i de bägge försöksleden jämförs.

Figur 4. Stickvägarnas fördelning i det studerade beståndet.

De enskilda momenten längst ned i tabell 4 visar att tiden för kran-ut ärensamma i försöksleden, vilket den bör vara eftersom tidsåtgång till största delen är förarberoende och samma förare och maskin användes. Tiden för fällning och kvistning-kapning var densamma i det normerade typbeståndet. Däremot övriga moment, d.v.s. övrigt arbete, start och halt samt körning, tog i genomsnitt en eller ett par min längre tid vid fällning med stångstötning jämfört med konventionell fällning. Skillnaden i sammanlagd tidsåtgång mellan försöksleden framgår av tabell 4 och figur 6. Skillnaderna för enskilda moment var relativt små men upprepades för flera moment, vilket kan tyda på en metodskillnad.

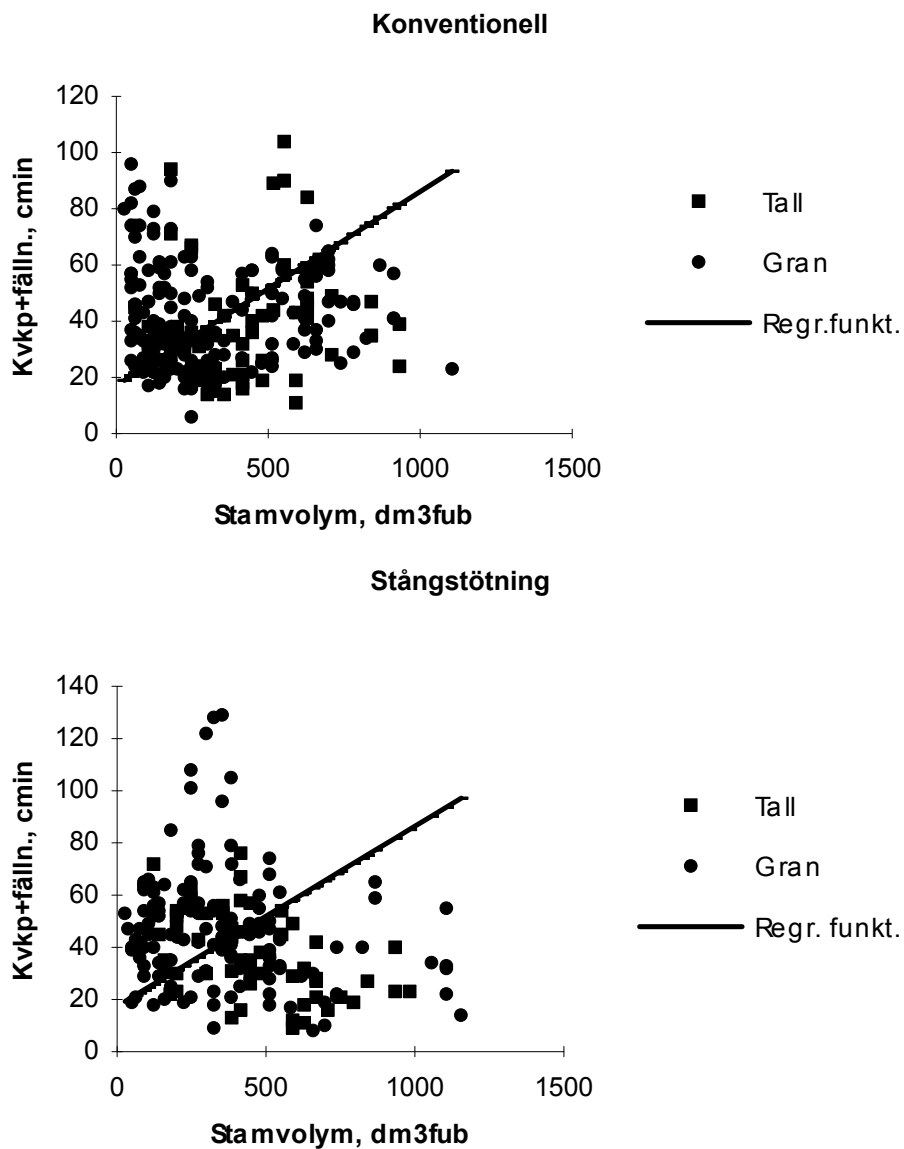
Före normering var skillnaden i prestation ($\text{m}^3\text{fub}/G_{15}\text{-tim}$) liten mellan studieleden (tabell 4). Efter normering, d.v.s. vid samma medelstamsvolym, erhöll dock studieledet med konventionell fällning ca $2 \text{ m}^3\text{fub}/G_{15}\text{-timme}$ (8 %) högre prestation än studieledet med stångstötning. Det gav en kostnad på 25,7 kr/ m^3fub för den konventionella fällningen jämfört med 27,8 kr/ m^3fub för stångstötning. Prestationsfunktionen räknades ut med hjälp av funktionen för total tidsåtgång (figur 6) och visas i figur 7 där man t.ex. kan

avläsa att 60–70 träd per G_{15} -timme avverkades vid en stamvolym på 0,5 m^3 sub.

Tabell 5.

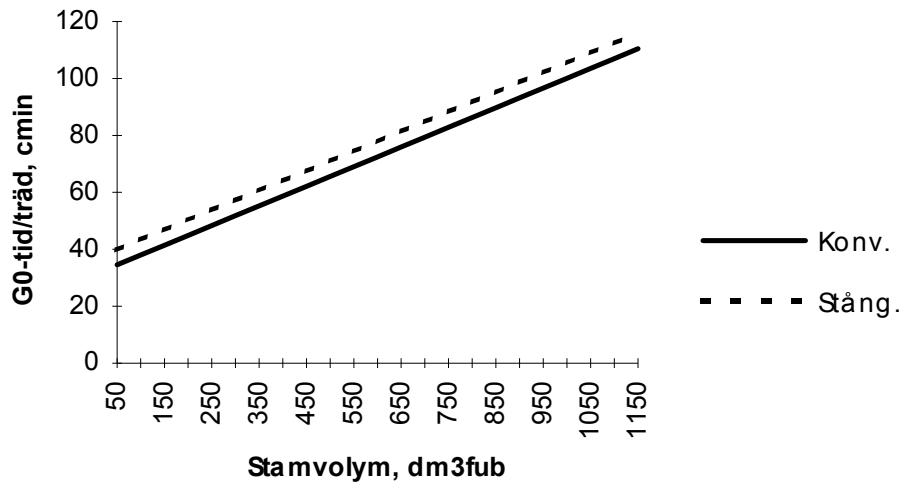
Tidsfunktioner för respektive försöksled ($y = a + b \cdot x$, där y = tid för fällning och kvistning-kapning i cmin/träd och x = trädvolym i dm^3 sub) samt regressionernas korrelation och förklaringsgrad.

Försöksled	a	95 % konfidens-intervall för a	b	95 % konfidens-intervall för b	Korrelations-koefficient	Förklarings-grad
Konventionell	17,1	15,1–19,1	0,069	0,064–0,074	0,87	0,76
Stångstötning	17,4	13,9–20,9	0,069	0,061–0,077	0,80	0,64

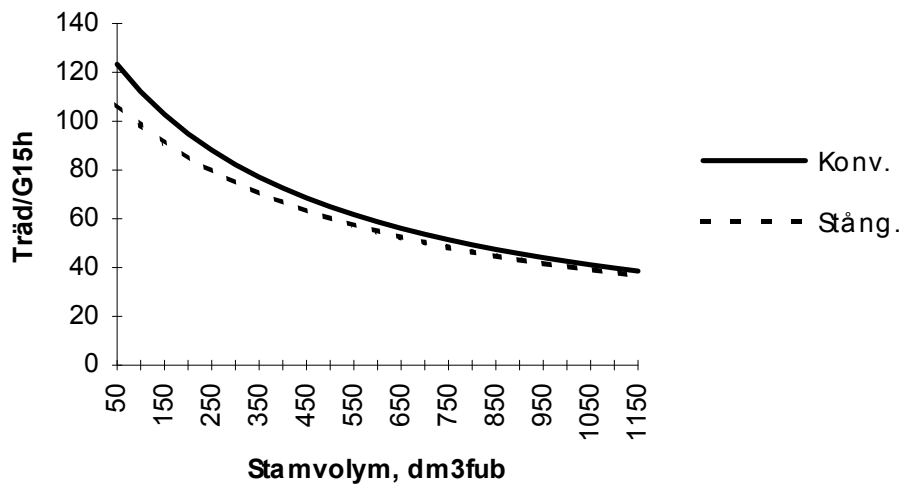


Figur 5.

Regressionsfunktioner för hur tiden för fällning (fälln.) och kvistning-kapning (kvka.) beror av stamvolymen vid konventionell fällning och fällning genom stångstötning samt materialets spridning runt funktionerna. Funktionerna redovisas i tabell 5.



Figur 6.
Total normerad tidsåtgång mätt i cmin G₀-tid per träd. Tidsåtgången är normerad med avseende på stamvolym för avverkning med konventionell fällning och stångstötning.



Figur 7.
Prestation vid olika medelstamvolym mätt i antal avverkade träd per G₁₅-timme.

Skador på föryngring

Föryngringens plantantal, luckighet och höjdförändring

Andel försvunna, dödade, skadade eller på något sätt påverkade plantor efter skärmavvecklingen var 23 % efter konventionell fällning och 36 % efter stångstötning. Om endast de försvunna, dödade och allvarligast skadade plantorna räknas med var motsvarande värden 12 och 24 %. Hela skillnaden mellan försöksleden låg i andelen ej återfunna plantor vid återinventeringen. Ser man endast till de plantor som återfanns efter avverkningen var det ingen skillnad i andel skadade plantor mellan försöksleden, 16 respektive 17 %. Detta gällde också andel skadade plantor i olika skadegradsklasser (tabell 6).

Tabell 6.

Andel försvunna och mekaniskt skadade plantor per försöksled efter skärmavveckling. Data avser alla barrplantor och huvudstammar av björk, >4 dm och <100 dm. Värdena är beräknade utifrån data i tabell 7.

	Konventionell	Stångstötning
Andel försvunna	7 %	19 %
Andel skadade, skadegrad 1	5 %	5 %
Andel skadade, skadegrad 2	6 %	6 %
Andel skadade, skadegrad 3	5 %	6 %
Total andel försvunna och skadade	23 %	36 %

Efter avverkningen fanns det ca 7 400 respektive ca 7 600 helt oskadade plantor per hektar i de olika försöksleden. Värdena var beräknade som antal plantor (barrplantor och huvudstammar av löv; >4 dm och <100 dm) i medeltal per hektar. Om endast de mest allvarligt skadade (skadegrad = 3) plantorna räknades bort var motsvarande värden ca 8 400 och ca 8 900 (tabell 7).

Andel nollytor (eg. nollkvartiler) skiljde sig inte mellan försöksleden. Andelen ökade från 7 % innan avverkning till 27–29 % om försvunna och alla skadade plantor inte räknades med. Motsvarande siffra var 18 % för båda försöksleden om endast de allvarligast skadade plantorna räknades bort (tabell 7).

Trädslagsblandningen hos den inmätta föryngringen förändrades från 94 % barr och 6 % huvudstammar av löv före avverkning till förhållandet 99 till 1 %. Det visar att lövplantor försvunnit och skadats i större utsträckning än barrplantor.

Plantornas medelhöjd förändrades marginellt, – 1 dm, efter avverkningen. Detta gällde båda försöksleden (tabell 7).

Tabell 7.

Föryngringens plantantal, medelhöjd, trädslagsblandning och nollyteprocent inom de olika försöksleden innan och efter skärmavveckling. Data avser alla barrplantor och huvudstammar av björk, >4 dm och <100 dm. Medeltal och medelfel per försöksled. Max- och minvärden inom parentes.

		Konventionell	Stångstötning
Plantor			
Antal ytor		21	21
Antal inmätta plantor,	före ^a	401	497
	återfunna ^b	374	403
	återfunna exkl. s-grad ^c >2	354	374
	återfunna exkl. s-grad ^c >1	327	341
	återfunna exkl. s-grad ^c >0	308	319
Plantor/ha,	före	9 571 ± 2 092 (3 008–45 613)	11 863 ± 1 512 (1 002–28 571)
	återfunna	8 927 ± 2 224 (1 002–45 613)	9 619 ± 1 471 (1 504–22 556)
	återfunna exkl. s-grad >2	8 450 ± 2 191 (1 002–45 613)	8 927 ± 1 461 (1 002–22 556)
	återfunna exkl. s-grad >1	7 805 ± 2 195 (1 002–45 613)	8 139 ± 1 427 (501–22 055)
	återfunna exkl. s-grad >0	7 352 ± 2 206 (501–45 613)	7 614 ± 1 434 (501–22 055)
Medelhöjd (dm),	före	12 ± 4 (6–91)	11 ± 1 (5–23)
	återfunna	11 ± 1 (6–21)	10 ± 1 (5–19)
	återfunna exkl. s-grad >2	11 ± 1 (6–19)	10 ± 1 (5–19)
	återfunna exkl. s-grad >1	11 ± 1 (6–21)	11 ± 1 (5–19)
	återfunna exkl. s-grad >0	11 ± 1 (6–19)	10 ± 1 (5–18)
Trädslagsblandning, (% gran/björk)	före	94/6	94/6
	återfunna	99/1	99/1
	återfunna exkl. s-grad >2	99/1	99/1
	återfunna exkl. s-grad >1	98/2	99/1
	återfunna exkl. s-grad >0	99/1	99/1
"Nollytor"^d			
Andel "nollytor" (%),	före	7	7
	återfunna	15	15
	återfunna exkl. s-grad >2	18	18
	återfunna exkl. s-grad >1	24	24
	återfunna exkl. s-grad >0	29	27

^a Data före skärmavveckling.

^b Data avser alla återfunna plantor efter skärmavveckling.

^c Data avser alla återfunna plantor efter skärmavveckling exkl. olika skadegrader (s-grad). Se tabell 3 för förklaring.

^d Egentligen nollkvartiler.

Skadade plantor

Vid jämförelse mellan försöksleden avseende andel återfunna skadade plantor kunde ingen statistisk påvisbar skillnad (χ^2 -test) påvisas ($p = 0,259$). Det gällde även de skadade plantornas skadegrad ($p = 0,853$), skadetyper ($p = 0,129$) och skadeorsak ($p = 0,166$). Se tabell 8. Däremot om de försvunna plantorna adderades till de skadade var skillnaden signifikant ($p = 0,000$) mellan försöksleden.

Tabell 8.

Antal och andel mekaniskt skadade plantor efter skärmavveckling. Data avser alla barrplantor och huvudstammar av björk, >4 dm och <100 dm, som återfanns efter skärmavveckling.

	Konventionell		Stångstötning	
Skadade plantor inkl. försvunna				
<i>Antal plantor</i>	401		497	
<i>Oskadade (Skadegrad 0)</i>	308	(77 %)	319	(64 %)
<i>Skadade (Skadegrad 1–3)</i>	93	(23 %)	178	(36 %)
χ^2 – värde	16,78			
<i>p</i> -värde	0,000			
Skadade plantor exkl. försvunna				
<i>Antal plantor</i>	374		403	
<i>Oskadade (Skadegrad 0)</i>	308	(82 %)	319	(79 %)
<i>Skadade (Skadegrad 1–3)</i>	66	(18 %)	84	(21 %)
χ^2 – värde	1,272			
<i>p</i> -värde	0,259			
Skadegrad				
<i>Antal plantor</i>	66		84	
<i>Skadegrad 1</i>	19	(29 %)	22	(26 %)
<i>Skadegrad 2</i>	27	(41 %)	33	(39 %)
<i>Skadegrad 3</i>	20	(30 %)	29	(35 %)
χ^2 – värde	0,317			
<i>p</i> -värde	0,853			
Skadetyper				
<i>Antal plantor</i>	66		84	
<i>Topp- el. stambrott</i>	14	(21 %)	13	(16 %)
<i>Grenbrott</i>	29	(44 %)	27	(32 %)
<i>Stamskada</i>	2	(3 %)	5	(6 %)
<i>Uppryckt el. nedböjd</i>	11	(17 %)	11	(13 %)
<i>Ristäckt</i>	8	(12 %)	18	(21 %)
<i>Avkapad planta</i>	2	(3 %)	10	(12 %)
χ^2 – värde	8,537			
<i>p</i> -värde	0,129			
Skadeorsak				
<i>Antal plantor</i>	66		84	
<i>Fällningsskada</i>	6	(9 %)	8	(10 %)
<i>Släpskada</i>	1	(2 %)	1	(1 %)
<i>Körningsskada</i>	16	(24 %)	27	(32 %)
<i>Ej tydlig orsak</i>	41	(62 %)	38	(45 %)
<i>Avkapad planta</i>	2	(3 %)	10	(12 %)
χ^2 – värde	6,480			
<i>p</i> -värde	0,166			

I försöksledet med konventionell fällning fanns en tendens till att andel skadade plantor ökade med ökad planthöjd. Andelen var ca 10 % i den lägsta och 40 % i den högsta höjdklassen. Detta gällde inte i stångstötning, där skadenivån var 20–25 % oberoende av höjdklass (figur 8).

Beträffande skadetyperns höjdberoende var det svårt att urskilja någon skillnad mellan försöksleden (figur 9). Däremot fanns det några generella tendenser i materialet som helhet: (1) toppbrott var mindre frekvent i den lägsta höjdklassen; (2) uppryckta och/eller nedböjda plantor var oftast <20 dm; (3) ristäckta plantor var företrädesvis <15 dm. En relativt stor andel av de skadade plantorna hade avbrutna sidogrenar, företrädesvis efter den konventionella fällningen. Det förekom få stamskador och i de fall de förekom var det främst på stora plantor.

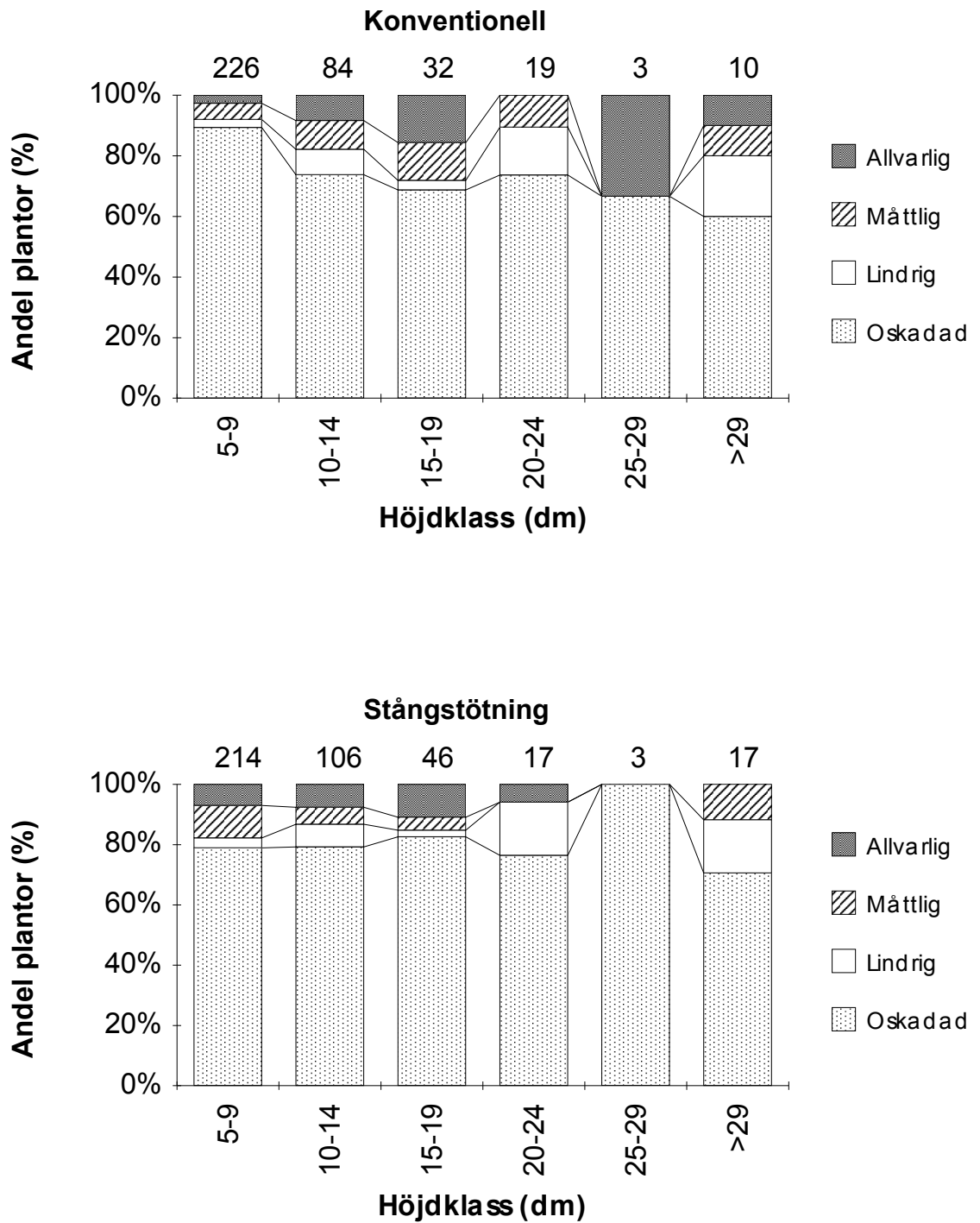
Fällningsskadorna ökade med ökad höjd på plantorna. Andel körskadade plantor var relativt lika i de olika höjdklasserna efter konventionell fällning. Däremot efter stångstötning var andelen mest frekvent i de två lägsta höjdklasserna (figur 10). Det var i många fall svårt att fastställa den exakta skadeorsaken, vilket framgår av den stora andelen i klassen ”ej tydlig orsak”.

Det var topp- och stambrott, nedböjda och uppryckta plantor samt bortkappade plantor som gav de mest allvarliga skadorna (figur 11). Av dessa skador var minst 50 % klassade som allvarliga (skadegrad 3). Däremot klassades skadetyperna grenbrott, stamskada och ristäckning till minst 80 % som lindriga eller måttliga skador (skadegradsklasserna 1 och 2).

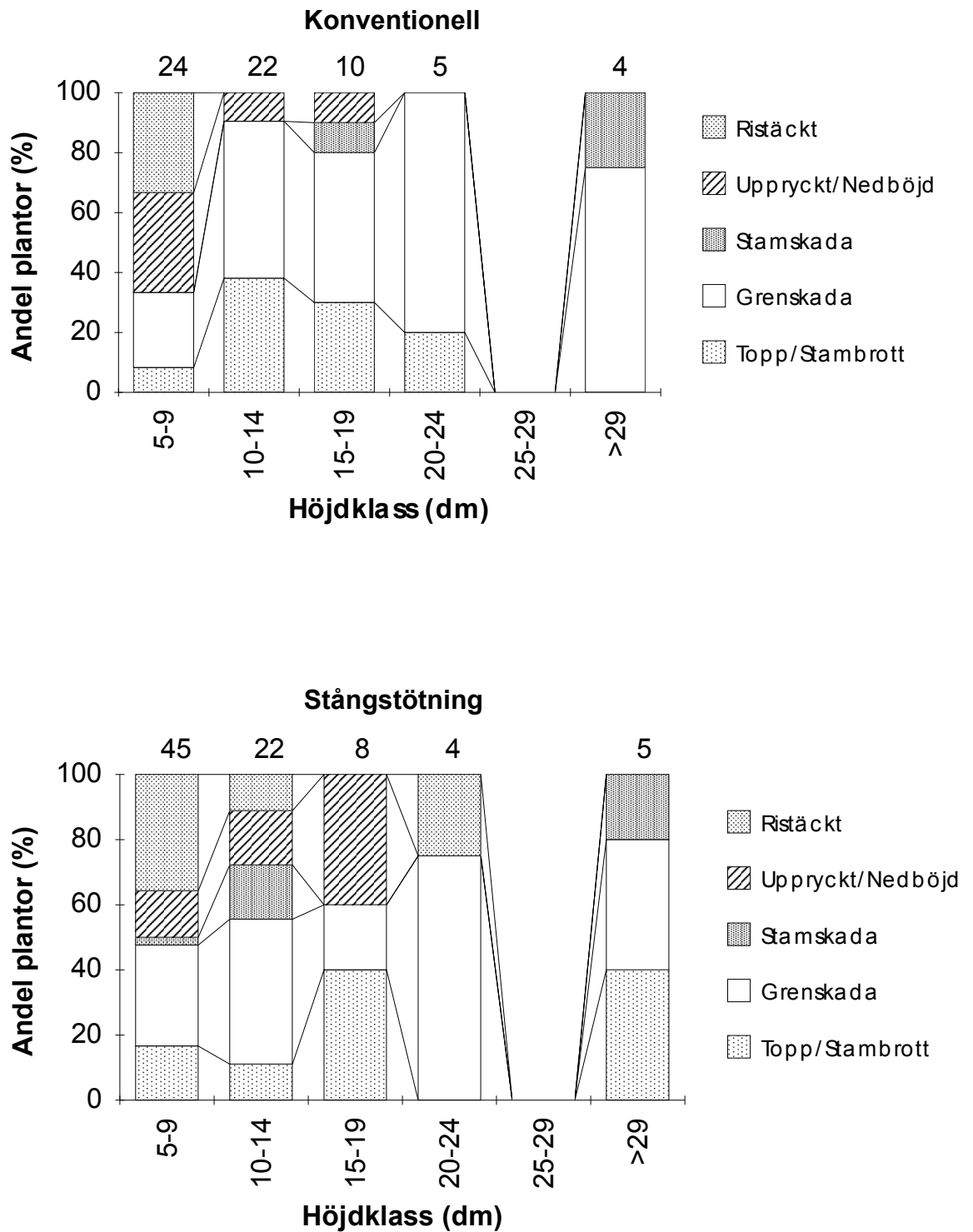
Samband mellan skador och avstånd till närmaste stickväg

Det fanns ett linjärt samband mellan andel skadade plantor per yta och avstånd till närmaste stickväg i försöksledet med stångstötning. Det gällde inte för den konventionella fällningsmetoden (figur 12).

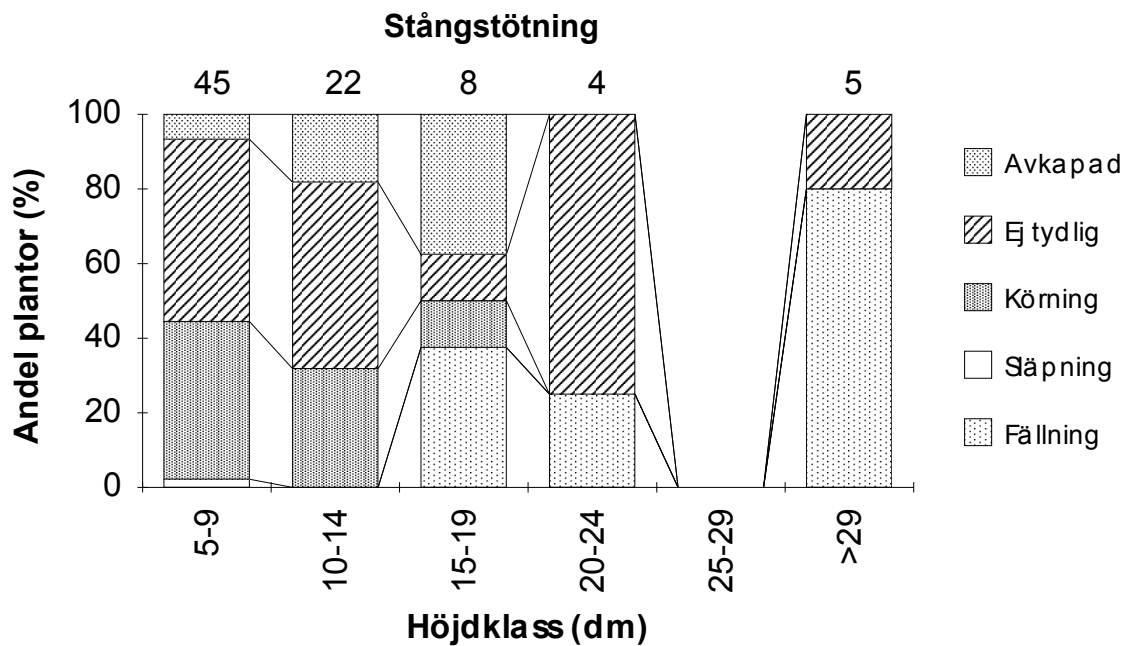
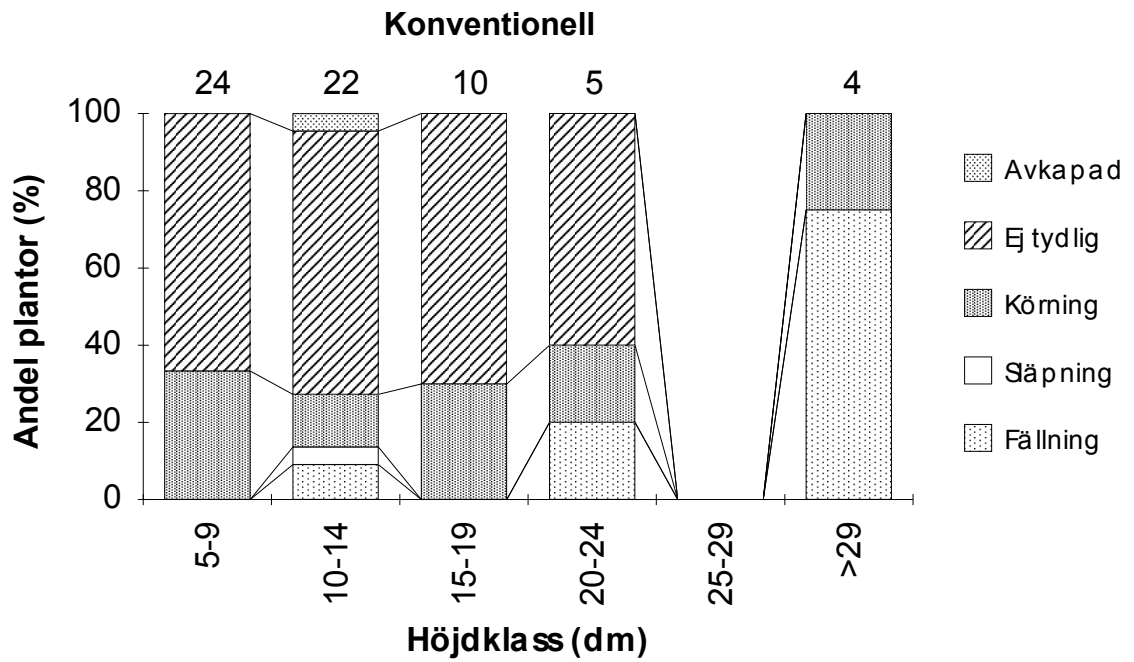
Beträffande provytornas medelavstånd till närmaste stickväg var det 9 dm kortare i försöksledet med stångstötning jämfört med konventionell fällning (tabell 9). Vid stångstötning låg 81 % av ytorna inom 40 dm från en stickväg. Motsvarande siffra för konventionell fällning var 62 %. Ser man endast till andel ytor inom 20 dm från en stickväg var andelarna 43 respektive 19 %. Möjligen kan detta ha bidragit till att den totala skadenivån (försvunna + skadade plantor) var högre i försöksledet med stångstötning.



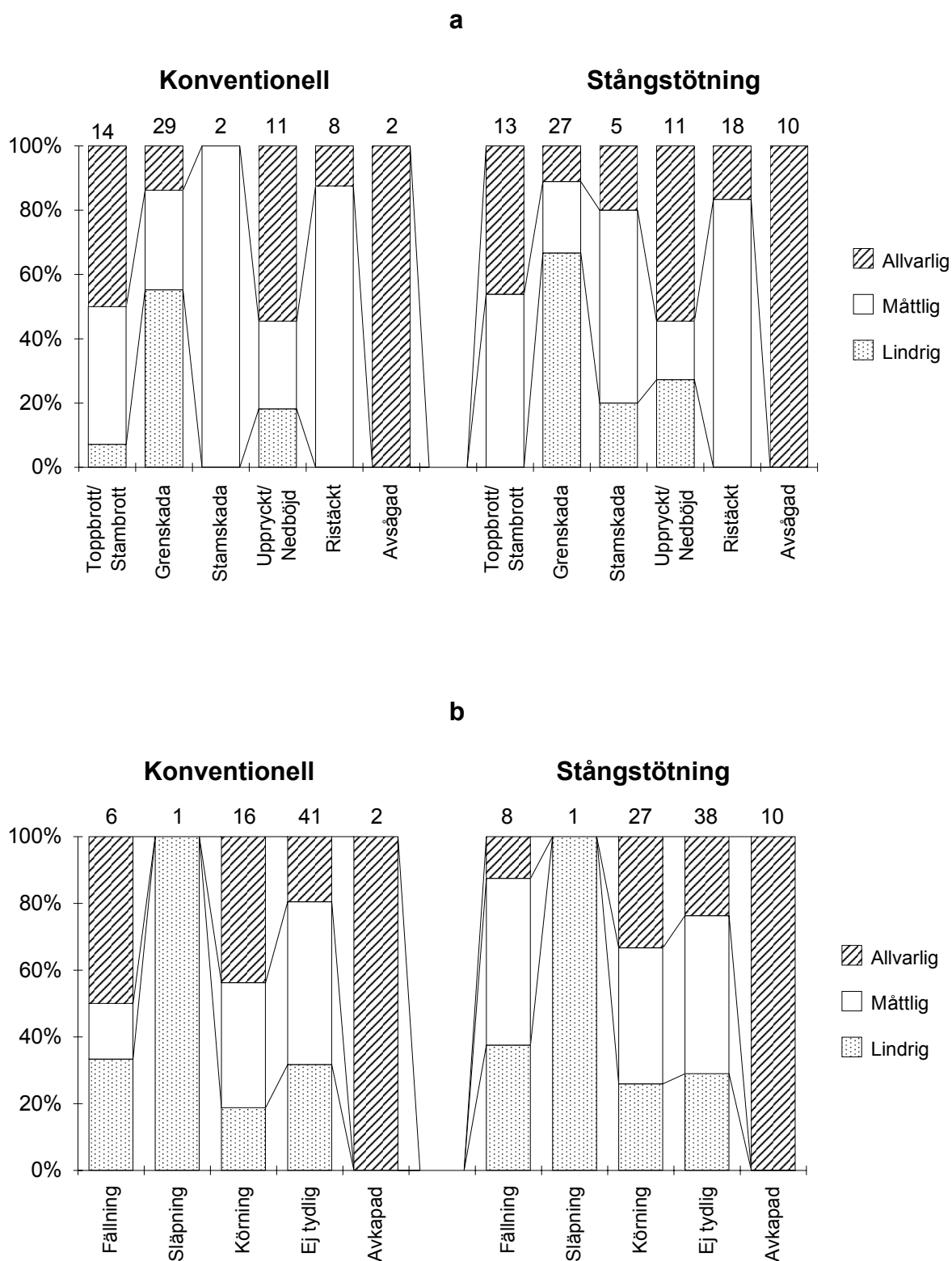
Figur 8.
 Plantornas fördelning på skadegrad i olika höjdklasser för konventionell fällning och fällning genom stångstötning. Antal plantor per höjdclass är angivet på staplarna. Skadegrad: Oskadad; Lindrig skada; Måttlig skada; Allvarlig skada. För vidare förklaring se tabell 3.



Figur 9.
 De skadade plantornas fördelning på skadetyp i olika höjdklasser för konventionell fällning och fällning genom stångstötning. Antal plantor per höjdklass är angivet på staplarna. Skadetyper: Topp- eller stambrott; Skadade grenar; Stamskada; Uppryckt eller nedböjd planta; Ristäckt planta. För vidare förklaring se tabell 3.

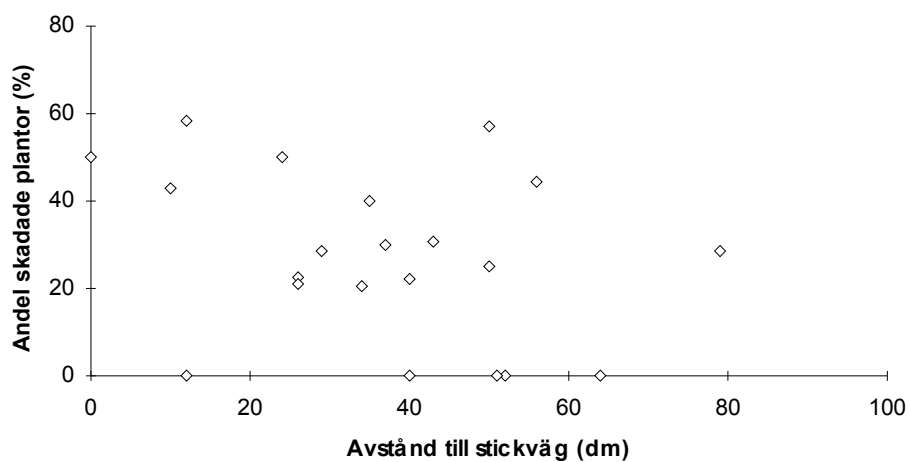


Figur 10. De skadade plantornas fördelning på skadeorsak i olika höjdklasser för konventionell fällning och fällning genom stångstötning. Antal plantor per höjdklass är angivet på staplarna. Skadeorsak: Fällningsskada; Släpningsskada; Körningsskada; Ej tydlig skadeorsak; Avkapad planta. För vidare förklaring se tabell 3.

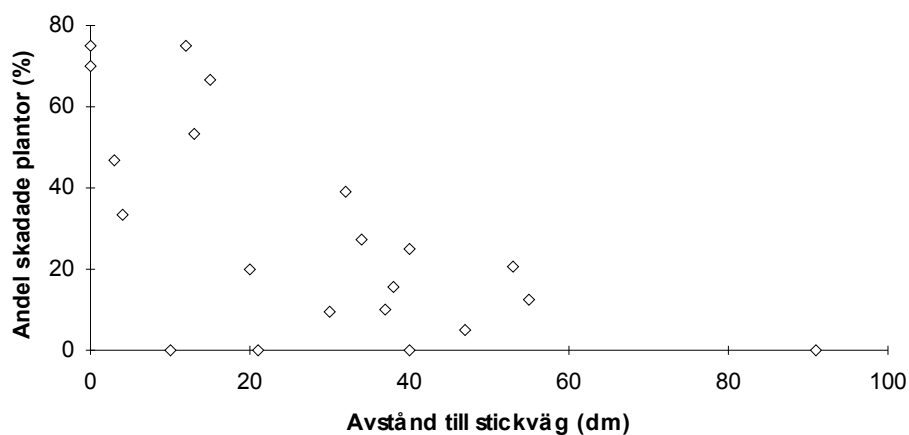


Figur 11. De olika skadetypernas och skadeorsakernas påverkan på plantorna. Figuren visar de skadade plantornas fördelning på (a) skadegrad och skadetyptyp samt (b) skadegrad och skadeorsak för konventionell fällning och fällning genom stångstötning. Antal plantor per höjdclass är angivet på staplarna. För vidare förklaring av skadegrad, skadetyptyp och skadeorsak se figur 5–7 samt tabell 3.

Konventionell



Stångstötning



Figur 12. Samband mellan provytornas avstånd till stickväg och andel skadade plantor för konventionell fällning och fällning genom stångstötning. Linjärt regressionssamband för:

konventionell: $s = 39,0 - 0,321 \cdot a$ ($r^2 = 0,10$; $p = 0,1546$; $n = 21$) och för stångstötning: $s = 49,7 - 0,738 \cdot a$ ($r^2 = 0,40$; $p = 0,0021$; $n = 21$), där s = andel skadade plantor per provyta; a = avstånd till närmaste stickväg; r^2 = förklaringsgrad; p = signifikansnivå på linjens lutning; n = antal ytor.

Tabell 9.

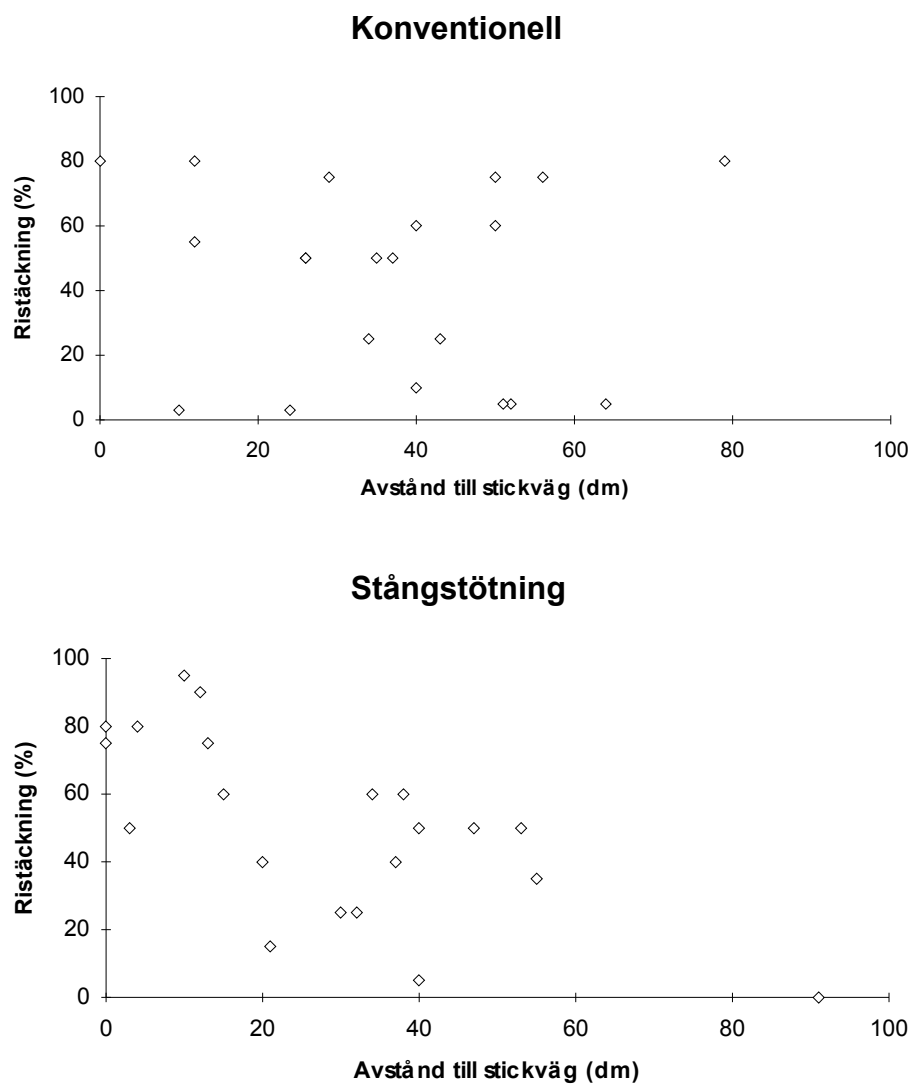
Avverkningsavfallets täckningsgrad, tjocklek och volym samt provytornas avstånd till närmaste stickväg efter skärmavveckling. Data angivet per försöksled.

	Konventionell	Stångstötning
Avverkningsavfallets täckningsgrad		
<i>Antal ytor</i>	21	21
0–25 %	8 (38 %)	5 (24 %)
26–50 %	4 (19 %)	7 (33 %)
51–75 %	6 (29 %)	5 (24 %)
76–100 %	3 (14 %)	4 (19 %)
χ^2 – värde	1,744	
p-värde	0,627	
Avverkningsavfallets tjocklek i dm [medeltal ± medelfel (min – max)]		
<i>Alla ytor</i>		
<i>Antal ytor</i>	21	21
<i>Ristjocklek</i>	2,0 ± 0,3 (0–5)	2,1 ± 0,3 (0–4)
<i>Stickvägsavstånd <41 dm</i>		
<i>Antal ytor</i>	13	17
<i>Ristjocklek</i>	2,6 ± 0,3 (1–5)	2,2 ± 0,3 (0–4)
<i>Stickvägsavstånd <31 dm</i>		
<i>Antal ytor</i>	8	11
<i>Ristjocklek</i>	3,0 ± 0,3 (2–5)	2,4 ± 0,3 (1–4)
<i>Stickvägsavstånd <21 dm</i>		
<i>Antal ytor</i>	4	9
<i>Ristjocklek</i>	3,2 ± 0,6 (2–5)	2,3 ± 0,4 (1–4)
Avverkningsavfallets volym i m³ [medeltal ± medelfel (min – max)]		
<i>Alla ytor</i>		
<i>Antal ytor</i>	21	21
<i>Risvolym</i>	2,0 ± 0,4 (0,0–8,0)	2,4 ± 0,4 (0,0 - 7,6)
<i>Stickvägsavstånd <41 dm</i>		
<i>Antal ytor</i>	13	17
<i>Risvolym</i>	2,6 ± 0,6 (0,1–8,0)	2,7 ± 0,5 (0,0 - 7,6)
<i>Stickvägsavstånd <31 dm</i>		
<i>Antal ytor</i>	8	11
<i>Risvolym</i>	3,2 ± 0,9 (0,1–8,0)	3,1 ± 0,7 (0,9 - 7,6)
<i>Stickvägsavstånd <21 dm</i>		
<i>Antal ytor</i>	4	9
<i>Risvolym</i>	4,1 ± 1,6 (0,1–8,0)	3,6 ± 0,8 (1,0–7,6)
Provytornas avstånd till närmaste stickväg i dm [medeltal ± medelfel (min – max)]		
<i>Antal ytor</i>	21	21
<i>Medelavstånd</i>	37 ± 4 (0–79)	28 ± 5 (0–91)
Fördelning av provytornas avstånd till närmaste stickväg		
0–20 dm	19 %	43 %
21–40 dm	43 %	38 %
41–60 dm	28 %	14 %
61–80 dm	5 %	0 %
81–100 dm	5 %	5 %

Ristäckning, ristjocklek och risvolym

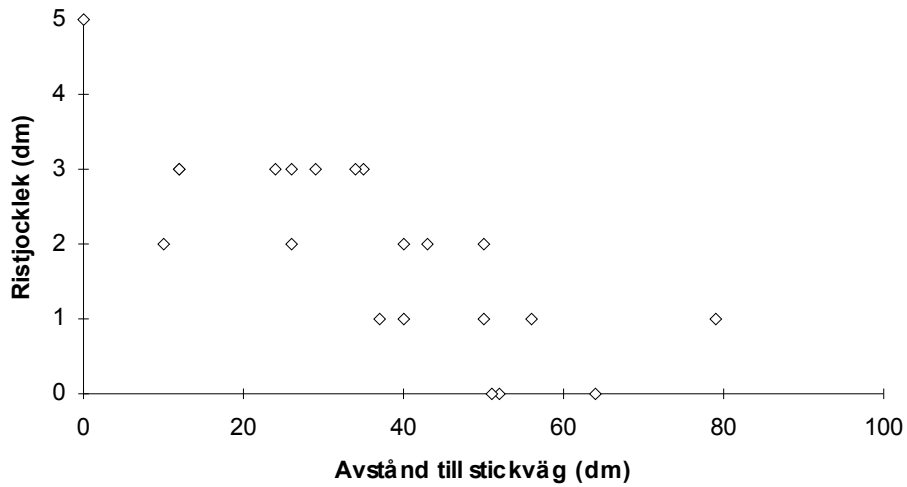
Det fanns ingen statistiskt signifikant ($p = 0,627$) skillnad mellan försöksleden avseende avverkningsavfallets täckningsgrad. Det var heller ingen tydlig skillnad mellan försöksleden i avverkningsavfallets tjocklek och risvolym vare sig alla ytor beaktades eller om endast ytorna närmast stickvägen inkluderades (tabell 9). För avverkningsavfallets tjocklek var det snarast att tjockleken ökade i den konventionella fällningen när ytorna närmast stickvägen beaktades, men det gjorde den inte efter stångstötning. Beträffande risvolymen på ytorna ökade medeltalen i båda försöksleden när ytorna närmast stickvägen sorterades ut.

För stångstötningen fanns det ett statistiskt signifikant negativt linjärt samband mellan risets täckningsgrad och provytans avstånd till närmaste stickväg, men inte för den konventionella fällningen (figur 13). För risets tjocklek på provytorna var förhållandet det omvända, d.v.s. att den konventionella fällningen uppvisade ett negativt samband, medan stångstötningen inte visade något tydligt samband (figur 14). För risvolymen på ytorna fanns det negativa linjära samband med avståndet till närmaste stickväg i båda försöksleden. Sambandet var något starkare för den konventionella fällningen (figur 15).

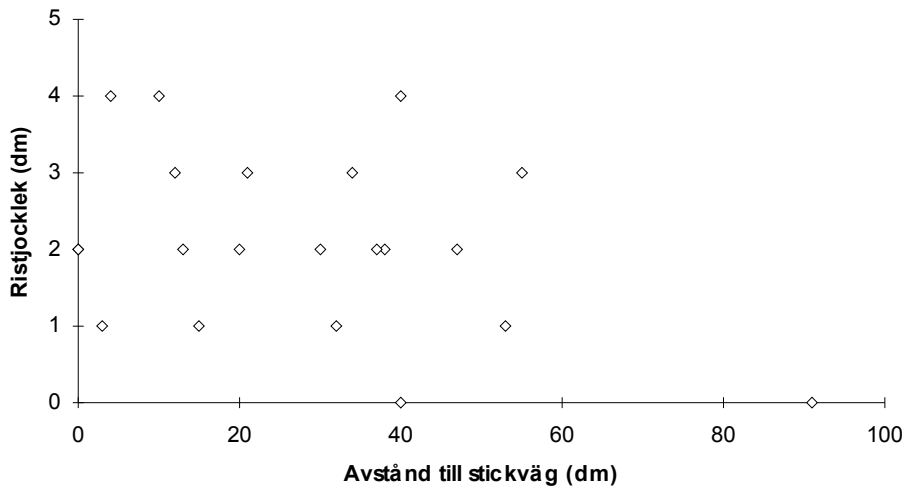


Figur 13. Samband mellan provytornas avstånd till stickväg och andel ristäckt provyta för konventionell fällning och fällning genom stångstötning. Linjärt regressions samband för: konventionell: $s = 48,0 - 0,112 \cdot a$ ($r^2 = 0,01$; $p = 0,7502$; $n = 21$) och för stångstötning: $s = 73,2 - 0,802 \cdot a$ ($r^2 = 0,45$; $p = 0,0009$; $n = 21$), där s = andel ristäckt provyta; a = avstånd till närmaste stickväg; r^2 = förklaringsgrad; p = signifikansnivå på linjens lutning; n = antal ytor.

Konventionell



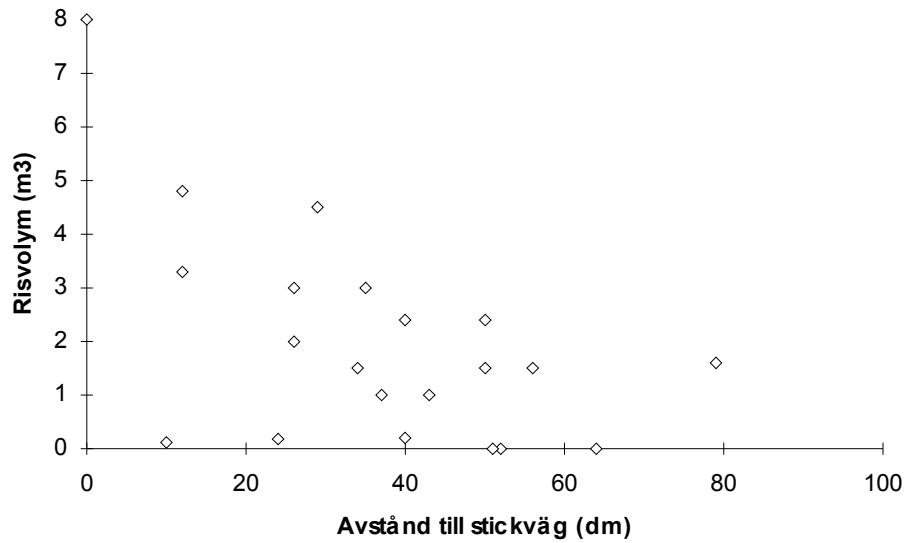
Stångstötning



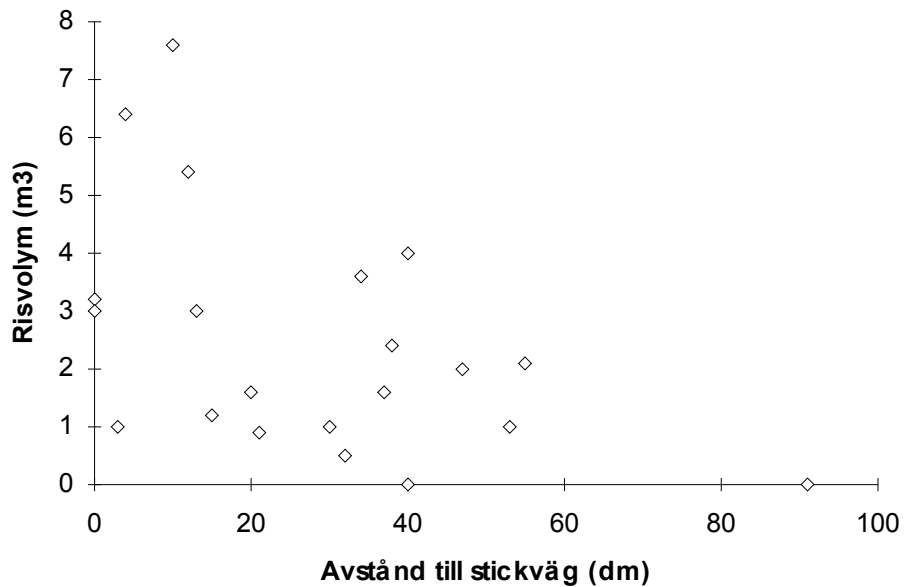
Figur 14. Samband mellan provytornas avstånd till stickväg och ristjocklek på provytorna för konventionell fällning och fällning genom stångstötning. Linjärt regressionssamband för:

konventionell: $s = 3,85 - 0,052 \cdot a$ ($r^2 = 0,61$; $p = 0,0001$; $n = 21$) och för stångstötning: $s = 2,63 - 0,019 \cdot a$ ($r^2 = 0,13$; $p = 0,1065$; $n = 21$), där s = ristjocklek på provyta; a = avstånd till närmaste stickväg; r^2 = förklaringsgrad; p = signifikansnivå på linjens lutning; n = antal ytor.

Konventionell



Stångstötning



Figur 15.

Samband mellan provytornas avstånd till stickväg och risvolym på provytorna för konventionell fällning och fällning genom stångstötning. Linjärt regressions samband för:

konventionell: $s = 4,11 - 0,058 \cdot a$ ($r^2 = 0,31$; $p = 0,0083$; $n = 21$) och för

stångstötning: $s = 3,69 - 0,044 \cdot a$ ($r^2 = 0,23$; $p = 0,0275$; $n = 21$), där

s = risvolym på provyta; a = avstånd till närmaste stickväg; r^2 = förklaringsgrad;

p = signifikansnivå på linjens lutning; n = antal ytor.

Diskussion

Skillnaden i prestation mellan de bägge försöksleden var liten och inte statistiskt säkerställd. Prestationen blev dock något lägre vid fällning med stångstötningssmetoden, vilket är att hänföra till längre tidsåtgång för start, körning, halt och övrigt arbete. Tidsåtgången för fällning och upparbetning (kvistning-kapning) var däremot densamma för de båda fällningsmetoderna. Att start, halt och körning tagit längre tid vid stångstötning beror på att körsträckan per hektar var längre. Detta kan i sin tur vara en metodskillnad som speglar den något smalare arbetsbredd som fällning med stångstötning medförde. Men det kan också tänkas att de färre träden per hektar i studieledet med stångstötning gjorde det svårare att planera stickvägen optimalt. Att tiden för övrigt arbete (omtag, körning under kvistning-kapning, risrensning och störning) ökade i studieledet med stångstötning kan också spegla en metodskillnad men även bero på att föraren, trots tidigare erfarenhet, inte var lika van vid stångstötning som konventionell fällning. I någon mån kan det tänkas att den lägre prestationen vid stångstötning kompenseras av högre prestation på skotningen, genom att virket koncentreras till färre och större högar, vilket minskar lastningstiden för en skotare. Om den skillnad i prestation som studien indikerar skulle bestå i praktisk drift, med erfaren förare, blir merkostnaden i avverkning ca 2 kr/m³fub. Avgörande för om man vill ta denna merkostnad är om den uppvägs av eventuella fördelar som fällning genom stångstötning kan medföra.

Resultaten från tidsstudien tyder på att dagens engreppsskördare är mindre känsliga för trädvolymen jämfört med äldre maskiner. Lutningskoefficienten, b , (tabell 5), i tidsfunktionerna är mindre än i tidigare studier av engreppsskördare i slutavverkning. Exempelvis uppger Brunberg (1988) b till 0,107. Sedan 1988 har dock engreppsskördaraggregaten genomgått en betydande teknikutveckling. I ett underlag för produktionsnorm för stora engreppsskördare i slutavverkning (Brunberg, 1995) anges b uppgå till 0,056, vilket stämmer väl med dessa studier. Tidigare studier av skärmavveckling med engreppsskördare (Valmet 955 och 960 aggregat) har gett lutningskoefficienter på ca 0,08, utom i ett fall av grov och lättkvistad tall då b endast var 0,04 (Westerberg, 1995). Jämfört med ett slutavverkningsbestånd har ett skärmbestånd färre träd per hektar med mindre spridning i stamvolym. Genom att träden i en skärm har stått relativt friställda, under en period av ca 10–15 år, kan man också förmoda att andelen svårkvistade träd, d.v.s. träd med grova grenar, relativt sett är högre i ett skärmbestånd. Ett rimligt antagande är därför att lutningskoefficienten generellt borde vara något högre vid skärmavveckling än vid slutavverkning, d.v.s. normalt kanske ligga någonstans i intervallet 0,06–0,08.

Prestationen var relativt hög i bägge försöksleden (figur 7). Man kan få en indikation på detta om man jämför prestationskurvans funktionsvärde vid en given medelstam med MoDo Skog ABs bortsättningsunderlag. Vid en stamvolym på 0,5 m³fub avverkades 60–70 träd per G₁₅-timme i denna studie, vilket låg 15 till 20 procent över MoDo Skog ABs bortsättningsunderlag.

Ett motiv för att nyttja stångstötning vid fällning, formulerad i hypotesen, var att andelen skadade plantor skulle öka i stickvägen, minska mellan stickvägarna och sammanlagt bli mindre än vid konventionell fällning. Resultatet stämde enligt hypotesen avseende skadornas fördelning i förhållande till stickväg. Däremot visade den totala skadefrekvensen i föryngringen det motsatta och skulle alltså inte stödja hypotesen. Det finns dock flera skäl att ifrågasätta det totala skaderesultatet.

Studien var relativt liten och mer av karaktären pilotstudie. Det gjorde att relativt få provytor lades ut för skadeuppföljning i föryngringen och därför finns det anledning att fundera över provyternas representativitet. Om man ser på provyternas avstånd till närmaste stickväg (tabell 9) låg ca 80 % inom 4 meter från stickväg i försöksledet med stångstötning och endast ca 60 % inom 4 meter vid konventionell fällning, vilket måste ha bidragit till den högre skadenivån (försvunna och skadade plantor) i försöksledet med stångstötning. Det skulle alltså tala för att skadorna överskattats i detta försöksled. Ser man till föryngringens beskaffenhet innan avverkning (figur 1) var den relativt likvärdig i de två försöksleden och jämförbarheten måste bedömas som god, med den restriktionen att det var relativt få ytor i undersökningen som tidigare påpekats. Även data på skärträden (tabell 1) tyder på att jämförbarheten i de olika försöksleden var förhållandevis tillfredsställande. Däremot finns inga uppgifter på skärträdens rumsliga fördelning. Det ovan anförda, gör det svårt att uttala sig om det fanns några klara entydiga skillnader mellan fällningsmetoderna i skadefrekvens eller skadebild (skadegrad, skadetyper eller skadeorsaker) på föryngringen efter skärmavveckling.

Däremot finns det indikationer på att skadornas fördelning i beståndet skiljer sig åt mellan försöksleden. En skillnad var skadeandelen per yta i förhållande till avståndet till stickväg. Som förväntat enligt hypotesen tycks skadorna koncentreras i och kring stickvägen vid stångstötning. Det fanns ett linjärt samband mellan andelen skadade plantor per yta och avstånd till närmaste stickväg i försöksledet med stångstötning. Det gällde inte för den konventionella fällningsmetoden (figur 12).

Ett problem vid tolkningen av resultaten, som tidigare påpekats, var att provytorna låg på olika avstånd från stickvägen i de båda försöksleden. Ett försök att förbättra jämförbarheten av skadenivån vore att göra en slags normering. Utnyttjar man det framtagna linjära regressions sambandet (figur 12), mellan avstånd till stickväg och skadenivå för stångstötning, ger ett medelavstånd till stickväg för provytorna på 28 dm en ”medelskadenivå” på 29 %. Ökar medelavståndet till 37 dm minskar skadenivån till 22 %. Motsvarande värden för konventionell fällning är 30 % (28 dm) och 27 % (37 dm). Det finns alltså skäl att tro att stångstötning kan ge minskad skadenivå med ökat stickvägsavstånd, vilket inte skulle vara fallet med konventionell fällning. En fråga man dock måste ställa sig är om metoden med stångstötning i sig medför ett kortare stickvägsavstånd. Det vill säga att maskinen måste köra närmare träden för att kunna utföra fällningstekniken

och det är svårt eller omöjligt att erhålla stora avstånd mellan stickvägarna. Det som talar för detta antagande i denna studie var att maskinens arbetsbredd vid stångstötning var något smalare, 14,8 m, jämfört med konventionell fällning, 15,4 m. Men skillnaden är så pass liten att det är svårt att uttala sig bestämt. Dessutom var stickvägsmönstret olika i försöksleden (figur 4), vilket försvårar jämförelsen.

En iakttagelse är att andel skadade plantors beroende av höjden tycks vara olika i försöksleden (figur 8). Medan skadeandelen var relativt konstant inom de olika höjdklasserna, efter stångstötning, ökade andelen skadade plantor med ökad höjd efter konventionell fällning. Detta var inte speciellt tydligt i en tidigare studie av skärmavveckling med konventionell fällning med en- och tvågreppsskördare (Sikström, 1995). Däremot var det tydligt i samma studie att andelen fällningsskador ökade med ökad planthöjd. Det har även visats i ytterligare en studie (Skoklefald, 1967). Fällningsskador leder oftast till allvarliga skador, vilket dessa resultat tyder på och även tidigare studier visat (Sikström, 1995). Detta skulle tala för att stångstötning kan vara fördelaktig när föryngringen nått en relativt hög höjd, >1,5–2 meter. I dessa fall skulle konventionell fällning kunna tänkas minska plantbeståndets medelhöjd mer än vid fällning med stångstötning. Fördelen med stångstötning kan således tänkas bli större ju högre plantbeståndet är. I Danmark utnyttjar man också fällning genom stångstötningsteknik vid avveckling av skärmar med 2–3 meter hög föryngring under. Där måste man nämligen ofta släppa upp föryngringen till den höjden p.g.a. allvarliga frostproblem.

En annan iakttagelse, som gjordes i samband med avverkningen, var att stickvägen blev betydligt bättre risad i försöksledet med stångstötning. Om den primära målsättningen varit att risa stickvägen hade nog ett liknande resultat kunna uppnås även med konventionell fällning, genom att släpa in trädet och upparbeta det framför maskinen. Prestationsmässigt borde det dock vara en fördel att utnyttja trädets vikt i fällningsögonblicket till att förflytta det till stickvägen, framför att med maskinkraft släpa in det till stickvägen. Det senare torde också öka skadorna på föryngringen. På obärig mark borde risning av stickvägen i sig kunna motivera stångstötning som fällningsmetod vid skärmavveckling. Möjligen gäller det också andra avverkningsformer, exempelvis slutavverkning, där virkesmängden blir större och skotningen mer omfattande.

Eftersom upparbetningen begränsas till en mindre yta vid stångstötningen kan man förvänta sig förhållandevis många ytor med mycket liten ristäckningsgrad och förhållandevis många med stor ristäckningsgrad efter avverkning med stångstötning jämfört med konventionell fällning. Provyteinventeringen kunde dock inte bekräfta detta (tabell 9). Möjligen fanns det en tendens åt detta håll om man jämför de två lägsta ristäckningsklasserna. Skillnaden mellan försöksleden i dessa två klasser var 14 procentenheter. Däremot minskade täckningsgraden av ris med ökat avstånd från stickvägen efter stångstötning, men inte efter konventionell fällning. Även rishögarnas tjocklek borde påverkas genom den mer

koncentrerade upparbetningen efter fällning genom stångstötning, vilket dock inte syns tydligt i materialet från studien. Möjligen kan de uteblivna effekterna förklaras av att den totala ris mängden vid avverkningen var begränsad och av att provytorna var relativt få.

Skadenivån i föryngringen var i denna undersökning liknande eller t.o.m. något lägre jämfört med tidigare studier vid SkogForsk. I det materialet låg totala skadenivån på 35–65 % och på 20–45 % om endast försvunna, döda och allvarligt skadade plantor räknades bort (Sikström, 1995; Westerberg, 1995). Dessa skärmavvecklingar gjordes av en- och tvågreppsskördare med konventionell fällning. Skadenivån var lägre trots att det i denna studie avverkades dubbelt så många stammar per hektar (ca 400 jämfört med ca 200 stammar/ha). Volymen per hektar var dock ungefär densamma i båda undersökningarna (170–190 här jämfört med 130–230 m³sk/ha i tidigare studie), vilket stärker vår uppfattning att volymen i skärmen har större betydelse för skadefrekvensen än stamantalet. Skillnader i resultatet jämfört med denna studie kan dock till viss del förklaras av olika bestånds förutsättningar och metodskillnader. I de tidigare studierna registrerades alla plantor >1 dm jämfört med >4 dm i denna undersökning, vilket påverkat beräkningen av föryngringarnas medelhöjd. Det skilde också något i provyteutläggning, medan däremot skadeklassificeringen var densamma.

Trots att en relativt stor andel av plantorna, ca 25–35 %, på något sätt påverkades vid avverkningsarbetet torde den kvarvarande föryngringen vara tillräcklig för att erhålla ett nytt bestånd. Efter skärmavveckling var ca 7 400–7 600 plantor/ha helt oskadade och det fanns ca 8 400–8 900 plantor/ha om endast plantor som försvunnit eller skadats allvarligt ej räknades med (tabell 7). Det studerade beståndet hade dels ett mycket tätt plantuppslag innan avveckling, dels var många plantor endast lindrigt skadade eller påverkade och kan antagligen bli beståndsbildande trots påverkan. Ökningen av andel nollytor (eg. nollkvartiler) från 7 % till 18 % (återfunna exkl. skadegrad 3) respektive knappt 30 % (återfunna oskadade) är relativt omfattande. Men, ur praktisk synvinkel får det liten relevans eftersom luckorna (ca 5 m²) är relativt små och föryngringen nått en höjd på en dryg meter.

Eventuella fysiologiska skador och avgångar, på plantor i samband med skärmavveckling, talar för en viss försiktighet i omdömet om föryngringens framtid. Med fysiologiska skador menas i detta fall skador och avgång p.g.a. förändrade miljöförhållanden, exempelvis. ljusinstrålning, vind, luftfuktighet, som i första hand drabbar små plantor efter skärmavveckling (Skoklefeld, 1967; Kasimov, 1962 i Jeansson och Lestadius, 1981; Agestam et al. 1991; Tesch et al., 1993). Även graden av friställning har stor betydelse (Kasimov, 1962, i Jeansson och Lestadius, 1981; Agestam et al. 1991). Dessutom tillkommer med stor sannolikhet viss ytterligare avgång av små plantor efter avverkning p.g.a. insekter, företrädesvis snytbagge (*Hylobius sp.*) (jämför Hånell, 1993; von Sydow & Öhrlander, 1994). I denna undersökning är det dock troligt att de framtida avgångarna blir

begränsade, eftersom en stor del av föryngringen nått en höjd när många av ovan nämnda risker minskar.

Referenser

- Agestam, E., Ekö P.-M., Gemmel, P., Johansson, L., Johansson, U., Langvall, O., Nilsson, U., Sarlöv-Herlin, I., Stern, M., Säll, H., Welander, T. & Örländer, G. 1991. Halvtid för sydsvensk skogsforskning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Enheten för sydsvensk skogsforskning, Arbetsrapport 1, 129 s. Alnarp.
- Andersson, O. & Fries, J. 1979. Orienterande försök rörande plantskador vid fröträdsavverkning. SST 2:123–129.
- Björ, K. 1965. Fuktigheten som foryngelsefaktor. Landbrukets årbok. Skogbruk 1965:269–274.
- Brunberg, T. 1988. Underlag för prestationsnormer för skördare i slutavverkning. Skogsarbeten, Redogörelse nr 4, 19 s. Kista.
- Brunberg, T. 1995. Underlag för produktionsnorm för stora engreppsskördare i slutavverkning. SkogForsk, Redogörelse. (Under publikation).
- Hannerz, M. & Gemmel, P. 1994. Granföryngring under skärm – en litteraturstudie med kommentarer. Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut, Redogörelse nr 4. 51 s. ISSN 1103-4580.
- Hartelius, H. 1944. Avverkning av överståndare i ungskog. Skogsägaren nr 2:83–85.
- Hånell, B. 1993. Regeneration of *Picea Abies* forests on highly productive peatlands – Clearcutting or selective cutting? Scand. J. For. Res. 8:518–527.
- Hånell, B. & Ottosson-Löfvenius, M. 1994. Windthrow after shelterwood cutting in *Picea Abies* peatland forests. Scand. J. For. Res. 9:261–269.
- Jansson, E. & Laestadius, L. 1981. Markberedning, naturlig föryngring och beståndsföryngring vid återbeskogning i Sovjet, Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för skogsskötsel, Rapport nr 6. 65 s. Umeå.
- Leikola, M. 1982. Naturlig föryngring av barrskog. Tidskrift for Skogbruk, s. 114–121.
- Näslund, M. 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd – tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut 36:3, s 1–81. Stockholm.
- Robertsdotter-Gnojek, A. 1992. Physiological response of suppressed *Norway spruce* to release from overstorey birch. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Yield Research. Thesis. 15 s.
- SAS Institute Inc. 1987. SAS/STAT™, Guide for personal computers, version 6, edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1028 s.
- Sikström, U. 1995. Mekaniska skador på plantor efter skärmavveckling med en- och tvågreppsskördare. SkogForsk, Arbetsrapport nr 305. 41 s. Uppsala.

- SkogForsk 1992–1995. Terrängtypschema för skogsarbete.Handledning, 28 s. ISBN 91-7614-035-0.
- Skogsstyrelsen. 1995.
- Skoklefald, S. 1967. Fristilling av naturlig gjenvækst av gran. Medd. Norske Skogsforsves. 23:381–409.
- von Sydow, F. & Örlander, G. 1994. The influence of shelterwood density on *Hylobius abietis* (L.) occurrence and feeding on planted conifers. Scand. J. For. Res. 9:367–375.
- Tesch, S. Baker-Katz, K. & Korpela E. J. 1993. Recovery of Douglas-fir seedlings and saplings wounded during overstory removal. Can. J. For. Res. 23:1684–1694.
- Westerberg, D. 1995. Studie av en- och tvågreppsskördare i skärmavveckling. SkogForsk, Arbetsrapport nr 304. 32 s. Uppsala.
- Westerberg, D. & Berg, S. 1994. Avverkning av överståndare – Försöksmetod för att bestämma prestation, kostnad och skador på föryngringen. SkogForsk, Redogörelse nr 10. 26 s. Uppsala.

Momentindelning vid tidsstudien

Kran ut: Börjar då kranen förs ut mot stammen och slutar då aggregatet befinner sig en meter från stammen.

Omtag: Börjar då skaklarna på fällhuvudet öppnas efter att först ha slutits runt trädet och slutar då kapning börjar (svärdet aktiveras).

Fällning: Börjar då aggregatet befinner sig en meter från stammen och slutar då matarvalsarna börjar rotera.

Kvistning-kapning: Börjar då matarvalsarna börjar rotera och slutar då toppbiten släpps ur aggregatet.

Körning under kvistning-kapning: Börjar då hjulen börjar rulla under pågående kvistning-kapning och slutar då hjulen åter står stilla.

Start/väntan: Börjar då sista toppbiten släppts ur aggregatet och slutar då kran ut alternativt körning påbörjas.

Körning: Börjar då hjulen börjar rulla och slutar då hjulen åter står stilla. Momentet är underordnat kranarbetet.

Halt: Startar (efter körning) då hjulen åter står stilla och slutar då kran ut påbörjas.

Övrig verktid: Annan verksamhet till gagn för arbetet t.ex. plockning av virke, risning av stickväg etc.

Risrens: Börjar då kranen förs ut mot besvärande underväxt och slutar då underväxten är fälld och kran ut börjar.

Störning: Börjar då störning i något av ovanstående moment inträffar och slutar då störningen är över. Störning kan t.ex. vara backning för svår kvist vid kvistning kapning, fastfällning, lättare fastkörning etc.

Avbrott: Tid som inte kan hänföras till det faktiska arbetet såsom raster, reparation, etc.