



Institutionen för skogens produkter och marknader

**Förändrad aptering av massaved från 3- till 4-meters
längder vid gallring inom Södra**

En systemanalys av effekter från avverkning till
levererad virkesråvara

*Changed cross cut instruction of pulpwood from 3- to
4-meter lengths in thinning at Södra, a Swedish Forest
Owner Association*

A system analysis of effects from cutting to delivering of round wood

Jakob Henriksson



Institutionen för skogens produkter och marknader

**Förändrad aptering av massaved från 3- till 4-meters
längder vid gallring inom Södra**

En systemanalys av effekter från avverkning till
levererad virkesråvara

*Changed cross cut instruction of pulpwood from 3- to
4-meter lengths in thinning at Södra, a Swedish Forest
Owner Association*

A system analysis of effects from cutting to delivering of round wood

Jakob Henriksson

*Examensarbete 20 poäng, D-nivå i ämnet företagsekonomi
Jakob Henriksson, skogsvetarprogrammet 98/02
Handledare SLU: Lennart Eriksson
Handledare Södra Skog: Karl Sandstedt*

Förord

Uppsatsen är ett examensarbete på skogsvetarprogrammet utfört vid Institutionen för Skogens produkter och marknader vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Uppsala. Arbetet är på D-nivå och omfattar 20 högskolepoäng, vilket motsvarar 20 veckors studier. Lennart Eriksson på institutionen för skogens produkter och marknader i Uppsala och Karl Sandstedt, Södra Skog i Växjö, har varit handledare.

Jag vill tacka ovannämnda handledare för stöd och vägledning under arbetets gång. Dessutom vill jag framföra ett tack till de personer och företag som tagit sig tid för mina frågor och funderingar. Speciellt vill jag tacka John Arlinger på SkogForsk i Uppsala för hjälp med simuleringsprogrammet TimAn.

Uppsala februari 2003

Jakob Henriksson

Sammanfattning

Drivnings- och transportkostnader står för en stor del av råvarukostnaden vid industri. För att stödja lönsamheten i medlemmarnas skogsbruk måste upparbetning och hantering av virke ske så effektivt som möjligt. Ökad vedlängd i gallring är en åtgärd som kan tänkas bidra till höjd produktivitet och/eller sänkt avverknings- och transportskostnad.

Studien är upplagd som en systemanalys där syftet har varit att belysa skillnader mellan att arbeta med 3- resp. 4-meter som standardlängd på massved i gallring med avseende på *biologiska aspekter, virkesintäkter, drivningskostnader och transportkostnader*. Viktiga aspekter är huruvida förändringen är tekniskt och biologiskt genomförbar, samt ekonomiskt lönsam.

Avverkningsanalysen visar hur virkesintäkter och drivningskostnader varierar vid resp. längdalternativ. Ur dessa effekter beräknades en nettoskillnad vid bilväg. Studien är baserad på två analysbestånd, ett 1:a gallrings- och ett 2:a gallringsbestånd, med uttag på omkring 50 m³fub per ha. Bestånden apterades mot sortimentsprislistor enligt alternativen timmer & massaved resp. timmer, kubb & massaved. Vidaretransporten från avlägg till industri har studerats vid varierande transportavstånd, dels med avseende på prestation, dels på kostnader uttryckt i SEK per m³fub. För att säkerställa att förändringen är tekniskt genomförbar har en maskingrupp (skördare och skotare) och en lastbil varit verksam och arbetat med 4-meters längder. Virkesmätningföreningen vid Mörrums bruk har lämnat synpunkter på förändringen av massavedsapteringen.

Resultaten visar att aptering av 4-meters längder ökar nettot med 135-338 SEK per ha beroende på vilka sortiment som apteras. 3-meters alternativet ger emellertid bättre utbyte av råvaran och till följd därav högre virkesintäkter, medan 4-meters längder resulterar i lägre drivningskostnader. De sänkta drivningskostnaderna är dock så stora att de överstiger de ökade virkesintäkterna för 3-metersveden. Trots mindre utrymme på lastbilen (3 stugar istället för 5) höjs prestationen i vidaretransportledet vid 4-metersved till följd av effektivare lastning och lossning. De biologiska effekterna är begränsade. Slutsatsen av studien är således att det är ekonomiskt lönsamt att i gallringsbestånd använda sig av 4-meter som standardlängd.

Summary

The costs of logging and of transportation with truck are dominating the total cost of wood delivered at industry. To support the profitability for the members' forestry the processing and handling with the timber has to be as efficient as possible. Increased length of pulpwood in thinning is one conduct that can result in higher productivity and/or lower costs.

The study is scaled as a system analysis with the aim to exemplify the differences between working with 3- and 4-meter as standard length of pulpwood, related to biological aspects, timber receipts, cost of logging and cost of transportation with truck. Important aspects are if the change is technically and biologically feasible and economically profitable.

The logging analyses in forest show how the timber receipts and cost of logging varying for the different lengths. Out of these effects a different profit before truck road was calculated. The study is based on two monitory stands, one first time thinning and one second time thinning. The thinning grade is about 50 m³fub per ha each. The stands were cross-cut according to price-list of assortment range for the alternatives sawlogs & pulp wood as well as for sawlogs, sawlogs of standard lengths & pulp wood. The transportation with truck, from upper terminal to industry has been studied at varying transport distances as regards capacity and costs in SEK per m³fub. To ensure that the change is technical feasible, a machine operator (harvester and forwarder) and a truck has been operating with 4-meter lengths. The Timber Measurement Association at Mörrum's pulp mill has delivered their point of view of the change.

The results show that cross-cut of 4-meter lengths increase the profit before truck road by 135-338 SEK per ha. The 3-meter alternative gives however higher yield and as a result of that higher timber receipts, while 4-meter lengths result in lower logging costs. The lower logging costs with 4-meter lengths are so high that they exceed the increasing timber receipts for the 3-meter lengths. In spite of smaller space (3- instead of 5 loads) the capacity of the transportation with truck is increasing as a result of more efficient loading and unloading. The biological effects are of minor importance. The conclusion out of this study is that using 4-meter as standard length in thinning is economically profitable.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte.....	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Hypotes.....	1
2 Litteratur	2
2.1 Transport bilväg.....	2
2.2 Analysverktyg för simulering.....	3
2.3 Avverkning	4
2.4 Skotning.....	4
2.5 Biologiska aspekter.....	5
2.5.1 Avverkningsskador.....	5
2.5.2 Skogsskydd.....	5
2.5.3 Biodiversitet.....	6
3 Material och Metoder	7
3.1 Allmänt	7
3.2 Virkesvolym- och intäktsutfall	7
3.3 Avverkning	9
3.4 Skotning.....	10
3.5 Biologiska aspekter.....	11
3.5.1 Skador	11
3.5.2 Skogsskydd och biodiversitet	11
3.6 Transport bilväg.....	11
3.6.1 Känslighetsanalys	12
4 Resultat	14
4.1 Volym och intäktsutfall	14
4.2 Avverkning	15
4.3 Skotning.....	16
4.4 Biologiska aspekter.....	18
4.4.1 Skador	18
4.4.2 Skogsskydd och biologisk mångfald	19
4.5 Vidaretransport	20
5 Diskussion	25
5.1 Slutsats.....	27
Referenser	28
Publicerade referenser	28
Opublicerade referenser.....	28
Elektroniska källor	29
Personliga meddelande	29

1 Inledning

Uppdragsgivaren till detta arbete är Södra. Södra är världens största producent av kemisk avsalumassa och en av de ledande aktörerna i landet vad gäller virkeshandel, sågade trävaror och bioenergi. Södra är en ekonomisk förening med 34 000 skogsägare som medlemmar. Skogen är grunden för Södras verksamhet och Södra Skog är den del av Södra som svarar för handel och transporter av skogsråvaror samt erbjuder skoglig service i form av avverkning och skogsvård till Södras medlemmar. Merparten av virkesleveranserna går till Södras egna industrier.

1.1 Bakgrund

För att uppfylla Södras verksamhetsidé med att främja lönsamheten i medlemmarnas skogsbruk måste bl.a. bearbetning och hantering av virket ske på ett så effektivt sätt som möjligt. En del i effektivitetsarbetet är att aptera rätt längder i skogen. Vid utveckling av en uthållig lönsamhet inom Södra Skog är det av stor vikt att hålla nere kostnaderna. Södra Skog har en strategisk plan där målet är att effektivisera avverkningsarbetet med 6 % realt fram till 2005. Detta skall genomföras genom ökad produktivitet/sänkt avverkningskostnad med säkerställd kvalitet. Ökad vedlängd i gallring är ett av många förbättringsområden som kan tänkas bidra till att öka produktiviteten (Olsson, pers. med.).

Södra har sedan lång tid tillbaka använt sig av 3-meters längd för massaved. Är 3 meter den optimala längden för massaved i gallringar? Vad skulle effekterna bli vid aptering av längre massaved?

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att belysa skillnaderna mellan att arbeta med 3 resp. 4 meter som standardlängd för massaved i gallring med avseende på:

- virkesintäkter
- biologiska aspekter
- drivningskostnader
- transportkostnader

Förhoppningen är att resultatet skall visa om förändringen är tekniskt och biologiskt genomförbar, samt ekonomiskt lönsam.

1.3 Avgränsningar

Arbetet begränsas till att studera gallring av barrbestånd i södra Sverige. Hela kedjan från avverkning i skog till och med inmätning vid industri omfattas av studien. Tanken är att arbetet ska visa konsekvenserna på en relativt övergripande nivå.

1.4 Hypotes

Hypotesen är att kostnaden för skotning och vidaretransport av 4-meters längder kommer att minska i sådan grad att lägre virkesutbyte vid aptering av 4-meters längder kompenseras.

2 Litteratur

2.1 Transport bilväg

Logistik innefattar aktiviteter som har att göra med att erhålla rätt vara eller service vid rätt plats, vid rätt tidpunkt och till rätt kvalitet samt till lägsta möjliga kostnad. Transport av gods från ett företag till dess kunder involverar ofta flera transportslag, så kallade multimodala transporter. Alla transporter kan inordnas i noder och länkar. Exempel på noder är terminalhantering, lagring samt bearbetning. All förflyttning av gods representeras av länkar. En nod som sammankopplar två länkar kallas för en transportkedja (Lumsden, 1998).

Transportkostnader delas in i egentliga transportkostnader och övriga transportkostnader. De egentliga transportkostnaderna kan hänföras till själva förflyttningen samt de funktioner som krävs för denna. Dessa funktioner kan enligt Lumsden (1998) indelas i:

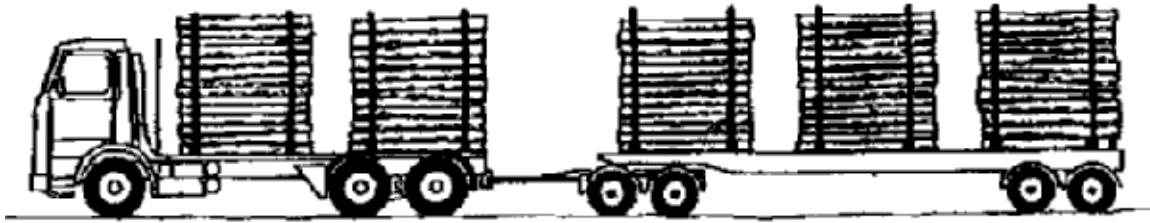
- förflyttning
- lastning
- omlastning
- lossning

De övriga transportkostnaderna är förenade med omkringverksamhet som inte direkt kan förbindas med förflyttningen. Exempel på övriga transportkostnader är skador på gods, egen transportadministration och olika former av försäkringar (Lumsden, 1998).

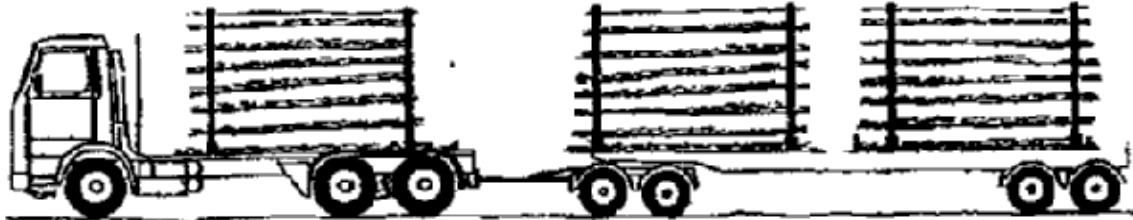
Det är de egentliga transportkostnaderna och främst terminalkostnader, *lastning och lossning*, som påverkas av olika massavedslängder. Lastningsarbetet svarar för större delen av terminalkostnaden och det är här merparten av rationaliseringsmöjligheterna finns (Carlsson, 1981). Ett annat sätt att effektivisera transporten är att öka nyttolastförmågan på transportfordonen (Löfrot, pers. med.).

Resursutnyttjande kan generellt definieras som förhållandet mellan tillgängliga resurser och utnyttjade resurser (Lumsden, 1998). För åkerierna är det besvärande att inte köra med fulla lass. Det som ska vara begränsande för hur stor volym som kan transporteras är fordonets totalvikt, samt det svenska vägnätet (Löfrot, pers. med.). Det allmänna vägnätet i Sverige är indelat i tre klasser, bärighetsklass 1 (BK1), bärighetsklass 2 (BK2) och bärighetsklass 3 (BK3). BK1 vägnäten tillåter en högsta vikt på 60 ton och gäller på 92 % av det allmänna vägnätet (www.vagverket.se). Bruttovikten kan kontrolleras vid väg av polisen och vid överlast gör åkarna sig skyldig till trafikbrott (Kindvall, pers. med.).

Vid en övergång till 4-meter som standardlängd i massaved sänks lastbilens möjliga lastvolymutrymme. Orsaken är att lastbilen minskar antalet vedstuvor från fem till tre, se figur 1 och 2. För att om möjligt kunna åskådliggöra huruvida lastutrymmet räcker till eller inte måste vedens rådensitetsvariation kännas till. Rådensiteten för tall och gran är en spegelbild av torrhalten vilket betyder att de faktorer som påverkar torrhalten även påverkar rådensiteten. Massvedens rådensitet varierar liksom torrhalten kraftigt över året. För tall och gran når den sitt lägsta värde i juli, ca 760 kg/m³ för tall och ca 700 kg/m³ för gran (Björklund, 1998).



Figur 1. 3-meters längd på massaveden.



Figur 2. 4-meters längd på massaveden.

2.2 Analysverktyg för simulering

TimAn är ett programskal som innehåller analysverktyg för aptering. Aptan och Standin är två av de totalt fem analysverktyg som finns i TimAn. För att kunna köra Aptan behövs tre filtyper (Ogemark, 2000).

1. Apt-fil (prislista) som innehåller virkespriser.
2. Stm-fil (beståndsdata) som innehåller information om stamdimension, avsmalning, kvalitet och skador.
3. Prd-fil (produktionsfil) som innehåller analysresultatet i form av volymuppgifter och virkesvärden per sortiment (Ogemark, 2000).

Aptan apterar träden i beståndet mot prislistor för olika sortiment. Den teoretiska apteringen utförs som stegvis värdeaptering där hela stammens längd är beräkningsgrundande. Värdeapteringen sker med löpande anpassning till stamformen i aktuellt bestånd. Programmet utnyttjar på så sätt kunskapen om tidigare träd för att göra prognoser för det träd som ska apteras (Ogemark, 2000).

Ett sätt att skapa analysdata för Aptan är att generera stamfilerna i Standin. Standin är ett verktyg i TimAn för stam- och beståndsgenerering. Vid generering av analysbestånd i Standin, byggs träden upp utifrån Edgrens-Nylinders stamfunktioner som kräver diameterfördelning och höjddata. Dessutom krävs att man anger kvaliteter och skadefrekvens i beståndet. Skadorna påverkar längdfördelningen och sortimentsutfallet vid avverkning eftersom de ger upphov till tvångskap. Det finns flera sätt att skapa ett analysbestånd i Standin. Man kan utgå från:

- indata insamlade med dataklave.
- av användaren angiven data.
- insamlade stamprofiler från skördare.
- kombinationer av ovan angivna datakällor.

Med det här som underlag simuleras i Standin en stamfil som består av stammar av olika höjder, kvaliteter och skador. Stamfilen förs därefter över till programmet Aptan som simulerar en aptering av träden med ledning av en prislista (Ogemark, 2000).

2.3 Avverkning

Enligt Brunberg (1997) kan tidsåtgången för en engreppskördare i gallring delas upp enligt följande:

- Tidsåtgång för körning med skördaren.
- Tidsåtgång för fällning och upparbetning av träden.
- Övrig verktid.

Vid en prestationsjämförelse mellan 3-meters standardlängder och fallande längder är det endast tidsåtgång för upparbetning av träden som påverkas. Den teoretiska beräkningen beaktar inte skillnader i tidsåtgången till följd av eventuella hanteringsproblem som kan vara större vid aptering av fallande längder. Orsaken till detta är att virkets medellängd ökar, vilket kan vara besvärande särskilt i stamtäta bestånd (Brunberg, 1989). Vidare skriver Brunberg (1989) att då det är svårt att belysa hur aptering påverkar tidsåtgången per träd rent praktiskt, har denna påverkan beräknats teoretiskt. Beräkningar visar att tidsåtgången per träd apterade i 3-meters längder ökar med 2,9 sek/träd i förhållande till fallande längder som i medel är 4,5 meter. Orsaken till ökad tidsåtgång beror på fler kapställen per träd och extra hantering av träden i mellanzonen. Tidsåtgång för ökat antal kap per träd för 3-meters längder togs fram genom att först beräkna ökat antal kap per träd och sedan addera det till kaptiden. Studier visade att standardlängder medförde 0,2 kapningar mer per träd och att medeltiden för kaptiden var 2,3 sek. Detta gav $0,2 * 2,3 = 0,5$ sek ökad tidsåtgång per träd orsakad av fler kapställen vid aptering i standardlängder.

2.4 Skotning

Skotning av virke utgör en betydande andel av skogsbrukets arbete och kostnader. Trots det har inte skotningsarbetet effektiviserats mycket de senaste decennierna (Eriksson, 1999).

Ett stort antal tidsstudier har utförts under åren, dock av lågt kunskapsvärde. Först efter att informationen formats och utvärderats kan den leda till ökad kunskap. Modeller eller teorier utgör högre grader av kunskap med avsikt att på ett enkelt sätt beskriva vekligheten. Modeller för skotning byggs upp av de olika deloperationerna i skotningsarbetet – *lastning*, *körning under lastning*, *körning* och *lossning*. Prestationen vid lastning bestäms av förhållandet mellan genomsnittlig gripvolym och tid per krancykel. I praktiken begränsas prestationen av att virkeshögarnas storlek gör att gripen inte kan fyllas samt att krancykeltiden förlängs p.g.a. hindrande faktorer (Gullberg, 1997).

Längden på virket har stor betydelse för den maximala lyftvolymen vid en given griparea. Längre ved innebär dock en prestationshöjning endast när griparean är begränsande och under förutsättning att skotaren har kapacitet att utnyttja den tillgängliga volymen. Hänsyn bör även tas till att tidsåtgången ökar något vid ökade längder till följd av försvårad hantering vid lastning (Gullberg, 1997).

Körningstid under lastning påverkas av hur många flyttar och vilken flyttsträcka som krävs för att lasta en kubikmeter. Indirekt påverkas detta av antal sortiment, uttag per hektar och stickvägsavstånd. Tidsåtgång för körning till avlägg är beroende av sträcka och skotarkapacitet (hastighet och lastvolym) (Gullberg, 1997).

Lossningstiden är i grunden en form av lastning, förutom att man hela tiden arbetar med fulla gripar. Prestationen beror därmed på hur stor volym föraren tar i varje lyft (Bergstrand, 1985).

För virke över 3 meter ökar krancykeltiden på motsvarande sätt som vid lastning. Ökningen är dock något mindre än vid lastning (Gullberg, 1997)

2.5 Biologiska aspekter

2.5.1 Avverknings-skador

Ett av gallringens huvudsyften är att skapa förutsättningar för en framtida hög värdeproduktion i beståndet. Gallringen kan orsaka avverknings-skador som motverkar målet med hög värdeproduktion (Fröding, 1992).

Studier av gallringsskador ger ofta mycket olika resultat. Samma metod ger i vissa fall mycket skador och i andra fall obetydliga skador. Orsaken är att det är ett stort antal faktorer som bestämmer skadornas omfattning. Faktorerna som påverkar uppkomsten av skador kan delas upp i ståndortsfaktorer, beståndsfaktorer och driftmässiga faktorer. De driftmässiga faktorerna har stor betydelse och då speciellt förarens skicklighet och motivation.

Oberoende av skadans uppkomst drabbas de skadade träden av minskad tillväxt och kvalitetsnedsättande fel. Följden blir minskat virkesvärde i framtida slutavverkning. Skadenivån vid gallring är i hög grad beroende av den uppmärksamhet som ägnas gallringsskadorna. Det som behövs förutom metod- och teknikutveckling är fortlöpande uppföljning av skadorna. Det kan ske genom uppföljning i direkt anslutning till arbetet, eller som företagsvisa inventeringar där slumpmässigt valda bestånd inventeras (Fröding, 1992). Skogsstyrelsens mål är en skadefrekvens under fem procent. Gallringsuppföljningar på olika skogsföretag visar att skadenivån i regel är ca tre procent, men undantag finns (www.skogforsk.se).

2.5.2 Skogsskydd

De vanligaste insektsarter som angriper obarkat färskt barrträdvirke och som kan orsaka skada på skog är granbarkborre, sextandad barkborre samt större och mindre mörkborre. Insekters population (som indirekt påverkar dess skadestyrka) och populationsfart påverkas av en rad faktorer, där den viktigaste är förekomsten av lämpligt yngelmaterial. Åttatandad barkborre föredrar gran med tjockare bark och ynglar i stammen. I första hand angrips äldre träd med en diameter över 12 cm. Större mörkborren ynglar främst under tallens grövre bark i döda och döende träd samt obarkat virke. Insekternas krav på yngelmaterial resulterar i att deras population inte kommer att påverkas av att andelen avverkningsrester efter gallring kommer att öka vid aptering av 4-meters massavedsländer (Schoeder, pers. med.).

Mindre mörkborre angriper tall och ynglar under tunn bark. Främst angrips nedsatta träd och liggande virke samt toppar och grövre grenar. Arten överför blånadsvampar som tränger djupt in i splinten och orsakar kvalitetsnedklassning av sågvirke. Störst skoglig betydelse har dock de tillväxtförluster som orsakas då mörkborrharna flyger upp till de närmaste tallkronorna och angriper där skotten i de översta grenvarven för sitt näringsgnag. De borrar sig in i årskottet och gör gångar i märgen. Vanligtvis dör skotten och faller efter en tid till marken (Samuelsson & Ingelgög, 1996). Det är oklart hur stor populationen måste vara för att det skall uppstå mätbara tillväxtförluster (Schoeder, pers. med.).

Sextandad barkborre ynglar under tunn bark på granar med nedsatt vitalitet, i toppar och grenar från hyggesavfall. Barkborren är främst sekundär i sitt uppträdnade och har låg förmåga att ensam döda träd. Vid hög population kan den angripa och tillsammans med

åttatandad barkborre även döda granar. Alla åtgärder som minskar yngelmaterialet såsom uttransport av virke, utnyttjande av klena dimensioner, toppar och grenar m.m. bidrar till minskad förekomst av sextandad barkborre (Eidman & Klingström, 1990).

Nya studier av Hedgren (m.fl., 2002) visar dock att det inte är någon större risk för insektskador på omgivande granskog vid lagring av klent granvirke. Under tre somrar fälldes unggranar mellan hygge och granungskog på 31 försöksplatser i Uppland och Dalarna. På alla platser angreps omgivande skog av sextandad barkborre, men av totalt 191 angripna stående träd dog bara tre. Även danska studier tyder på att den sextandade granbarkborren sällan ensam förmå döda granar. I artikeln ifrågasätter Hedgren m.fl. (2002) skogsvårdslagen (som begränsar sommarlagring av obarkat granvirke), eftersom deras försök visar att granvirke klenare än 15 cm bör kunna lagras utan restriktioner.

Enligt den svenska skogsvårdslagen får högst 5 m³ skadade råa barrträd lämnas inom ett hektar utan åtgärd. Syftet med reglerna är att reducera mängden förökningsmaterial för skadeinsekter. När det gäller röjning, gallring och slutavverkning får det lämnas högst 250 löpmeter avverkningsavfall grövre än 7 cm per ha. Av dessa får högst 50 längdmeter vara grövre än 15 cm (Skogsstyrelsen, 1999).

2.5.3 Biodiversitet

De största mängderna död ved i brukad skog uppkommer i dagens skogar i samband med avverkning och då främst i de klena dimensionerna i form av grenar och toppar (Eidmann & Klingström, 1990). I vilken utsträckning de volymer av avverkningsrester som uppkommer vid gallring påverkar den biologiska mångfalden är inte helt säkert. Otvivelaktigt är dock att det är positivt med mer ved i skogen för lavar och mossor. Väsentligt i detta sammanhang är även hur stor volym som kommer att lämnas efter avverkningen och huruvida de berörda arterna måste ha kontinuerlig tillförsel av död ved eller om de tidvis kan förflytta sig till angränsande skogar. Beaktas bör även att det är vid tidpunkten före första gallringen som bristen på död ved är som störst (Caruso & Sjögren, pers. med.).

I artikeln "Fine wood debris is important for species richness on logs in managed boreal spruce forests of northern Sweden" skriver Jonsson & Kruys (1999) om den klena vedens (5-9 cm i diameter) betydelse för artrikedomen. Det är speciellt i de brukade skogarna med låg andel död ved som den klena veden har stor betydelse och inte skall försummas trots faktum att artrikedomen vanligtvis har positivt samband med grövre diametrar (Jonsson & Kruys, 1999).

3 Material och Metoder

3.1 Allmänt

Studien är upplagd som en systemjämförelse där skillnaderna mellan att arbeta med 3- resp. 4-meter som standardlängd på massaved i gallring kommer att jämföras. Analyser och prestationsberäkningar har främst baserats på information och material tillhandahållen av SkogForsk, SLU och Södra. Problemet med jämförelsen är att de olika momenten i verkets väg till industrin beskrivs på olika sätt, vilket resulterar i att det inte går att summera totala intäkter och kostnader. Till följd av det visas delresultat efter varje operation.

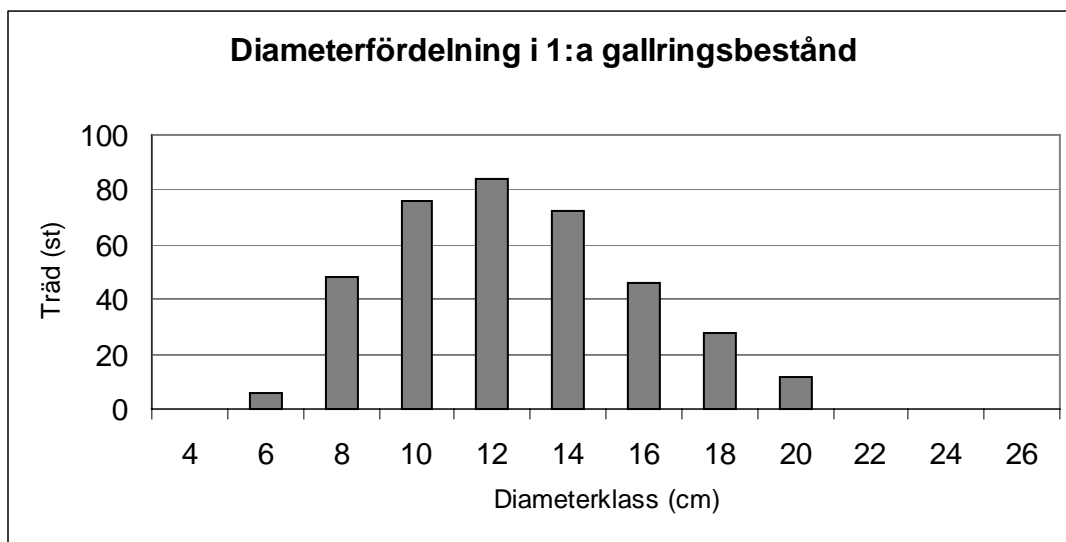
Analysen i skog, d.v.s. virke vid bilväg, kan ses utifrån ett skogsägarperspektiv. Här jämförs volymutfall ($\text{m}^3\text{fub/ha}$) och intäktsutfall ($\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$ resp. kr/ha). För skördare och skotare jämförs prestationsskillnad (%) och kostnadsskillnad ($\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$ resp. kr/ha). Därefter beräknas en nettoskillnad (kr/ha) vid bilväg som åskådliggör de olika operationernas inverkan på det slutliga nettot. Referens för jämförelserna är 3-meters alternativet om inget annat anges.

Jämförelser av de biologiska aspekterna *beståndsskador*, *skogsskydd* och *biodiversitet* utfördes. Påverkan på skadefrekvensen fastställdes genom synpunkter från forskaren Anders Fröding och genom en skadeinventering. Huruvida skadeinsekternas population förändrades utreddes genom litteraturstudie och samtal med forskare på institutionen för entomologi. Aspekter kring biodiversitet utreddes utifrån material och synpunkter tillhandahållna av Centrum för Biologisk Mångfald.

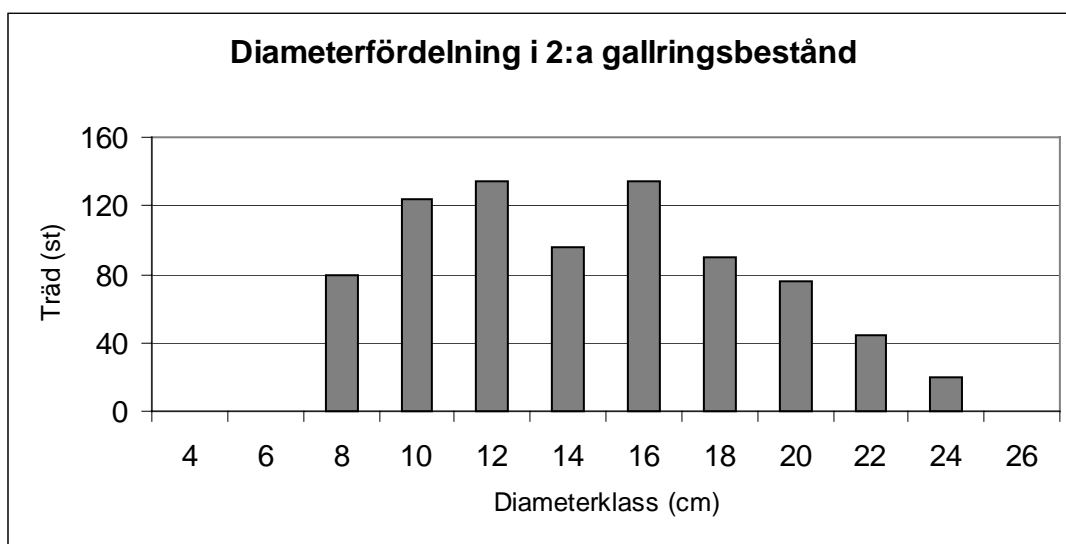
Vid transport bilväg är studien upplagd som en prestationsjämförelse (%) respektive kostnadsjämförelse ($\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$) vid olika avstånd till industri. Även här utgår beräkningarna från 3-meters alternativet.

3.2 Virkesvolym- och intäktsutfall

För att få reda på skillnader i virkesvolym- och intäktsutfall vid aptering i 3-meters längder jämfört med 4-meters längder användes två analysbestånd, ett 1:a gallringsbestånd och ett 2:a gallringsbestånd, se figur 3 och 4. Bestånden är tagna (och något omarbetade) från ett arbete SkogForsk gjort åt Södra (Arlinger, pers. med.).



Figur 3. Diameterfördelning för ett 1:a gallringsbestånd bestående av 186 granar och 186 tallar. Medelstammens volym är för tall $0,085 \text{ m}^3/\text{ub}$ och för gran $0,086 \text{ m}^3/\text{ub}$. Den aritmetiska medelhöjden är för både tall och gran 13 m.



Figur 4. Diameterfördelning för ett 2:a gallringsbestånd bestående av 399 granar och 399 tallar. Medelstammens volym är för tall $0,129 \text{ m}^3/\text{ub}$ och för gran $0,134 \text{ m}^3/\text{ub}$. Den aritmetiska medelhöjden är för tall 15,3 m och för gran 15,5 m

För att se hur stor differens det var i utfallet av olika sortiment mellan bestånd med olika kvaliteter och skadefrekvenser simulerades och apterades bestånden med *Felfri*, *Bra*, *Normal* resp. *Dålig klass*. För att åstadkomma kvalitetsskillnader byggdes träden upp utifrån olika kvaliteter och skapade olika typer. Träden delades för gran upp i typerna:

- A-träd Träd som innehåller kvalitet 1 och sämre.
- B-träd Träd som innehåller kvalitet 2 och sämre.
- C-träd Träd som innehåller kvalitet 3 och 4.

Träden delas för tall upp i:

- A&B-träd Träd som innehåller kvalitet 1 och sämre.

C&D-träd Träd som innehåller kvalitet 2 och sämre.
E&F-träd Träd som innehåller kvalitet 3, 4 och 5.

Trädtyperna fördelar sig olika för bestånden Bra, Normal och Dålig klass, se tabell 1 och 2.

Tabell 1. Procentuell fördelning av kvalitetsklasser för gran enligt SkogForsk

Trädtyp	Bra	Normal	Dålig
A	3	1	0
B	95	94	93
C	2	5	7

Tabell 2. Procentuell fördelning av kvalitetsklasser för tall enligt SkogForsk

Trädtyp	Bra	Normal	Dålig
A&B	6	3	0
B&C	92	95	97
C&D	2	2	3

Vid generering av stamfilerna angavs även skadeklass. Skadorna delades in i tre typer; de som ger upphov till tvångskap (krökar och sprötkvist), de som klassar ner virket till sämsta timmerkvalitet (tjurved, för stora årsringar och margsprickor) och den typ av skador som klassar ner virket till massaved (röta). Med detta underlag genererades i Standin stamfiler bestående av stammar med följande klasser på kvaliteter och skador.

1. Kvalitetsklass bra, inga skador	1:a gallring "Felfri"
2. Kvalitet- och skadeklass bra	1:a gallring "Bra"
3. Kvalitet- och skadeklass normal	1:a gallring "Normal"
4. Kvalitet- och skadeklass dåligt	1:a gallring "Dålig"
5. Kvalitet klass bra, inga skador	2:a gallring "Felfri"
6. Kvalitet- och skadeklass bra	2:a gallring "Bra"
7. Kvalitet- och skadeklass normal	2:a gallring "Normal"
8. Kvalitet- och skadeklass dålig	2:a gallring "Dålig"

Stamfilen fördes därefter över till programmet Aptan som simulerade en aptering av träden med ledning av samma prislista (se bilaga 1) som styr skördarens apteringsdator då bestånden avverkas.

Resultatet registrerades i form av en prd-fil som visar totalt värde, värde per trädslag och sortiment. Målet med simuleringen var att undersöka hur utfallet från 4-meters aptering i massaveden skilde sig från 3-meters aptering med avseende på volymutbyte och virkesintäkt.

3.3 Avverkning

Beräkningar utifrån simuleringsutfallen i TimAn visar att aptering i 3-meters längder medför runt 0,8 kapningar mer per träd än om apteringen skulle ha skett i 4-meters längder. Studier av kaptiden visar att medeltiden för ett kap är 1,5 sekunder "studietid" (Brunberg, pers. med.). Även Eliasson (pers. med.) ansåg att 1,5 sekunder var realistisk tidsåtgång för ett kap.

Utifrån ökad tidsåtgång till följd av ökat antal kapställen beräknades prestationsskillnad ($\text{m}^3\text{fub}/\text{G}_{15}\text{-tim}$) mellan de olika apteringsalternativen. Prestationsskillnaden utgör sedan grunden för beräkning av kostnadsskillnad i procent och $\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$ för att slutligen få fram kostnadsskillnad per ha.

3.4 Skotning

För att få en relevant prestations- och kostnadsjämförelse mellan skotning av 3- resp. 4-meters längder användes ett färdigt beräkningsprogram framtaget av Gullberg. Programmet var uppbyggt utifrån en modell med avsikt att avbilda verkligheten så realistiskt som möjligt. För att kunna utföra beräkningarna skrevs följande variabler in:

- Uttag ($\text{m}^3\text{fub}/\text{ha}$) 50
- Avstånd mellan stickväg (m) 20
- Avstånd till avlägg (m) 300
(200 m basväg, 100 m stickväg)
- Grundförhållanden 1
- Ytstruktur 2
- Lutning 1
- Grindarea (m^2) 4

Målet med variablerna var att efterlikna normala förhållanden i södra Sverige. Resultatet redovisades i form av skotarprestation ($\text{m}^3\text{fub}/\text{G}_{15}\text{-tim}$) och skotarkostnad ($\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$). Därefter beräknades total skotningskostnad (kr/ha) genom att framräknade avverkningsvolymen (m^3fub) multiplicerades med skotningskostnaden ($\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$).

Tabell 3 visar tekniska data för några av dagens mest vanliga skotare. Ca vikt vid fullt lass är framräknat genom att multiplicera lastarean med respektive vedlängd. Som fastvolymprocent användes 0,545 procent (Kindvall, pers. med.). Medeltal för rådensitet ($\text{kg}/\text{m}^3\text{fub}$) användes 970 kg (Gustavsson, pers. med.). Tabellen visar att det (med undantag för Timberjack 810) är lastarean som är begränsande för hur stora volymer som kan skotas.

Tabell 3. Tekniska data för ett antal skotare

Tekniska data	Valmet 830	Valmet 840	Timberjack 810	Timberjack 1110
Tillåten last (kg)	9000	11000	8500	11000
Lastarean m^2	4.1	4.6	4	4.3
Möjlig lastvolym (m^3t)				
4-meter	16.4	18.4	16	17.2
3-meter	12.3	13.8	12	12.9
Ca vikt (kg) vid fullt lass				
4-meter	8732	9797	8519	9158
3-meter	6549	7348	6390	6869

3.5 Biologiska aspekter

3.5.1 Skador

En skadeinventering genomfördes för att försöka utröna eventuella skillnader i skadefrekvensen mellan de olika massavedslängderna. Studien genomfördes som en inventering av systematiskt utlagda cirkelytor i två förstagallringsbestånd och två andragallringsbestånd där massveden apterats i 4-meters längder. Totalt tolv ytor med arean 100 m² per yta inventerades. Inom varje yta klavadades alla träd med en dataklave. Den eventuella skadan och skadans placering registrerades och en skadeprocent räknades med hjälp av dessa data ut för bestånden. För att klassas som skada måste barken vara borta och veden blottas, samt att skadans storlek överstiger 15 cm². Skadorna registrerade som *skada på rot* eller som *skada på stam*. För att en skada på rot skall registreras måste skadan vara lokaliserad inom 70 cm från stammen.

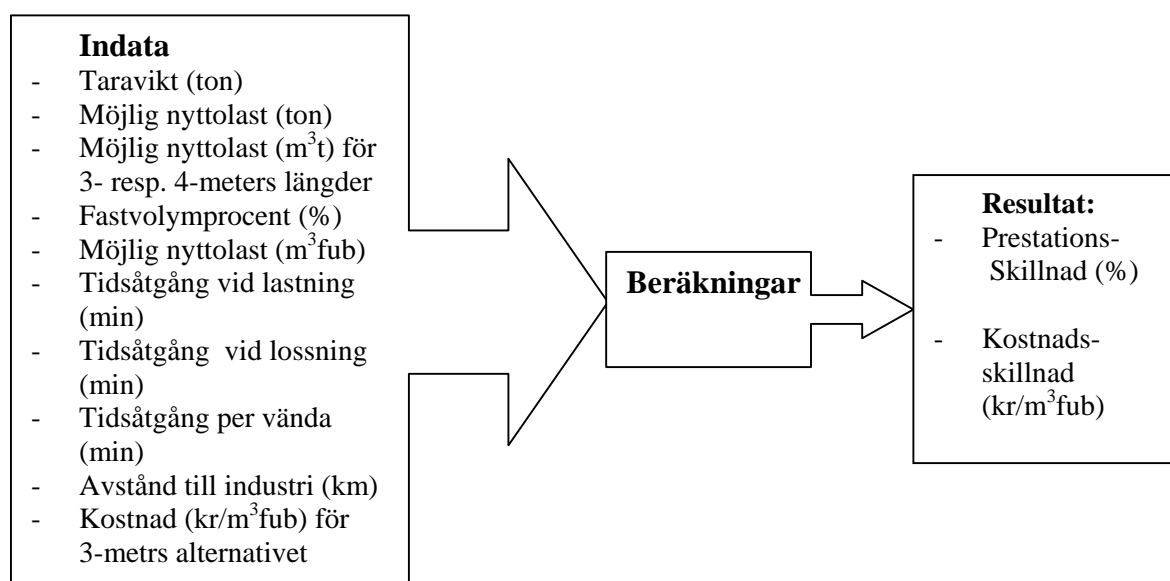
Studien genomfördes i mitten av december. Förstagallringsbestånden inventerades på barmark, medan andragallringsbestånden inventerades med 1-2 centimeter snö. Förstagallringsbestånden avverkades augusti 2002 med en Lennen 740 och skotades med en FMG 810. Andragallringsbestånden avverkades i början av oktober 2002 av samma Lennen 740 som avverkade förstagallringsbestånden. Skotaren var en Valmet 820 med 8 tons lastkapacitet.

3.5.2 Skogsskydd och biodiversitet

Genom simuleringar i TimAn erhöles virkesvolymutfall för 3- resp. 4-meters längder. För att få reda på om, och i så fall i vilken utsträckning skogsskydd och biodiversitet påverkas av en övergång till 4-meters längd på massaveden diskuterades frågan med forskare från institutionen för entomologi samt forskare tillhörande Centrum för Biologisk Mångfald.

3.6 Transport bilväg

Undersökningen är upplagd som en prestations- och kostnadsjämförelse mellan vidaretransport av 3- resp. 4-meters längder till industri.



Figur 5. För att få en överblick av upplägget i jämförelsen visas en beskrivning över tillvägagångssättet.

Under månaderna juni, juli och augusti är vedens råviktsdensitet som lägst, vilket leder till att det krävs större lastvolymutrymme dessa månader för att komma upp i maxvikten 60 ton. För att få reda på om man förlorar lastkapacitet (d.v.s. om lastutrymmet inte räcker till för att komma upp till 60 ton) med 4-meters längder i förhållande till 3-meters längder och i så fall med hur mycket, gjordes beräkningar på 18823 vedlass inkommande till Mönsterås under juni, juli och augusti månad. Information om lassen tillhandahölls av Yman (pers.med.) 1668 lass sorterades direkt till kategorin *lass som ej berörs av ett byte*, p.g.a. av att de inte var fulla eller innehöll ved med extremt hög densitet. Resterande lass sorterades in i olika densitetsintervall.

För att få fram antalet lass som ej kom upp i maxvikt (p.g.a. begränsat lastutrymme) beräknades lägsta densitet (brytpunkten) enligt formeln:

$$D = N / (V * F)$$

där

- D = densitet (ton/m³fub)
- N = möjlig nyttovikt (ton)
- V = möjlig lastvolym (m³t)
- F = lassets fastvolymprocent (%)

De lass som innehöll ved med lägre densitet än brytpunkten föll till gruppen *lass som ej kom upp i maxvikt 60 ton* och alltså behövde större lastutrymme för att komma upp till maxvikt 60 ton.

För att få reda på hur mycket lastkapacitet som förlorades per lass vid 4-meters längder i förhållande till 3-meters längder beräknades lastfyllnad vid resp. densitetsintervall enligt formeln:

$$L = (V * F * D) / N$$

där

- L = lastfyllnad (%) (Faktisk nyttovikt av maximal nyttovikt)
- V = möjlig lastvolym (m³t)
- F = lassets fastvolymprocent (%)
- D = lassets veddensitet (ton/m³fub)
- N = möjlig nettolastvikt (ton)

Genom att multiplicera antalet lass i de olika densitetsintervallen med förlorad lastkapacitet för respektive densitetsintervall räknades en medelprocent fram för förlorad lastkapacitet.

Från Svensson (pers. med.), erhöles information angående tidsåtgång vid lastning, lossning, total väntetid och kostnad per m³fub vid olika avstånd till industri. Den informationen ligger till grund för mina prestations- och kostnadsberäkningar.

3.6.1 Känslighetsanalys

För att få en uppfattning om i vilken utsträckning olika faktorer i beräkningarna påverkar prestation och kostnader har en känslighetsanalys genomförts. I känslighetsanalysen har faktorerna fastvolymprocent och taravikt (som indirekt påverkar möjlig nyttolast) och avstånd till industri förändrats med övriga faktorer konstanta. Som fastvolymprocent (omvandling från m³t till m³fub) används 53, 54,5 och 56 procent. 95 procent av alla lass ligger i intervallet 53-56 med 54,5 som ett medeltal för fastvolymprocenten vid transport av barmassaved

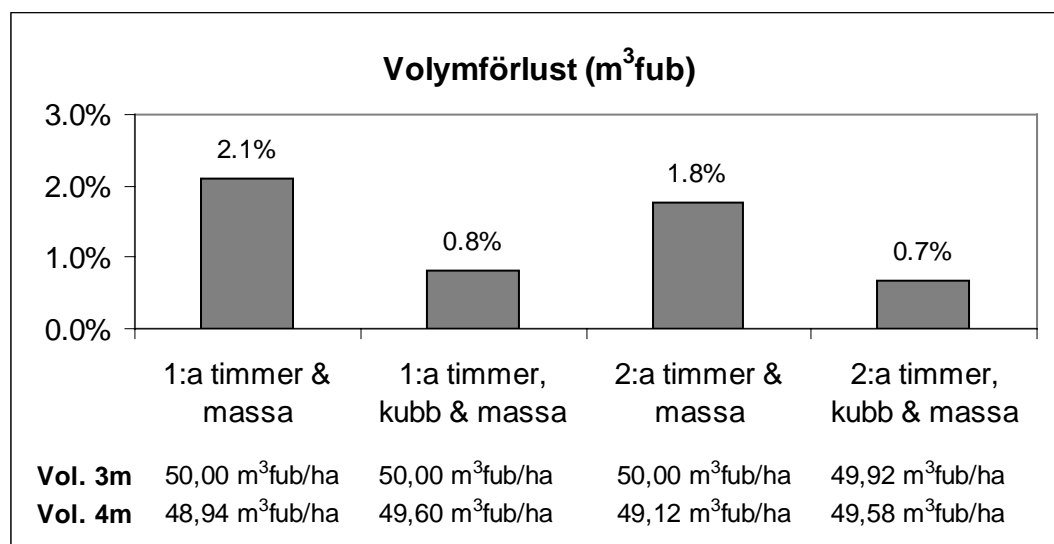
(Kindvall, pers. med.). För taravikten görs analysen med 22,5, 21,5 och 20,5 ton. Lastbilar i södra Sverige har en taravikt runt 22,5 ton med undantag för nya lastbilar som har en taravikt på 21.5 ton (Svensson, pers. med.)

4 Resultat

4.1 Volym och intäktsutfall

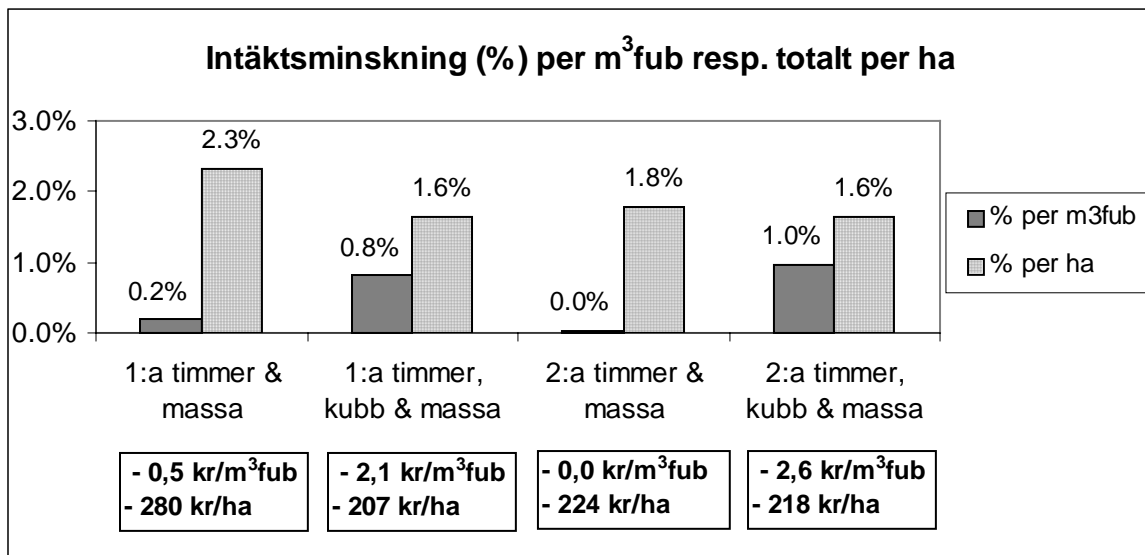
Då resultaten av simuleringarna visade att de olika typbestånden följde samma trender angående volymutbyte och intäkter summerade jag ihop de totala volymerna och intäkterna för de olika typbestånden *Bra*, *Normal* och *Dålig*, se bilaga 1. Denna handling resulterar i ett antagande att det finns lika många bestånd i varje kvalitetsklass. För att få mer detaljerad information, se bilaga 2.

Resultaten åskådliggör att vid aptering av 4-meters massaved sker en volymförlust, se figur 6. Volymförlusten är som störst vid aptering av enbart timmer och massaved. Då klensortimentet kubb inkluderas blir volymkillnaden inte lika markant. Trolig orsak är att kombinationen 4-meters massaved och kort 2,45-meters kubb resulterar i högre flexibilitet och anpassningsförmåga med avseende på stammens avsmalning och skadefrekvens.



Figur 6. Volymförlust (%) vid olika apteringsalternativ för bestånd där massaveden apterats i 4-meters längder. Längst ned i figuren visas volymutfall för resp. längd.

För alla typbestånd resulterar aptering av 4-meters längd i en intäktsminskning, se figur 7. Procentsatsen per ha är summan av den totala intäktsminskningen, d.v.s. intäktsminskning per m³fub och minskade intäkter till följd av mindre avverkad volym. Intäktsminskningen är störst i 1:a gallringsbestånd apterade i timmer och massaved. Där är den totala intäktsminskningen i procent mycket lik den totala volymförlusten, vilket beror på att en mycket stor andel av volymen går till massaved. Intäktsminskningen där även kubb apterats är större än vad volymförlusten i figur 6 visar. Orsaken är att kubbandelen minskar till fördel för massavedsortimentet, vid aptering av 4-meters massaved i jämförelse med 3-meters massaved.

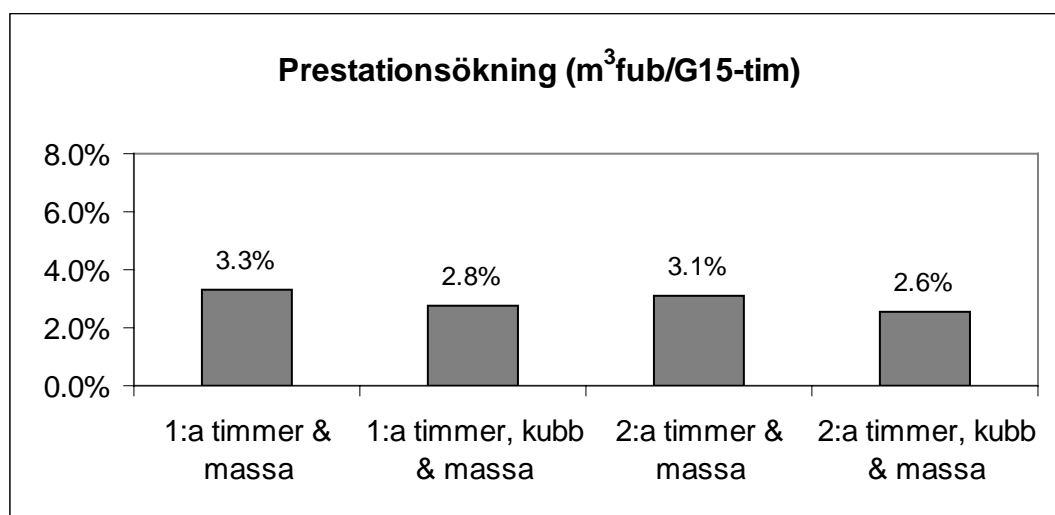


Figur 7. Intäktsminskning (%) per m³fub och totalt per ha för bestånd där massaveden apterats i 4-meters längder. Textrutan visar vad det innebär uttryckt i kr/m³fub resp. kr/ha. Av totalt 2,3 procent i intäktsminskning i 1:a gallringsbeståndet (timmer & massa) orsakas 0,2 procent av ett lägre pris per m³fub och 2,3-0,2=2,1 procent av mindre avverkad volym.

Sammanfattningsvis sker vid ett uttag på ca 50 m³fub/ha en volymförlust på knappt 1 m³fub/ha vilket resulterar i minskad bruttointäkt på omkring 230 kr/ha.

4.2 Avverkning

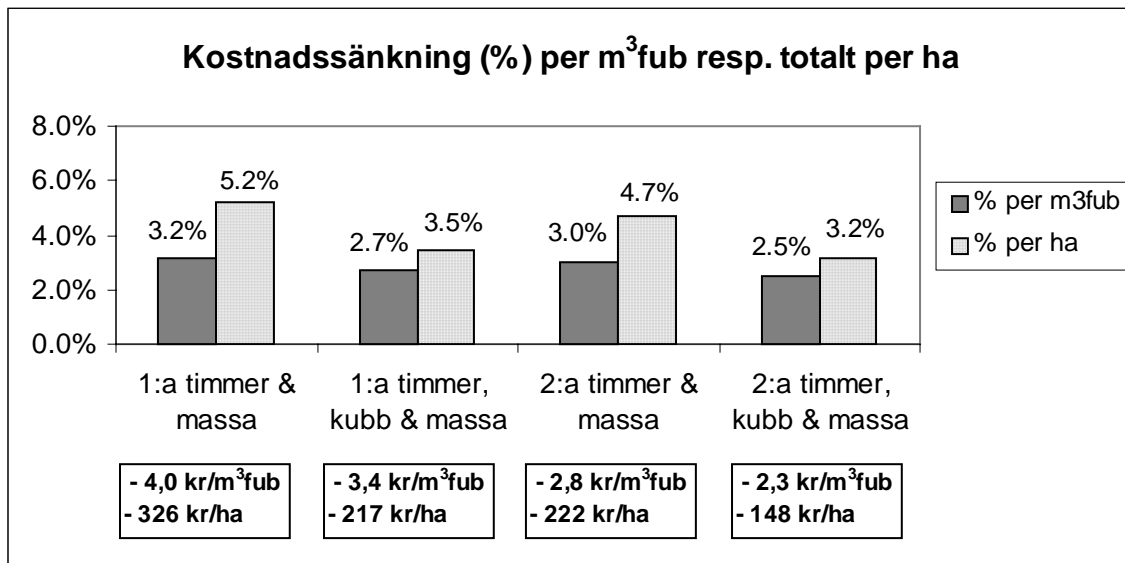
Figur 8 visar framräknad prestationsökning (m³fub/G₁₅-tim) utifrån minskad tidsåtgång som ett resultat av färre antal kapställen vid aptering av massaved i 4-meters längder, se bilaga 4 och 5. Skillnaden är störst i bestånd apterade i timmer och massaved, vilket beror på att skillnaden i antalet kap per träd är som störst där.



Figur 8. Prestationsökning (%) för bestånd där massaveden apterats i 4-meters längder.

Kostnadsminskningen som åskådliggörs i figur 9 är störst i bestånd vid aptering av endast timmer och massaved. Orsaken är att prestationsökningen är som störst vid dessa förutsättningar. Figuren visar även förhållandet mellan kostnadsminskning per m³fub och

kostnadsminskning per ha. Procentsatsen per ha är summan av den totala kostnadsminskningen, d.v.s. kostnadsminskning per m³fub och minskade kostnader till följd av mindre avverkad volym (m³fub).

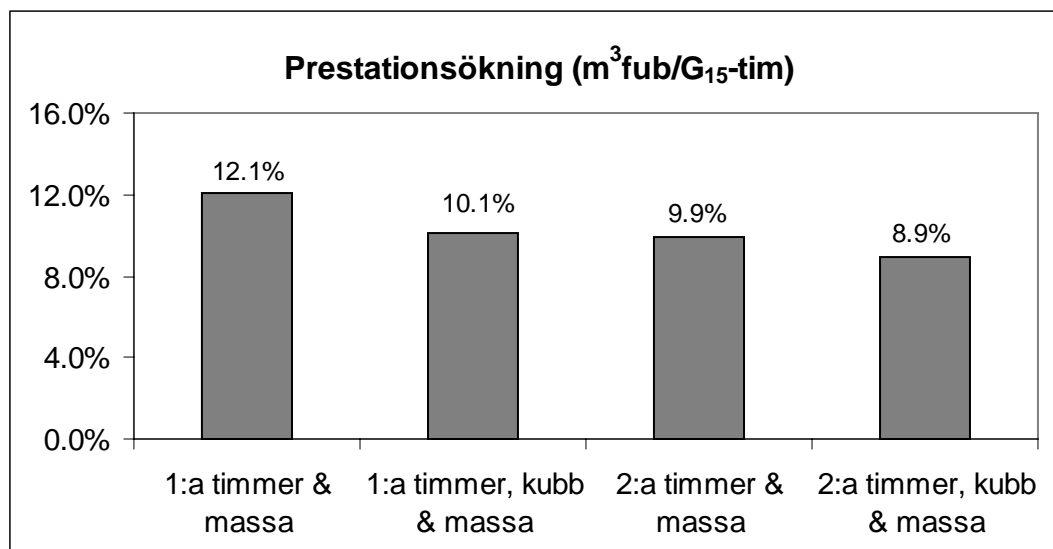


Figur 9. Kostnadsminskning (%) per m³fub och totalt per ha för bestånd där massaveden avverats i 4-meters längder. Textrutorna visar vad det innebär uttryckt i kr/m³fub resp. kr/ha.

För en skördare ökar prestationen ca 3 procent och avverkningskostnaden sänks totalt per ha med omkring 230 kr.

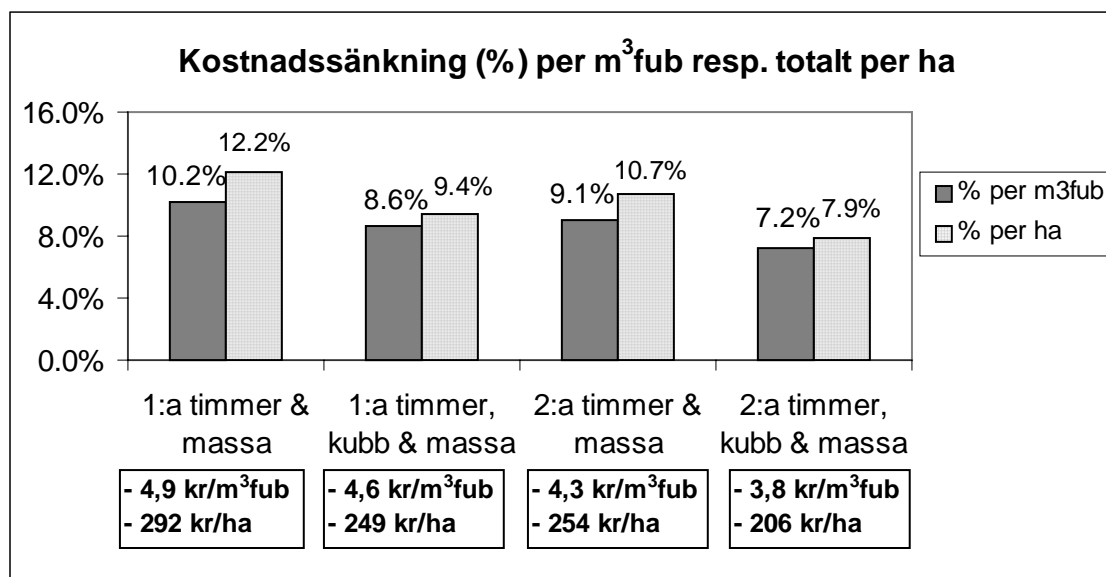
4.3 Skotning

I bestånd där massaveden avveras i 4-meters längder ökar skotarpredationen. Figur 10 visar prestationsökningen per m³fub/G₁₅-tim för en skotare med en grindarea på 4 m². Skillnaden är som störst vid avverkning av enbart timmer och massaved i 1:a gallring. Orsaken är att 97 % av den totala volymen här utgörs av massaved, vilket resulterar i att skillnaden i virkets medellängd mellan de två avverkningarnas alternativ är som störst.



Figur 10. Prestationsökning (%) för bestånd där massaveden avverats i 4-meters längder.

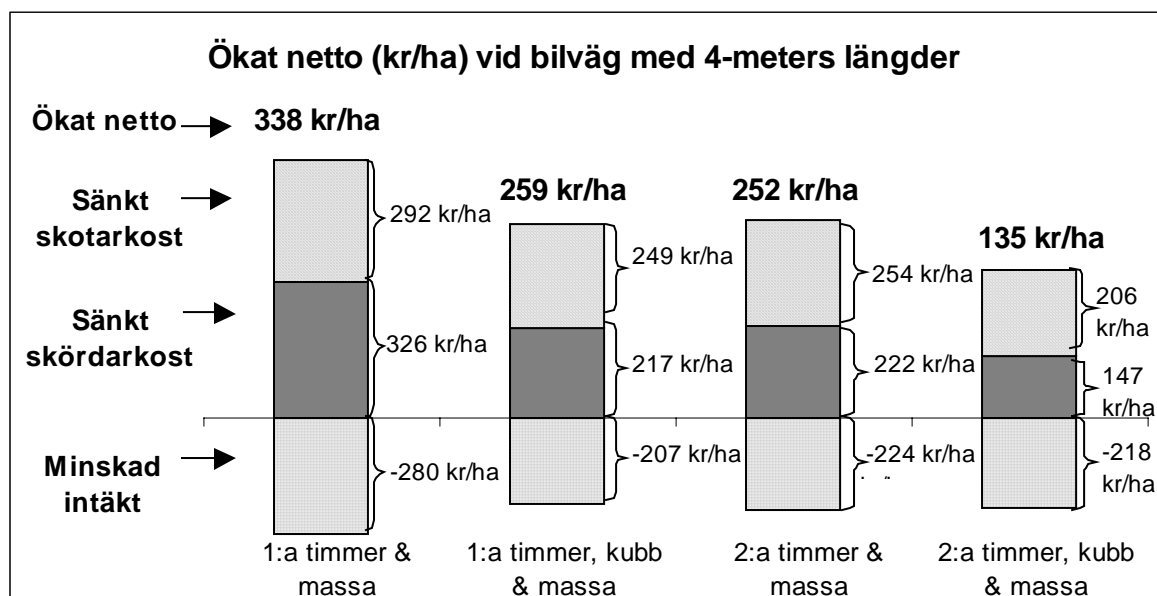
På liknade sätt som för skördaren klargörs i figur 11 förhållandet mellan kostnadssänkning per m³fub och totala kostnadsminskning per ha. Procentsatsen per ha är summan av den totala kostnadssänkningen, d.v.s. kostnadssänkning per m³fub och minskade kostnader till följd av lägre volym att skota ut.



Figur 11. Kostnadssänkning (%) per m³fub och totalt per ha för bestånd där massaveden apterats i 4-meters längder. Textrutorna visar vad det innebär uttryckt kr/m³fub resp. kr/ha.

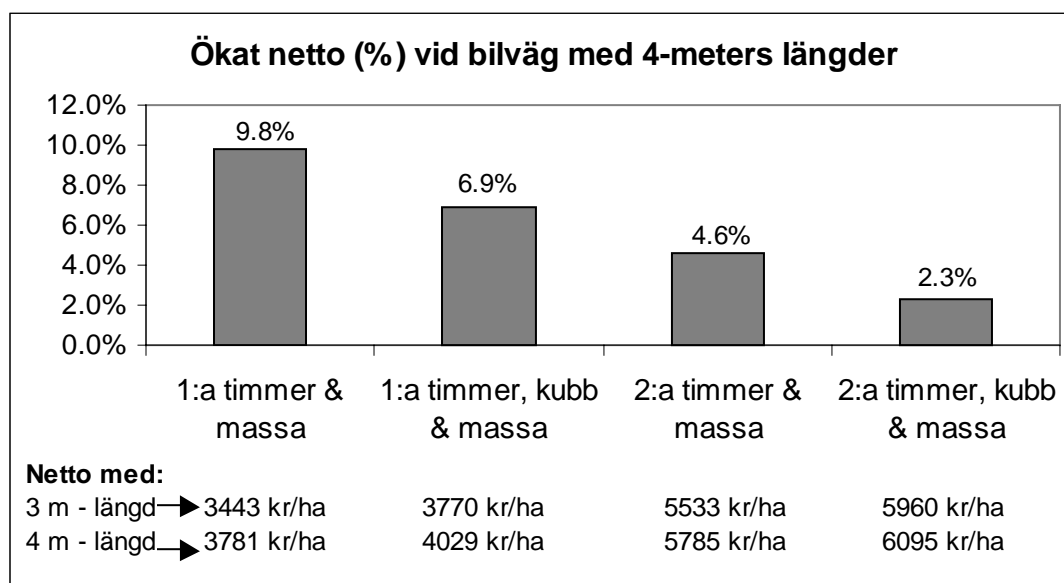
Slutsatsen blir en prestationsökning för skotningsarbetet på ungefär 10 procent och en total kostnadssänkning omkring 250 kr/ha.

Ökat netto vid bilväg (kr/ha) för 4-meters längder i jämförelse med 3-meters längder redovisas i figur 12. Figuren visar hur minskad virkesintäkt, sänkt skördarkostnad och sänkt skotningskostnad har bidragit till den slutliga nettoökningen vid bilväg.



Figur 12. De olika operationernas inverkan på den slutliga nettohöjningen (kr/ha) vid bilväg i bestånd där massaveden apterats i 4-meters längder.

Den procentuella ökningen är på liknade sätt som den faktiska nettoökningen i kr/ha störst i 1:a gallringsbestånd apterade i timmer och massaved. Att nettoökningen i procent är så stor i 1:a gallringsbestånden beror på att nettot i dessa bestånd är litet.



Figur 13. Nettoökning (%) vid bilväg i bestånd där massaveden apterats i 4-meters längder. Netto (kr/ha) vid bilväg för 3- resp. 4-meters alternativet redovisas längst ned i figuren.

Sammanfattningsvis resulterar 4-meters förslaget i ökat netto vid bilväg. Beroende på vilka sortiment som apterats varierar ökningen mellan 135 och 338 kr/ha.

4.4 Biologiska aspekter

4.4.1 Skador

Mängden skador visade sig vara måttlig i de inventerade gallringsbestånden, se tabell 4. Det totala antalet skador större än 15 cm² motsvarar en genomsnittlig skadenivå på 2,8 procent. Gränsen för vad som anses acceptabelt har Södra satt till tre procent (Sandstedt, pers. med.).

Tabell 4. Totala antalet skador i procent fördelat på rot- och stamskador i gallringsbestånd där massaveden apterats i 4-meters längder

Skadans placering	Bestånd			
	1:a gallring tall	1:a gallring gran	2:a gallring bland	2:a gallring gran
Rot	0%	1%	0%	0%
Stam	3%	2%	3%	2%
Totalt	3%	3%	3%	2%

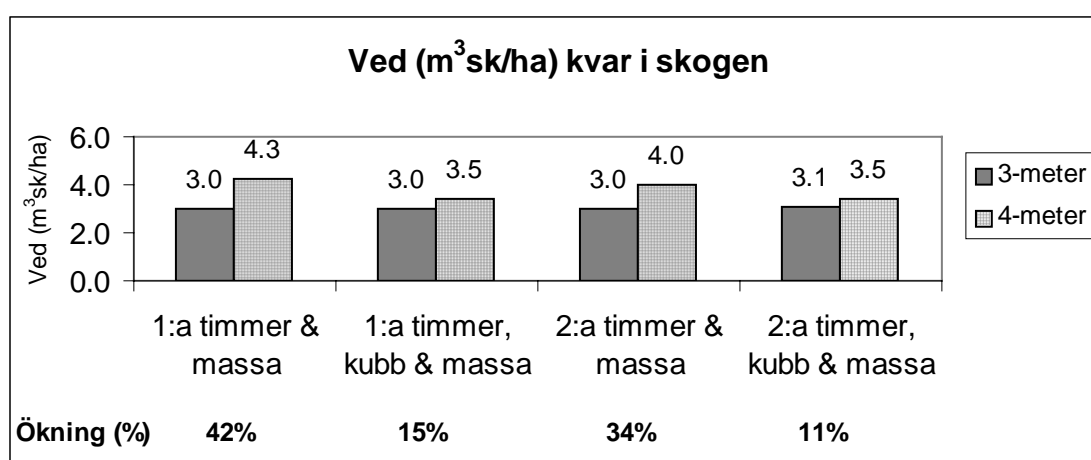
Om det sker en skadeökning vid aptering av 4-meters längder i förhållande till 3-meters längder är den marginell. Troligtvis kommer skadebilden inte att påverkas (Fröding, pers. med.). Även skördarförarens uppfattning var att skadebilden inte borde påverkas. Skotarföraren upplevde det inte som något problem, men förklarade att skadorna kunde öka i lastningsmomentet då knippet svängs in över lasset.

4.4.2 Skogsskydd och biologisk mångfald

Tabell 5 visar avverkad volym (m^3sk) och utskotad volym (m^3fub resp. m^3fpb) för de olika apteringsalternativen. Kvarlämnade volymer i skog (m^3sk) för de olika apteringsalternativen och procentskillnader redovisas i figur 14.

Tabell 5. Avverkad volym (m^3sk) och uttag (m^3fub och m^3fpb) för respektive apteringsalternativ

Bestånd	Sortiment	Avverkad volym (m^3sk)	Uttag 3-meter (m^3fub) & (m^3fpb)	Uttag 4-meter (m^3fub) & (m^3fpb)
1:a gallring	Timmer & massa	60	50,0 (57,0)	48,9 (55,7)
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	60	50,0 (57,0)	49,6 (56,5)
2:a gallring	Timmer & massa	60	50,0 (57,0)	49,1 (56,0)
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	60	49,9 (56,9)	49,6 (56,5)



Figur 14. Kvarlämnade volymer i skog (m^3sk/ha) för resp. apteringsalternativ och procentuella skillnader

Lämpligt yngelmateriale är den viktigaste faktorn som påverkar skadeinsecters förökning och populationsfart. P.g.a. de stora krav som skadeinsecterna har på yngelmateriale är det endast mindre märgborres (på tall) och sextandard barkborres (på gran) population som kan tänkas öka vid större andel avvekningsavfall. Då det inte rör sig om större volymer än vad figur 14 visar bör populationsökningen och till följd av den, skadeinsecternas skadestyrka vara marginell (Schroeder, pers. med.).

Mindre märgborre orsakar tillväxtförluster på tall. Det är dock oklart hur stor populationen måste vara för att det skall uppstå mätbara tillväxtförluster. Sextandard barkborre är främst sekundär i sitt uppträdande och har låg förmåga att ensam döda träd. Beteendet resulterar i att även om populationen ökar något borde inte denna ökning ha någon skoglig betydelse på kvarvarande bestånd (Schroeder, pers. med.).

I vilken utsträckning de extra volymer av klenved som uppstår vid aptering av 4-meters längder kommer att påverka den biologiska mångfalden är oklart. Otvivelaktigt är dock att det är positivt med mer ved kvar i skogen även om det vanligtvis inte är någon brist på klen barrved i gallringsskogar (Caruso, Jonsell & Sjögren, pers. med.)

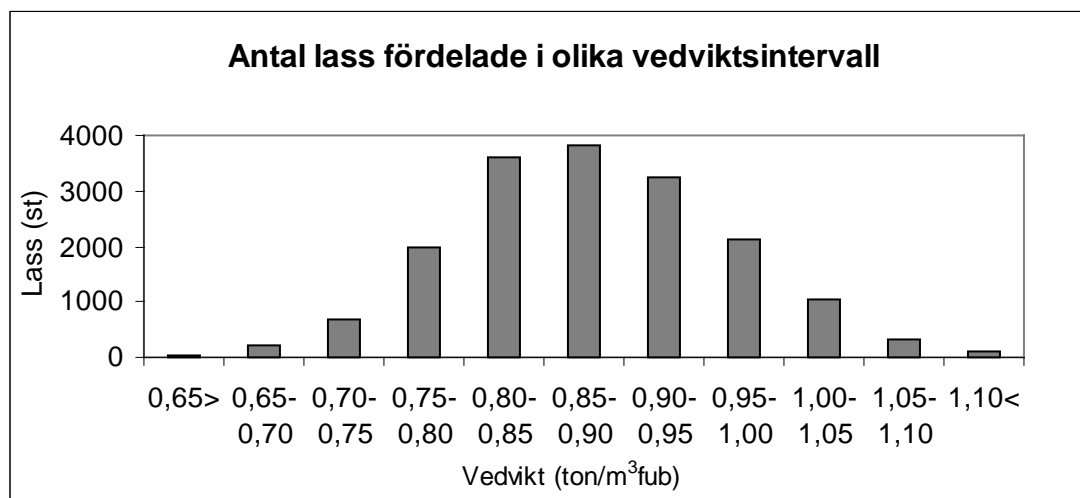
4.5 Vidaretransport

Tabell 6 visar volymförutsättningarna för prestations- och kostnadsjämförelse av de två längdalternativen. Som tidigare nämnts resulterar transport av 4-meters längder i minskad möjlig lastvolym. Under större delen av året har det ingen betydelse eftersom det i de flesta fall är fordonets totalvikt (max 60 ton) som begränsar hur stor volym som kan transporteras.

Tabell 6. Möjlig lastvolym m^3t för 4- och 3-meters massavedslängd

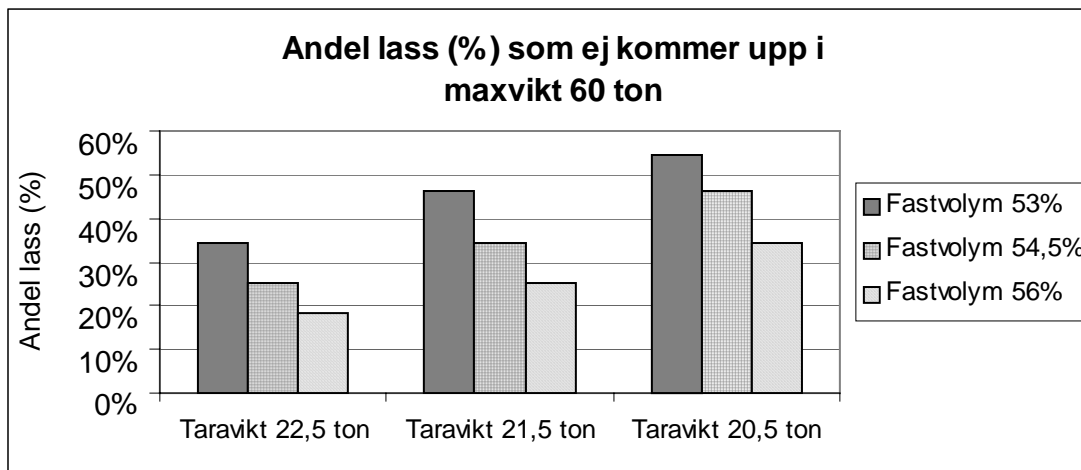
	4-meter	3-meter
Stuvbredd (m)	2,3	2,3
Stuvhöjd (m)	3	3 (2,75)
Stuvlängd (m)	4	3
Antal stuvar (st)	3	5
Möjlig lastvolym (m^3t) per lass	82,8	101,8

Med 17 155 transportlass som underlag för juni, juli och augusti månad var veddensitetsfördelningen enligt figur 15. I figuren saknas 1668 lass p.g.a. ej fulla lass eller lass med innehållande ved med extremt hög densitet. Dessa lass ansågs inte påverkas av ett byte från 3-meters längd till 4-meters längd.



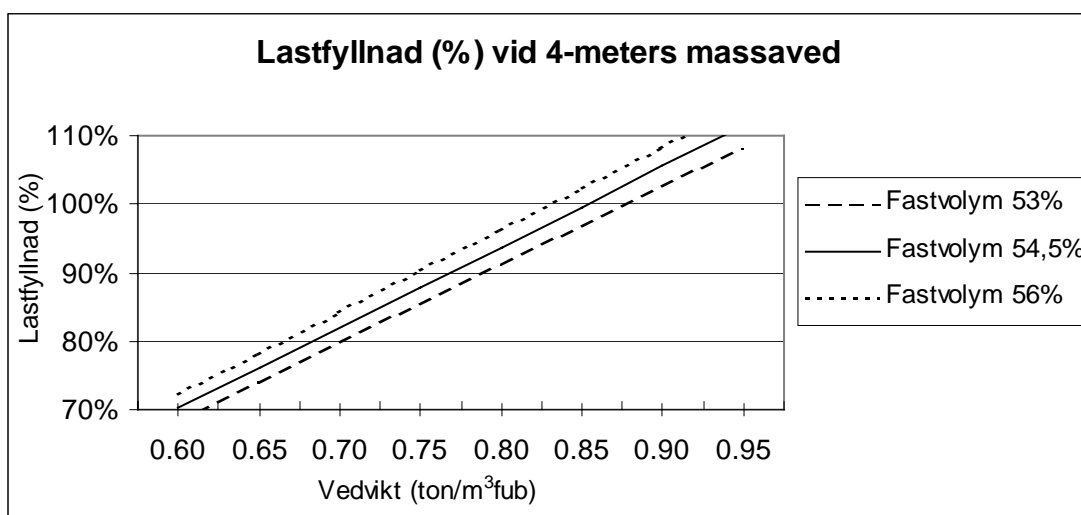
Figur 15. Antal lass inkommande under juni, juli och augusti månad fördelade i olika vedviktsintervall.

Figur 16 visar andelen lass som inte kommer upp i maxvikt 60 ton under juni, juli och augusti månad p.g.a. begränsat lastvolymutrymme resp. med lätta vedvikter. Även om procentnivåerna är stora är det omöjligt att dra några slutsatser p.g.a. att många lass endast förlorar runt tre procent i lastkapacitet.



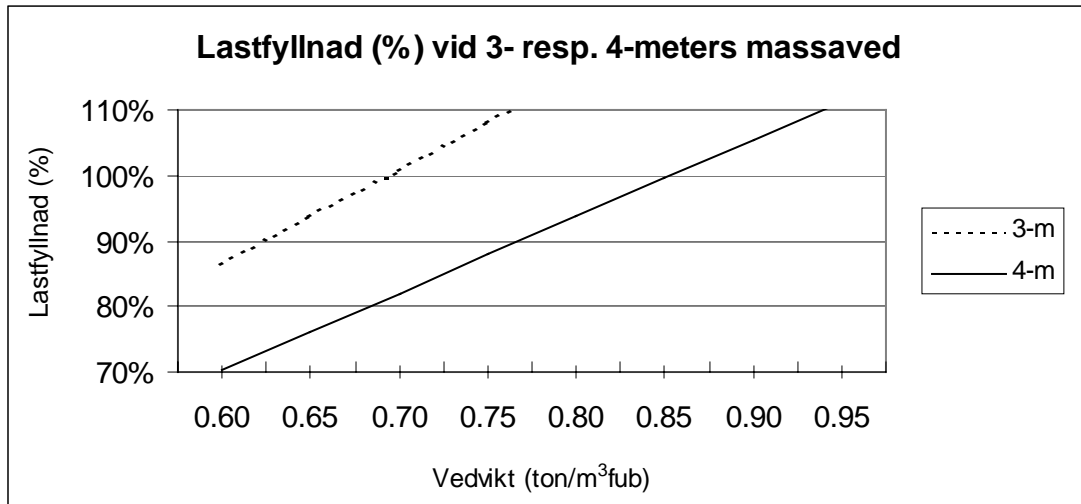
Figur 16. Andel lass i procent under juni, juli och augusti månad som ej kommer upp maxvikten 60 ton p.g.a. begränsat lastutrymme.

Figur 17 åskådliggör lastfyllnaden (faktisk nyttovikt/maximal nyttovikt) i lass innehållande ved från respektive densitetsintervall. En förutsättning är en lastbil med en taravikt på 21,5 ton och möjlig lastvolym enligt tabell 6.



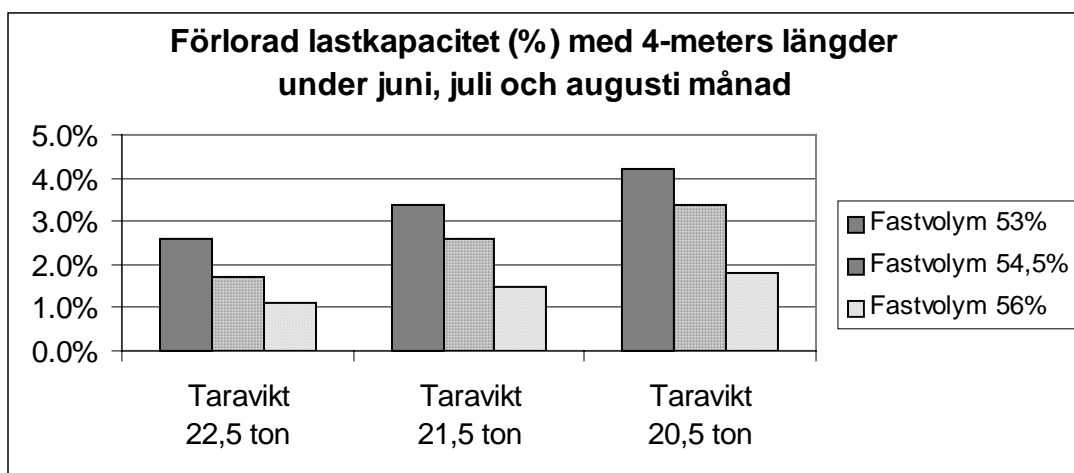
Figur 17. Lastfyllnad (%) vid transport av 4-meters massaved.

Det som är av intresse här är skillnaden mellan 3- och 4-meters lastfyllnad till det att 3-meters alternativet erhåller fullt lass (100 procent lastfyllnad). I de resterande densitetsintervallen är det skillnaden mellan 100 procent lastfyllnad och 4-meters lastfyllnad som är av intresse, se figur 18.

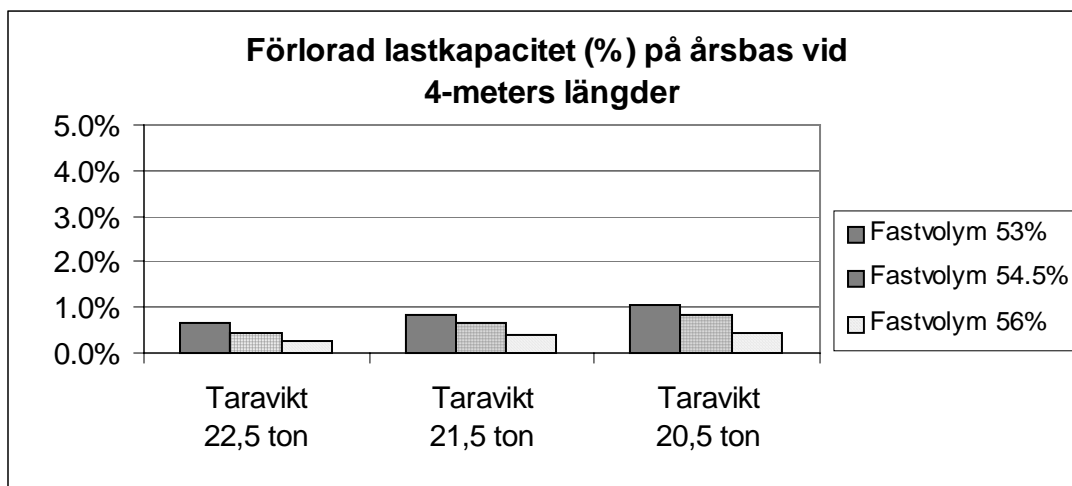


Figur 18. Lastfyllnad (%) för olika vedvikter vid transport av 3-resp. 4-meters längder. Förutsättning är en lastbil med taravikten 21,5 ton och ett lass med fastvolymprocenten 54,5.

Figur 19 visar genomsnittlig minskad lastkapacitet under juni, juli och augusti månad vid transport av 4-meters massavedslängder i förhållande till 3-meters massavedslängder. Orsaken bakom den minskade lastkapaciteten är som tidigare nämnts mindre lastutrymme (82,8 m³t i stället för som tidigare 101,8 m³t) i kombination med lätt ved under sommarmånaderna. Utslaget på årsbas resulterar det i en prestationssänkning runt en halv procent, se figur 20.



Figur 19. Genomsnittlig minskad lastkapacitet (%) med 4-meters längder under juni, jul och augusti månad.



Figur 20. Genomsnittlig minskad lastkapacitet (%) med 4-meters längder på årsbas.

Sammanfattningsvis kommer lastbilarna att tappa lastkapacitet under sommarmånaderna på ungefärligen 2,5 procent. Uttryckt i helår innebär det förlorad kapacitet på 0,6 procent.

Tabell 7 visar tidsåtgång i minuter för de moment som påverkas av ett byte till 4-meters längder och indirekt påverkar de egentliga transportkostnaderna.

Tabell 7. Tidsåtgång (min) för lastning och lossning av massaved

	3-meter	4-meter
Lastning, bil + släp	25.0	17.5
Lossning, bil + släp	5.0	3.0
Summa terminaltid	30.0	20.5

Beräknad tid per vända för 3-meters längder vid olika avstånd till industri är tillhandahållen av Svensson (pers.med.), se tabell 8. Vändatid för 4-meters längder bygger på vändatid för 3-meters längder tillsammans med minskad tidsåtgång för lastning och lossning av 4-meters längder.

Tabell 8. Beräknad tid per vända (min) vid olika avstånd från industri

Avstånd (km)	35	50	72	100
	Tid per vända (min)			
3-meter	120.0	150.0	195.0	240.0
4-meter	110.5	140.5	185.5	230.5
Diff. (min)	9.5	9.5	9.5	9.5

Tabell 9 visar enligt Svensson genomsnittlig lastvolym ($m^3\text{fub}$) för 3-meters längder. Genomsnittlig lastvolym för 4-meters längder bygger på tidigare beräknad genomsnittlig minskad lastkapacitet (0,6 procent) vid 4-meters längder i förhållande till 3-meters längder p.g.a. minskat lastvolymutrymme, se figur 20.

Tabell 9. Genomsnittlig lastvolym ($m^3\text{fub}$)

	Volym ($m^3\text{fub}$)
3-meter	40.00
4-meter	39.76

Lastnings- och lossningsarbetet effektiviseras, vilket resulterar i ökad prestation, medan begränsat lastningsutrymme resulterar i sänkt prestation, se tabell 10. Resultaten visar att prestationsökningen är som störst vid korta avstånd till industri, för att sedan minska med ökade avstånd. Orsaken är att lastnings- och lossningstiden vid korta avstånd till industrin tar upp en större del av den totala väntatiden.

Tabell 10. Skillnad i prestation (%) vid olika avstånd till industri i samband med en övergång till 4-meter som standardlängd

Avstånd (km)	35	50	72	100
Prestationsdiff. p.g.a. lastning och lossning	7.9%	6.3%	4.9%	4.0%
Prestationsdiff. p.g.a. minskad volym	-0.6%	-0.6%	-0.6%	-0.6%
Total prestationsdiff. (%)	7.3%	5.7%	4.3%	3.4%

Transportkostnaden ($\text{kr}/m^3\text{fub}$) vid olika avstånd till industri är för transport av 3-meters längder tillhandahållna av Svensson (pers. med.), se tabell 11. Transportkostnaden per $m^3\text{fub}$ för 4-meters längder bygger på prestationsskillnaden i tabell 10. Som framgår av resultatet sänks kostnaden med runt 2 kronor per $m^3\text{fub}$ vid en övergång till 4-meter som standardlängd i gallring.

Tabell 11. Transportkostnad ($\text{kr}/m^3\text{fub}$) vid olika avstånd till industri

Avstånd (km)	35	50	72	100
Kostnad 3-meter	xxx	xxx	xxx	xxx
Kostnad 4-meter	xxx	xxx	xxx	xxx
Kostnadsdiff. ($\text{kr}/m^3\text{fub}$)	xxx	xxx	xxx	xxx

Slutsatsen är kapaciteten höjs i vidaretransportledet. Totalt sett är höjningens omfattning 3,4-7,3 procent beroende på avstånd till industri. Uttryckt i $\text{kr}/m^3\text{fub}$ innebär det kostnadssänkning på omkring 2 kr.

5 Diskussion

Syftet med studien var att visa om förändring från 3- till 4-meter som standardlängd på massaved i gallring är tekniskt och biologiskt genomförbar samt ekonomisk lönsam. Att komma fram till några exakta sanningar vid analyser av detta slag torde vara tämligen ouppnåeligt. Vad resultaten däremot kan ge är en fingervisning om vad som i framtiden är möjligt att uppnå. Vidare borde resultaten visa om det finns anledning att gå vidare med ett utvecklingsarbete och i så fall vilka operationer som påverkas och i vilken utsträckning. För att säkerställa att förändringen är tekniskt genomförbar har alternativet diskuterats med en maskingrupp och en lastbilschaufför som under studiens gång arbetat med 4-meters längder.

Simulerad aptering av 4-meters längder resulterar i lägre volymutbyte i skogen och minskade bruttointäkter. Resultaten av simuleringarna visar också att de olika typbestånden, med beaktande av virkeskvalitet och skadefrekvens för de båda apteringsalternativen, följer samma trender angående volymutbyte och intäkter. Med andra ord är teoretiskt sett ett bestånds kvalitet och skadefrekvens av liten betydelse vid jämförelse av 3- resp. 4-meters längder. I praktiken kommer det dock enligt Ovesson (pers. med.) att uppstå skillnader. Avverkning i formmässigt dåliga bestånd som tallbestånd med stor avsmalning kommer resultera i väsentligt mer avverkningsavfall, genom att större toppar lämnas kvar i skogen. De extra volymerna per ha av klen spillved kan leda till konflikt med markägare. Vidare ansåg Ovesson att det apteras mindre sågbart (kubb och timmer) till fördel för massaved vid 4-meters alternativet. Orsaken är att längre bitar medför sämre flexibilitet, vilket resulterar i att en större andel "friskt virke" kommer att hamna i massavedssortimentet. Oröjda bestånd föreföll än svårare att gallra till följd av problematisk hantering. Teoretiskt skulle prestationen på skördaren höjas med omkring 3 procent till följd av färre antal kap. Ovesson kunde inte registrera en sådan höjning, vilket kan bero på att det tar lång tid att hitta rätt körteknik och att ställa in ögat på 4-meter.

Vid skotning av bestånd där massaveden apterats i 4-meters längder ökar produktiviteten för deloperationerna körning till avlägg och lossning. Dessa deloperationer svarar för runt 50 procent av den totala tidsåtgången för skotningsarbetet. Totalt sett höjs prestationen med omkring 10 procent för bestånd som apterats i flera sortiment och 14 procent för sortimentsrena massavedsbestånd. Att ökningen är större i det senare alternativet beror på att skillnaden i virkets medellängd här är som störst och att endast ett sortiment skotas ut. Vid jämförelse av större skotare borde skillnaderna t.o.m. öka till följd av större lass.

Enligt skadeinventeringen kommer avverkningssskadorna inte överstiga 3 procent, Södras gräns för vad som anses acceptabelt. Det går dock inte att dra några generella slutsatser från denna inventering, eftersom många andra aspekter bör vägas in (Fröding, pers. med.). Vidare borde det enligt Fröding inte uppstå någon mätbar ökning av skadefrekvensen vid en övergång till 4-meter som standardlängd.

Som tidigare nämnts kommer avverkningsresterna att öka. Det är dock osäkert om och i så fall i vilken utsträckning, dessa extra volymer kommer att påverka skogsskydd och biodiversitet. Troligtvis kommer det att vara marginella skillnader både vad gäller skogsskydd (Schroeder, pers. med.) och biodiversitet (Caruso & Sjögren, pers. med.). Efterfrågan på biobränsle kommer sannolikt att öka. I framtiden kommer kanske en större andel av trädet att utnyttjas även i gallring. I det perspektivet kan det vara positivt med större toppar kvar i skogen.

Vidaretransportledet kommer totalt att höja prestationen med omkring 5 procent till följd av effektivare lastning och lossning. Enligt Svensson (pers. med.) faller virket lättare på plats och det kommer att bli enklare att utbilda personal. Positivt är också att det går att dra ihop lassen på dåliga vägar, utan att få överhäng. Enda nackdelen är de problem som kan uppstå vid samlastning med andra leverantörer och den förlorade lastkapaciteten under sommarmånaderna. Både Pettersson, chef för Södras åkeri, Örnsved, transportområdeschef, och Svensson är positiva till förändringen. Alla parter är överens om att det under speciella förhållanden (såsom låg veddensitet) kommer att uppstå tillfällen då bilarna inte har lastutrymme att komma upp i 60 ton vid 4-meters alternativet. De är också överens om att prestationen kommer att höjas rejält till följd av effektivare lastning och lossning.

Under arbetets gång har kontakt hållits med Leif Kindvall vid VMFs mätstation på Mörrums bruk. Kindvall har varit ansvarig för kontrollmätning av 4-metersveden och har varit min kontakt med VMF. Fördel med 4-metersved är att båda ändytorna syns både på bil och släp, vilket resulterar i att man kommer närmare sanningen vid bedömning av veden. Resultatet blir att vrakvolymen för röta kommer att öka och att det ställs större krav på skördarförare. Vidare effektiviseras mättningsarbetet eftersom det endast är 3 stuvar som ska mätas. Medelhöjden på stuvorna kommer att öka, vilket är till fördel då det är svårt och det tar tid att mäta låga travar. Sammanfattningsvis är VMF mycket positiva till 4-meters längder (Kindvall, pers. med.).

Frågor som bör beaktas av Södra vid ett eventuellt byte är enligt Kindvall:

- Avbrutna bitar vrakas inte idag om de är längre än 2 meter. Vad ska gälla vid 4-meter som standardlängd?
- Kommer + - 10 procent att gälla som längdmått, eller blir 80 cm för stor skillnad på längsta och kortaste vedbit?
- Idag vrakas inte 2,45 meters kubb utan anses som felsortering. Resulterar dessa korta bitar i ökad hanteringskostnad och eller utgör de risk för trafikanter och bör vrakas?

För att få en uppfattning om hur bruken ser på en övergång till 4-meter som standardlängd på massaved kontaktades inom Mörrums bruk Fairbanks (pers. med.). Hantering av längre ved kommer enligt Fairbanks att leda till:

- Effektivare lossningsarbete (tre stuvar istället för fem).
- Lagringen av ved på vedgård kommer att kräva mindre utrymme till följd av längre vedlängd. Det skall dock inte lagras större volymer då bruket eftersträvar små lager med färsk ved.
- Mindre slitage på truckar och lägre dieselförbrukning.
- Övriga fördelar som inte går att mäta i kronor är arbetsmiljöförhållanden och miljöeffekter. Det är inte ovanligt att det bildas lastbilskö före lossningsarbetet. Det är då risk att truckförarna utsätts för stress. Att vid dessa tillfällen hantera tre stuvar istället för fem kan bidra till större nytta än de 40 procent som lossningsarbetet kommer att rationaliseras. Ur miljösynpunkt är det positivt med lägre dieselförbrukning för truckarna.

Trots att gallringsveden utgör 55 procent (resterande kommer från slutavverking) kommer det inte uppstå några lagringsproblem på vedgården under förutsättning att lastbilarna endast innehåller antingen 3- eller 4-meters längder. Vad de totala rationaliseringseffekterna blir i kronor eller i kronor per m³fub är omöjligt att säga, men förmodligen kommer det att röra sig om ett par kronor per m³fub (Fairbanks, pers. med.).

Systemanalysens syfte var att belysa skillnader mellan att arbeta med 3- resp. 4-meter som standardlängd på massaved med avseende på hela kedjan från skog fram till industri. Denna breda ansats har gjort att konsekvenserna exemplifierats på en relativt övergripande nivå. En detaljerad och djupgående undersökning kan möjligen ha uppskrapat andra problem. Begränsningen kan därigenom ha medfört en svaghet på så sätt att osäkerheten kring resultaten har ökat. En annan svaghet i arbetet är att litteraturen är begränsad och att det inte finns några nya studier gjorda på hur prestationen ($\text{m}^3\text{fub}/\text{G}_{15}\text{-tim}$) för skördare påverkas då vedens medellängd ökar. Osäkerheten vid bestämning av skillnader i skördarens prestation utgör ett stort problem då denna process starkt påverkar det slutliga nettot vid bilväg.

5.1 Slutsats

Studien visar att aptering av 4-meters längder ger ökat netto vid bilväg. Beroende på vilka sortiment som apterats varierar ökningen mellan 135 och 340 kr/ha. Hantering av 4-meters längder resulterar i lägre drivningskostnader, medan 3-meters alternativet ger bättre utbyte av råvaran (omkring $0,7 \text{ m}^3\text{fub/ha}$). De sänkta drivningskostnaderna för 4-metersved är dock så omfattande att de överstiger de ökade intäkterna vid aptering av 3-metersved. Ökad vedlängd är också det mest ekonomiska alternativet för vidaretransport. Enligt resultaten finns det möjlighet att sänka transportkostnaderna med omkring $2 \text{ kr}/\text{m}^3\text{fub}$.

Då de biologiska aspekterna inte kommer att påverkas i någon större utsträckning är slutsatsen utifrån denna analys att det är ekonomiskt lönsamt att i gallringsbestånd använda sig av 4-meter som standardlängd på massaved.

Referenser

Publicerade referenser

Bergstrand, K-G., *Underlag för prestationsmål för skotning*, Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse nr 7, Spånga, 35 pp.

Björklund, L., 1988, *Vägning av massaved med torrhaltsbestämning*, SLU, Institutionen för virkeslära, Rapport nr 198, Uppsala, 169 pp.

Brunberg, T., *Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring*, SkogForsk, Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut, Redogörelse nr 8, Uppsala, 18 pp.

Carlsson, T. Larsson, M. Rasmusson, B., 1981, *Fordonsmonterad eller separat kran för fordonslastning?*, Forskningsstiftelsen skogsarbeten, Redogörelse nr 4, Stockholm, 39 pp.

Eidmann, H & Klingström, A., 1990, *Skadegörare i skogen*, LTs förlag, Stockholm, 355 pp.

Eriksson, P., 1999, *Skotning*, Skogforsk, Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut, Tryckeri AB Primo, Oskarshamn, 37 pp.

Fröding, A., 1992, *Beståndsskador vid gallring*, SLU, Institutionen för skogsteknik, Garpenberg, 49 pp.

Gullberg, T., 1997, *Tidsåtgångsmodell för skotning*, SLU, Institutionen för skogsteknik, Uppsater och Resultat nr 297, 29 pp.

Hedgren, P-O, Schroeder, M & Weslin, J., 2002, *Liten risk för insektsskador vid lagring av GROT vid granskog*, SkogForsk, Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut, Resultat nr 17, Uppsala, 2 pp.

Jonsson, B-G & Kruys, Nicholas., 1999, *Fine wood debris is important for species richness on logs in managed boreal spruce forests of northern Sweden*, Institutionen för ekologi och miljövärd, Umeå universitet, Umeå, 5 p.

Lumsden, K., 1998, *Logistikens grunder*, Studentlitteratur, Lund, 682 pp.

Samuelsson, J & Ingelög, T., 1996, *Den levande döda veden bevarande och nyskapande i naturen*, Artdatabanken, SLU, Uppsala, 89 pp.

Skogsstyrelsen., 1999, *Skogsvårdslagen handbok*, Föreskrifter, Skogsstyrelsens Förlag, Jönköping, 53 p.

Opublicerade referenser

Ogemark, T., *TimAn 1.1 – Användarhandledning*, Stencil 2000-11-24, SkogForsk.

Ogemark, T., *Aptan i TimAn 1.1 – Användarhandledning*, Stencil 2000-11-24, SkogForsk.

Ogemark, T., *Standin i TimAn 1 – Användarhandledning*, Stencil 2000-11-22, SkogForsk.

Elektroniska källor

Vägverket, Avdelningen för Kollektiv-och yrkestrafik, *Lasta lagligt 2001*, 021013, www.vv.se/publ_blank/bokhylla/yrkestrafik/lasta/lasta-lagligt.pdf.

Skogforsk, 021103, www.skogforsk.se, sökväg - Kunskap direkt – Gallring -Skador i beståndet - Skador vid gallringsingrepp - Träd.

Personliga meddelande

Arlinger, John., 020806, Programmering, Skogforsk, 070-601 90 93, john.arlinger@skogforsk.se

Brunberg, Torbjörn., 021121, Drivning, Skogforsk, 070-5953861, torbjorn.brunberg@skogforsk.se

Caruso, S & Sjögren J., 021218, Doktorander, Centrum för biologisk mångfald, 018-67 10 00.

Fairbanks, Kent., 030109, Chef för vedgård och renseri (Mörrums bruk), Södra.

Fröding, Anders., 021216, Forskningsledare, Högskolan Dalarna, 0225-26 000.

Gustavsson, Jan., 021008, Transport/timmer, Södra, 0470-89 000, jan.gustavsson@sodra.com

Gullberg, Tomas., 021217, Forskningsledare, Högskolan Dalarna, 0225-26 085, tgu@du.se

Jonsell, Mats., 021217, Forskare, Institutionen för entomologi, SLU, 018-67 10 00, mats.jonsell@entom.slu.se

Kindval, Leif., 021205, Mättningsinspektör (Mörrums bruk), VMF, 0454-55 000.

Löfroth, Klaes., 020906, Transport- och teknik, Skogforsk, 070- 515 85 07, claes.lofroth@skogforsk.se

Martinsson, Ebert., 021202, Skogsinspektör, Södra, 010-244 52 36, ebert.martinsson@sodra.com

Olsson, Urban., 021204, Chef för Skogsteknik, Södra, 0470-89 000, Urban.olsson@sodra.com

Ovesson, Fredrik., 021202, Entreprenör (skotare & skördare), 010-244 52 36.

Petersson, Jan., 021204, Chef för Södras åkeri, 0470-89 000, jan.petersson@sodra.com

Sandstedt, Karl., 021002, Verksamhetsutveckling, Södra, 0470-89 000, karl.sandstedt@sodra.com

Schroeder, Martin., 021218, Forskare, Institutionen för entomologi, SLU, 018-67 23 32,
Martin.Schroeder@entom.slu.se

Svensson, Pär-Ola., 021206, Lastbilschaufför på Södras åkeri, Södra, 070-6077221.

Yman, Jan-Åke., Systemutveckling, Södra, 0470-89 000
jan-ake.yman@sodra.com

Örnsved, Frank., 021209, Transportområdeschef, Södra, 0470-89 000,
frank.ornsved@sodra.com

Bilaga 1. Virkesprislista för tall, gran bygg och gran emballage resp. baspriser för tallkubb, grankubb och barmmassaved.

Virkesprislista för tall

Längd, cm	Toppdiameter under bark, cm							
	18-	20-	22-	24-	26-	28-	30-	32-
370	377	396	414	419	423	428	446	455
430	410	430	450	455	460	465	485	495
490	443	464	486	491	497	502	524	535
550	459	482	504	510	515	521	543	554

Virkesprislista för gran bygg

Längd, cm	Toppdiameter under bark, cm													
	18-	20-	22-	24-	26-	28-	30-	32-	34-	36-	38-	40-	42-	44-
310	422	453	488	522	540	540	549	549	573	573	522	522	522	320
340	403	433	466	505	522	522	531	531	549	549	500	500	500	306
370	451	484	522	563	582	582	592	592	586	586	533	533	533	326
400	466	500	538	568	588	588	598	598	598	598	544	544	544	333
430	480	515	555	580	600	600	610	610	610	610	555	555	555	340
460	490	525	566	580	600	600	610	610	622	622	566	566	566	347
490	499	536	577	603	624	624	634	634	628	628	572	572	572	350
520	504	541	583	609	630	630	640	640	634	634	577	577	577	354
550	509	546	588	615	636	636	647	647	640	640	583	583	583	357

Virkesprislista för gran emballage

Längd, cm	Toppdiameter under bark, cm													
	18-	20-	22-	24-	26-	28-	30-	32-	34-	36-	38-	40-	42-	44-
310	304	326	352	374	382	382	392	392	409	409	376	376	94	226
340	290	311	336	361	370	370	378	378	392	392	360	360	90	216
370	324	348	376	403	412	412	422	422	418	418	384	384	96	230
400	335	359	388	407	416	416	426	426	426	426	392	392	98	235
430	345	370	400	415	425	425	435	435	435	435	400	400	100	240
460	352	377	408	415	425	425	435	435	444	444	408	408	102	245
490	359	385	416	432	442	442	452	452	448	448	412	412	103	247
520	362	388	420	436	446	446	457	457	452	452	416	416	104	250
550	366	392	424	440	450	450	461	461	457	457	420	420	105	252

Baspriser

Sortiment	Pris
Tallkubb.....	275 kr/m ³ fub
Grankubb	290 kr/m ³ fub
Barmmassaved.....	240 kr/m ³ fub

Bilaga 2. Volym- och intäktsutfall.

Volym- ($m^3\text{fub/ha}$) och intäktsutfall ($\text{kr}/m^3\text{fub}$, kr/ha) av bestånd där massaveden apteras i 3-meters längder

Bestånd	Sortiment	Total volym ($m^3\text{fub}$)	Timmer ($m^3\text{fub}$)	Kubb ($m^3\text{fub}$)	Massaved ($m^3\text{fub}$)	Intäkt ($\text{kr}/m^3\text{fub}$)	Total intäkt (kr/ha)
1:a gallring	Timmer & massa	50,0	0,9	-	49,1	241,9	12093
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	50,0	0,7	14,1	35,2	253,6	12680
2:a gallring	Timmer & massa	50,0	4,9	-	45,1	251,7	12586
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	49,9	4,9	16,1	28,9	265,6	13261

Volym- ($m^3\text{fub/ha}$) och intäktsutfall ($\text{kr}/m^3\text{fub}$, kr/ha) av bestånd där massaveden apteras i 4-meters längder

Bestånd	Sortiment	Total volym ($m^3\text{fub}$)	Timmer ($m^3\text{fub}$)	Kubb ($m^3\text{fub}$)	Massaved ($m^3\text{fub}$)	Intäkt ($\text{kr}/m^3\text{fub}$)	Total intäkt (kr/ha)
1:a gallring	Timmer & massa	48,9	0,7	-	48,2	241,4	11813
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	49,6	0,7	11,5	37,4	251,5	12473
2:a gallring	Timmer & massa	49,1	4,8	-	44,3	251,7	12362
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	49,6	4,8	13,2	31,6	263,1	13043

Volym- och intäktsskillnader vid en övergång till 4-meters längd på massaveden

Bestånd	Sortiment	Volymminskning per ha (%)	Intäktssänkning per $m^3\text{fub}$ (%)	Intäktssänkning ($\text{kr}/m^3\text{fub}$)	Intäktssänkning per ha (%)	Intäktssänkning (kr/ha)
1:a gallring	Timmer & massa	-2,1%	-0,2%	-0,5	-2,3%	-280
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	-0,8%	-0,8%	-2,1	-1,6%	-207
2:a gallring	Timmer & massa	-1,8%	0,0%	0,0	-1,8%	-224
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	-0,7%	-1,0%	-2,6	-1,6%	-218

Bilaga 3. Volym- och intäktsutfall för resp. beståndstyp.*Utfall från olika simuleringar apterade i timmer och 3-meters massaved*

Beståndstyp	Volym (m³fub)	Bygg- andel (%)	Emballage- andel (%)	Kubb- andel (%)	Massaved- andel (%)	Intäkt (kr/m³fub)	Total intäkt (kr)
1:a gallring Felfri	33,1	2,4%	0,0%	0,0%	97,6%	242,8	8036
1:a gallring Bra	33,1	1,8%	0,0%	0,0%	98,2%	242,2	8015
1:a gallring Normal	33,1	1,8%	0,3%	0,0%	97,9%	242,0	8011
1a:gallring Dålig	33,1	1,2%	0,0%	0,0%	98,8%	241,4	7990
2:a gallring Felfri	108,0	14,4%	0,0%	0,0%	85,6%	259,0	27963
2:a gallring Bra	107,9	9,5%	0,6%	0,0%	89,7%	252,7	27267
2:a gallring Normal	107,9	9,6%	1,3%	0,0%	89,0%	253,1	27306
2:a gallring Dålig	107,9	7,1%	1,1%	0,0%	91,7%	249,4	26910

Utfall från olika simuleringar apterade i timmer och 4-meters massaved

Beståndstyp	Volym (m³fub)	Bygg- andel (%)	Emballage- andel (%)	Kubb- andel (%)	Massaved- andel (%)	Intäkt (kr/m³fub)	Total intäkt (kr)
1:agallring Felfri	32,4	2,2%	0,0%	0,0%	97,7%	242,2	7847
1:a gallring Bra	32,4	1,5%	0,0%	0,0%	98,4%	241,7	7830
1:a gallring Normal	32,4	1,5%	0,0%	0,0%	98,3%	241,5	7823
1:a gallring Dålig	32,4	0,9%	0,0%	0,0%	99,1%	241,0	7808
2:a gallring Felfri	106,1	14,5%	0,0%	0,0%	85,5%	259,2	27500
2:a gallring Bra	106,0	9,7%	0,6%	0,0%	89,7%	252,8	26801
2:a gallring Normal	106,0	9,7%	1,1%	0,0%	89,1%	253,0	26813
2:a gallring Dålig	106,0	7,2%	0,8%	0,0%	92,0%	249,2	26419

Skillnader i utfall mellan de två apteringsalternativen

Beståndstyp	Volym (m³fub)	Bygg- andel (%)	Emballage- andel (%)	Kubb- andel (%)	Massaved- andel (%)	Intäkt (kr/m³fub)	Total intäkt (kr)
1a:gallring Felfri	-2,1%	-0,2%	0,0%	0,0%	0,1%	-0,5	-2,4%
1a:gallring Bra	-2,1%	-0,3%	0,0%	0,0%	0,2%	-0,5	-2,3%
1a:gallring Normal	-2,1%	-0,3%	-0,3%	0,0%	0,4%	-0,5	-2,3%
1a:gallring Dålig	-2,1%	-0,3%	0,0%	0,0%	0,3%	-0,4	-2,3%
2:a gallring Felfri	-1,8%	0,2%	0,0%	0,0%	-0,2%	0,2	-1,7%
2:a gallring Bra	-1,8%	0,2%	-0,1%	0,0%	0,0%	0,1	-1,7%
2:a gallring Normal	-1,8%	0,1%	-0,2%	0,0%	0,1%	-0,1	-1,8%
2:a gallring Dålig	-1,8%	0,0%	-0,3%	0,0%	0,3%	-0,2	-1,8%

Utfall från olika simuleringar apterade i timmer, kubb och 3-meters massaved

Beståndstyp	Volym (m³fub)	Bygg- andel (%)	Emballage- andel (%)	Kubb- andel (%)	Massaved- andel (%)	Intäkt (kr/m³fub)	Total intäkt (kr)
1:a gallring Felfri	33,0	2,1%	0,0%	40,3%	57,6%	259,6	8582
1: gallring Bra	33,1	1,5%	0,0%	32,0%	66,5%	255,4	8458
1:a gallring Normal	33,1	1,5%	0,3%	26,9%	71,3%	253,0	8374
1:a gallring Dålig	33,1	0,9%	0,0%	25,7%	73,4%	252,2	8350
2:a gallring Felfri	107,9	14,2%	0,0%	45,4%	40,4%	278,2	30022
2:a gallring Bra	107,8	9,5%	0,6%	37,2%	52,7%	268,5	28953
2:a gallring Normal	107,8	9,6%	1,2%	31,9%	57,1%	266,6	28746
2:a gallring Dålig	107,6	7,2%	1,0%	28,1%	63,8%	261,5	28155

Utfall från olika simuleringar apterade i timmer, kubb och 4-meters massaved

Beståndstyp	Volym (m³fub)	Bygg- andel (%)	Emballage- andel (%)	Kubb- andel (%)	Massaved- andel (%)	Intäkt (kr/m³fub)	Total intäkt (kr)
1:a gallring Felfri	33,0	2,1%	0,0%	33,3%	64,5%	256,6	8482
1:a gallring Bra	32,9	1,5%	0,0%	25,8%	72,3%	253,0	8312
1:a gallring Normal	32,8	1,5%	0,0%	22,0%	76,5%	251,4	8247
1:a gallring Dålig	32,8	0,9%	0,0%	21,6%	77,4%	250,4	8212
2:a gallring Felfri	107,3	14,4%	0,0%	39,2%	46,5%	275,9	29627
2:a gallring Bra	107,1	9,6%	0,7%	30,9%	58,9%	266,1	28502
2:a gallring Normal	107,0	9,6%	1,2%	26,4%	62,8%	264,3	28271
2:a gallring Dålig	106,9	7,2%	0,6%	22,5%	69,8%	258,9	27670

Skillnader i utfall mellan de två apteringsalternativen

Beståndstyp	Volym (m³fub)	Bygg- andel (%)	Emballage- andel (%)	Kubb- andel (%)	Massaved- andel (%)	Intäkt (kr/m³fub)	Total intäkt (kr)
1a:gallring Felfri	0,0%	0,0%	0,0%	-7,0%	7,0%	-3,0	-1,2%
1a:gallring Bra	-0,6%	0,0%	0,0%	-6,2%	5,9%	-2,4	-1,7%
1a:gallring Normal	-0,9%	0,0%	-0,3%	-4,9%	5,2%	-1,6	-1,5%
1a:gallring Dålig	-0,9%	0,0%	0,0%	-4,0%	4,0%	-1,8	-1,7%
2:a gallring Felfri	-0,6%	0,2%	0,0%	-6,2%	6,1%	-2,2	-1,3%
2:a gallring Bra	-0,6%	0,2%	0,0%	-6,3%	6,2%	-2,4	-1,6%
2:a gallring Normal	-0,7%	0,0%	0,0%	-5,6%	5,7%	-2,3	-1,7%
2:a gallring Dålig	-0,7%	0,0%	-0,5%	-5,6%	6,0%	-2,5	-1,7%

Bilaga 4. Minskat antal kap per stam.

Minskat i antal kap per stam (st) vid en övergång till 4-meters längd på massaveden

Bestånd	Sortiment	Minskat i antal kap per stam (st)	Tidsåtgång (sek/kap) "enligt studietid"	Prestation (träd/G₀-tim) "enligt studietid"
1:a gallring	Timmer & massa	-0,87	1,5	90
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	-0,74	1,5	90
2:a gallring	Timmer & massa	-1,00	1,5	75
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	-0,82	1,5	75

Bilaga 5. Avverkningskostnad och prestation.

Avverkningskostnad (kr/m³fub), (kr/ha) och prestation (m³fub/G₁₅-tim) med engreppskördare av bestånd där massaveden apteras i 3-meters längder

Bestånd	Sortiment	Total volym (m ³ fub)	Prestation (m ³ fub/G ₁₅ -tim)	Maskinkostnad (kr/G ₁₅ -tim)	Kostnad (kr/m ³ fub)	Total kostnad (kr/ha)
1:a gallring	Timmer & massa	50	6	750	125,0	6250
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	50	6	750	125,0	6250
2:a gallring	Timmer & massa	50	8	750	93,8	4688
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	49,9	8	750	93,8	4680

Avverkningskostnad (kr/m³fub), (kr/ha) och prestation (m³fub/G₁₅-tim) med engreppskördare av bestånd där massaveden apteras i 4-meters längder

Bestånd	Sortiment	Total volym (m ³ fub)	Prestation (m ³ fub/G ₁₅ -tim)	Maskinkostnad (kr/G ₁₅ -tim)	Kostnad (kr/m ³ fub)	Total kostnad (kr/ha)
1:a gallring	Timmer & massa	48,9	6,20	750	121,0	5924
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	49,6	6,17	750	121,6	6033
2:a gallring	Timmer & massa	49,1	8,25	750	90,9	4466
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	49,6	8,20	750	91,4	4533

Kostnad- och produktionsskillnader med engreppskördare vid en övergång till 4-meters längd på massaveden

Bestånd	Sortiment	Prestationsökning (m ³ fub/tim)	Prestations- ökning (%)	Kostnadssänkning per m ³ fub (%)	Kostnadssänkning (kr/m ³ fub)	Kostnadssänkning per ha (%)	Kostnads- sänkning (kr/ha)
1:a gallring	Timmer & massa	0,20	3,3%	-3,2%	-4,0	-5,2%	-326
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	0,17	2,8%	-2,7%	-3,4	-3,5%	-217
2:a gallring	Timmer & massa	0,25	3,1%	-3,0%	-2,8	-4,7%	-222
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	0,20	2,6%	-2,5%	-2,3	-3,2%	-147

Tabell 6. Skotningskostnad och prestation.

Skotnings kostnad (kr/m³fub), (kr/ha) och prestation (m³fub/G₁₅-tim) i bestånd där massaveden apteras i 3-meters längder

Bestånd	Sortiment	Total volym (m ³ fub)	Timmer (m ³ fub)	Kubb (m ³ fub)	Massaved (m ³ fub)	Prestation (m ³ fub/G ₁₅ -tim)	Kostnad (kr/m ³ fub)	Total kostnad (kr/ha)
1:a gallring	Timmer & massa	50	0,9	-	49,1	9,9	48	2400
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	50	0,7	14,1	35,2	8,9	53,2	2660
2:a gallring	Timmer & massa	50	4,9	-	45,1	10,1	47,3	2365
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	49,9	4,9	16,1	28,9	9	52,5	2621

Skotnings kostnad (kr/m³fub), (kr/ha) och prestation (m³fub/G₁₅-tim) i bestånd där massaveden apteras i 4-meters längder

Bestånd	Sortiment	Total volym (m ³ fub)	Timmer (m ³ fub)	Kubb (m ³ fub)	Massaved (m ³ fub)	Prestation (m ³ fub/G ₁₅ -tim)	Kostnad (kr/m ³ fub)	Total kostnad (kr/ha)
1:a gallring	Timmer & massa	48,9	0,7	-	48,2	11,1	43,1	2108
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	49,6	0,7	11,5	37,4	9,8	48,6	2411
2:a gallring	Timmer & massa	49,1	4,8	-	44,3	11,1	43	2111
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	49,6	4,8	13,2	31,6	9,8	48,7	2415

Kostnad- och produktionskillnader för skotning vid en övergång till 4-meters längd på massaveden

Bestånd	Sortiment	Prestationsökning (m ³ fub/tim)	Prestations ökning (%)	Kostnadssänkning (kr/m ³ fub)	Kostnadssänkning per m ³ fub (%)	Kostnadssänkning per ha (%)	Kostnadssänkning (kr/ha)
1:a gallring	Timmer & massa	1,2	12,1%	-4,9	-10,2%	-12,2%	-292
1:a gallring	Timmer, kubb & massa	0,9	10,1%	-4,6	-8,6%	-9,4%	-249
2:a gallring	Timmer & massa	1,0	9,9%	-4,3	-9,1%	-10,7%	-254
2:a gallring	Timmer, kubb & massa	0,8	8,9%	-3,8	-7,2%	-7,9%	-206