



**Kandidatarbeten  
i skogsvetenskap**  
Fakulteten för skogsvetenskap

**2016:19**

**Skördarförarens och den skogliga variationens  
betydelse för sortimentsutbyte, längdfördelning och  
framtida utbytesprognoser**

*The Importance of Harvester Drivers and Variation in Forests in Assortment  
Yield, Length Distribution and Future Yield Forecasts*



Foto: John Deere

**Sara Holappa Jonsson & Johanna Hägglund**

Sveriges Lantbruksuniversitet  
Institutionen för skogens ekologi och skötsel  
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,  
Handledare: Torgny Lind, SLU, Inst för skoglig resurshushållning  
Biträdande handledare: Johan Möller, Skogforsk  
Examinator: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel

Program: Jägmästarprogrammet

Kurs: EX0592 Nivå: G2E

Umeå 2016



# Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,  
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest <i>Ecology and Management</i>
Författare/Author	Sara Holappa Jonsson & Johanna Hägglund
Titel, Sv	Skördarförarens och den skogliga variationens betydelse för sortimentsutbyte, längdfördelning och framtida utbytesprognoser
Titel, Eng	<i>The Importance of Harvester Drivers and Variation in Forests in Assortment Yield, Length Distribution and Future Yield Forecasts</i>
Nyckelord/ Keywords	<i>Fördelningsaptering, manuella kap, fördelningsgrad, längdutfall, vrak, skördardata</i>  <i>Bucking-to-demand, manual cross cuts, distribution ratio, resulting lengths, rejects, harvester data</i>
Handledare/Supervisor	<i>Torgny Lind, Inst. skoglig resurshushållning</i> <i>Johan Möller, Skogforsk</i>
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2016

## FÖRORD

Denna studie är en mindre del av ett mer omfattande projekt som är initierat av Skogforsk tillsammans med SCA Skog, Södra Skogsägarna samt Sveaskog och syftar till att få bättre utbytesprognoser. Det finns begränsad tillgång till litteratur inom ämnet eftersom området är relativt nytt. Vi vill tacka alla som möjliggjort detta arbete:

Johan Möller, som hjälpt oss formulera kandidatarbetets frågeställning samt tagit fram relevanta program och material samt ställt upp med handledning under processen.

Torgny Lind, vår handledare som hjälpt oss skriva och kommit med bra insikter.

Robert Fries, som tillhandahållit data från SCA samt hjälpt oss komma i kontakt med entreprenörer.

De tre entreprenörer vi fått chansen att intervjua och hjälpt oss till en ökad förståelse samt ett bredare perspektiv i ämnet.

Henrik Sjölander och Erik Elmquist som delat med sig av sina erfarenheter och kunskap.

Umeå, april 2016

Sara Holppa Jonsson & Johanna Hägglund

## SAMMANFATTNING

Idag fördelningsapteras en stor del av sågtimret för att kunna möta sågverkens önskemål för de olika längd- och diameterklasserna. Trots detta verkar det vara problematiskt för sågverken att få ut de efterfrågade längdfördelningarna. En av orsakerna till detta torde vara att skördarförare i olika utsträckning gör manuella kap, dvs. frångår apteringsdatorns förslag.

Denna studie syftar till att kartlägga variationen av manuella kap för ett antal maskinlag inom en av SCAs skogsförvaltningar samt analysera effekt av skoglig variations och förareffektens betydelse för andelen manuella kap. Detta genom att sammanställa produktionsfiler och utföra analyser mellan ett antal olika variabler som kan tänkas ha betydelse, t.ex. fördelningsgrad, vrakandel och nedklassningsandel. Genom intervjuer med maskinförare erhålls bättre förståelse kring förarnas preferenser gällande manuella kap.

Analyserna som utförts visar att det finns en stark korrelation mellan andelen manuella kap och fördelningsgrad, dvs. måttet som talar om hur väl entreprenörerna träffar sågverkens önskemål. Studien visar att fördelningsgraden minskar med ökad andel manuella kap.

Utförda intervjuer indikerar att krök är den vanligaste anledningen till manuella kap. Utifrån det data som analyserats går det inte att fastställa att de maskinlag som kapar mindre manuellt skulle ha större vrakandel eller nedklassat virke vid inmätningen på Bollsta sågverk.

Nyckelord: Fördelningsaptering, manuella kap, fördelningsgrad, längdutfall, vrak, skördardata

## SUMMARY

In its current state, bucking-to-demand is mainly used on sawn timber to meet sawmills request when it comes to classes of length and diameter. Despite this, it seems to be problematic for sawmills to get the required length distributions.

One of the reasons for this might be that the harvester operator to certain extents makes manual cross cuts, i.e. deviates from the proposals of the harvester computer.

This study aims to identify the variation in the manual cross cuts for a number of machine teams in one of SCA's forest managements and to analyze the forest variation and significant effect of driving on the proportion of manual cross cuts. This by compiling output files and performing analyses from a number of variables that could have an impact, e.g. distribution ratio, share of rejects and substandard timber. To get a better understanding of the drivers preferences interviews are held.

The analyses indicate that there is a strong correlation between the proportion of manual cross cuts and the distribution ratio, i.e. measurement that tells you how well the contractors hits sawmills requests. The study shows that the distribution ratio decreases with increased proportion of manual cuts.

Based on the interviews, flections in timber seems to be the most common reason for manual cross cuts. This study does not show any correlation between decreased manual cross cuts and increased share of reject or substandard timber.

Keywords: Bucking-to-demand, manual cross cuts, distribution ratio, resulting lengths, rejects, harvester data

## INLEDNING

Skogforsk har, tillsammans med SCA Skog, Södra Skogsägarna och Sveaskog påbörjat ett omfattande projekt som syftar till att få bättre utbytesprognoser. Utbytesprognoser är en förutsägelse om vilka produkter som faller ut vid kommande avverkningar och är därför väsentlig information vid planering inom ett skogsföretag. Grunden till att få bra utbytesprognoser är att, i planeringssystemet, se till att ha en rättvisande beskrivning av de träd som skall avverkas (Möller et al. 2015).

Optimalt vore om alla träd, innan avverkning, var beskrivna med trädslag, höjd, diameter, form, ålder samt andra egenskaper som skador och även koordinater för växtplatsen. Denna information skulle kunna ge en rättvisande uppskattning av andelar och fördelning av stamfelsesved, dvs. ved i timmerdimensioner som inte kommer att apteras som timmer på grund av skador som krökar eller röta. Dessutom skulle ett planeringssystem byggt på denna information kunna göra utbytesberäkningar och ge en prognos över vilka stockar som kan apteras för varje enskilt träd. Dessa förväntade stockar tilldelas dimensioner, volymer, egenskaper samt sortiment. Idag saknas ofta delar av den information som krävs för att göra bra utbytesprognoser. Även de fall där det finns information stämmer den inte alltid överens med verkligheten (Möller et al. 2015).

Vid skapande av utbytesprognoser och apteringsinstruktioner görs normalt en simulering med hjälp av en stambank. Dessa stambanker är ofta uppbyggda med hjälp av så kallad erfarenhetsdata från inmätning av stockar vid industri samt från skördardata. Problemet med simuleringar är att resultatet från dessa kan skilja sig kraftigt från det verkliga utfallets resultat, trots att skogen som simulerats liknar den avverkade. Förutom avvikelser när det gäller sortimentsfördelningen kan detta även resultera i avvikande längdfördelning i relation till önskemålet, vilket innebär en lägre fördelningsgrad (Möller et al. 2015).

Idag fördelningsapteras merparten av all sågtimmer för att kunna möta sågverkens önskemål gällande längder. Vid fördelningsaptering tillåts apteringsdatorn göra avvikelser från värdeapteringen, där virket apteras för största möjliga värde per stock. Istället för att få högsta möjliga värde per stock, fördelningsapteras stockar för att matcha sågverkens fördelningsönskemål. Fördelningsönskemålet uttrycks i form av en matris där fördelning av önskade längd- och diameterklasser beskrivs relativt till antalet avverkade stockar. Dessa önskemål är marknadsstyrda och kan fluktuera. En *marknadsstyrd aptering* (fördelningsaptering) optimerar nyttjandet av den sågade vedråvaran. Dessutom varierar stamformer mellan olika trakter och genom fördelningsaptering kan man jämma ut skillnaderna mellan dessa trakter (Von Essen & Möller 1997).

Det har visat sig vara olika svårt att få ut de av sågverken efterfrågade längdfördelningarna och skälen till detta är inte entydiga. En viktig orsak är att skördarförare i olika utsträckning gör manuella kap, vilket innebär att föraren korregerar apteringsdatorns apteringsförslag. Detta kan bland annat bero på variationer i skogen som gör det olika svårt att aptera - så som medelstam, underväxt, kvistighet osv. Även stamdefekter och skillnader i bedömning av kvalitetsaspekter bland förarna påverkar aptering.

Möjligheterna att analysera redan avverkade skogar har utvecklats mycket under de senaste åren. Under 2014 implementerades produktionsrapportering i form av standardiserade hpr-filer enligt StanForD 2010 som är framtagna av Skogforsk tillsammans med samtliga större skogsmaskintillverkarna i världen (Arlinger et al. 2012). Produktionsrapporteringen ger bland

annat information om trakten, lokalisering, maskinernas och förarnas ID samt detaljerad information om varje stam - volym, längd, kaphöjd m.m. Vid analys av dessa data kan en spridning av manuella kap mellan olika avverkningslag, förare och avverkningstrakter observeras. Detta kan även resultera i en förbättring av lokala stambanker, som ger bättre apteringsstyrning och utbytesprognoser. Den nya produktionsrapporteringen möjliggör även mer objektiva analyser än tidsstudier där utförandet inte påverkas, vilket anses vara en av de största svårigheterna vid jämförelse av individers arbetsinsats (Purfürst & Lindroos 2011).

Trots att forskare länge gjort mängder av tidsstudier för att skapa bättre produktivitetsnormer är det först på senare tid skillnader i de individuella prestationerna hos skördarförarna börjat analyseras. Tidigare har dessa skillnader noteras som förklarande omständigheter snarare än betydande faktorer (Purfürst & Lindroos 2011). Den mänskliga faktorn beskrivs ibland som flaskhalsen för en ökande produktivitet inom skogsbruket (Gellerstedt 1997, 2002; Löfgren 2009; Westerberg & Shiriaev 2013), vilket troligtvis är en orsak till varför det blivit viktigt att studera individerna. Individuella egenskaper hos skördarförare som anses avgörande för ett bra resultat är koncentrationsförmåga, beslutsfattande, minne, motivation, koordination, förmågan att se mönster, planeringsförmåga, logiskt resonemang m.m. (Häggström & Lindroos 2016). Vidare är nya metoder som syftar till att på ett enklare sätt hantera individuella prestationsskillnader och mjuka värden vid skapandet av normer är under utveckling (Behesthi & Lollar 2007).

För att öka produktiviteten och lönsamheten inom företag görs insatser som rationalisering och humanisering. Med humanisering avses hänsynstagande till individens behov av bekräftelse på arbetsinsats, samt strävan att vilja utvecklas. Hit hör också behovet av sociala kontakter och kommunikation mellan t.ex. uppdragsgivare och utföraren av arbetet, som i detta fall kan utgöras av skogsbolag och entreprenad (Ager 2014).

## Syfte

Huvudsyftet med arbetet är att kartlägga variation i andelar manuella kap hos skördarförare samt analysera sambandet mellan manuella kap och längdutfall för talltimmer.

### Delmål

- Ta reda på *orsaker* till en eventuell variation vad gäller andel manuella kap, kopplat till skördarförarnas olika bedömningar och skogens egenskaper.
- Undersöka huruvida vrakandelar och andel nedklassat virke vid industriinmätning samvarierar med andel manuella kap och stamfelsved för talltimmer.

## Hypotes

- Manuella kap innebär att föraren frångår skördardatorns apteringsförslag. En ökad andel manuella kap bör rimligen innebära en lägre fördelningsgrad.

- Förutsatt att manuella kap görs rationellt med timrets kvalitetsaspekt i åtanke skulle en ökad andel manuella kap innebära en minskad vrakandel samt en mindre andel nedklassat virke.
- Vad gäller längdutfallet är det rimligt att en ökad andel manuella kap borde resultera i kortare timmerlängder, oavsett fördelningsönskemål.



# MATERIAL OCH METOD

## Indata

SCA tillhandahöll produktionsfiler med stamvisa data (Pri-filer) från åtta utvalda skördare med ca 10-15 trakter per skördare inom en av SCAs skogsförvaltningar. Dessa konverterades till hpr-filer av Skogforsk. Genom benämning av de olika förarna med indexnummer skyddades deras integritet. Excelfiler med inmätt virke från Bollsta sågverk där kvalitetsklasser, vrakandel samt vrak- och nedklassningsorsaker framgår, tillhandahölls av SCA.

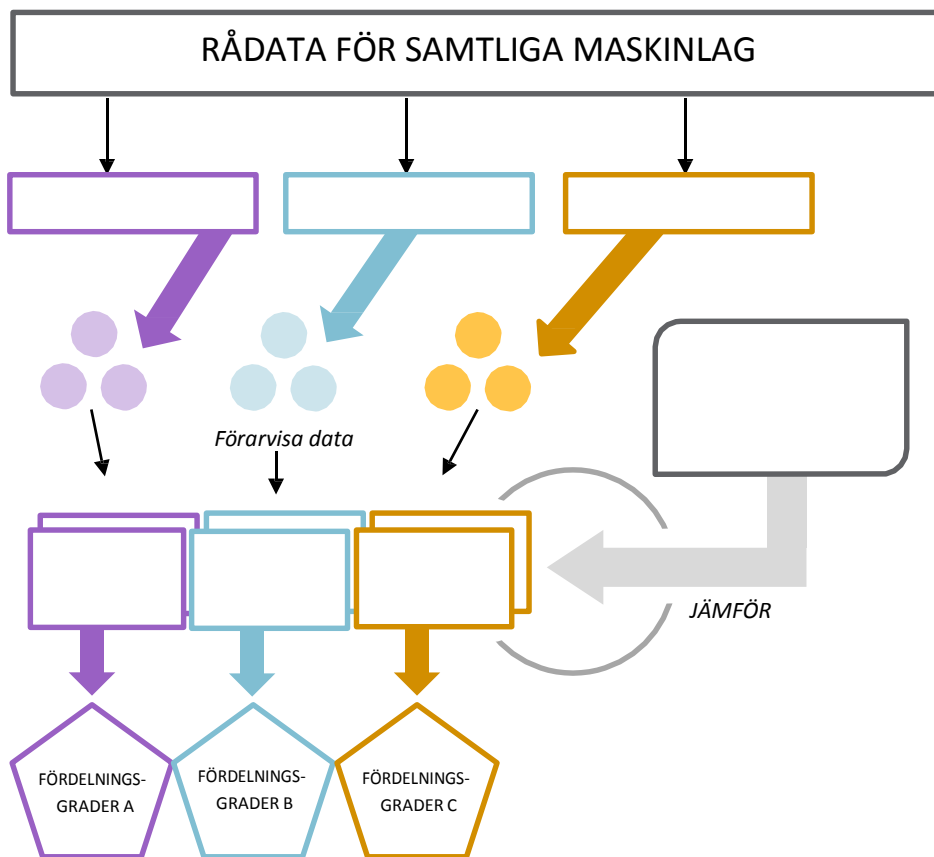
## Arbetsgång

Skogsforsks program Virkesvärde användes för att ta fram majoriteten av nedanstående parametrar (Tabell 1) från det stamvisa datat (produktionsfilerna). Dessa sammanställdes traktvis i en rådatafil i Microsoft Excel. Endast data där varje enskild förare kört minst 50 m<sup>3</sup>fub per trakt ingick, detta för att få representativa data. Rådatat låg sedan till grund för vidare analyser av variationer inom och mellan maskinlag och förare (Figur 1).

**Tabell 1.** Sammanställning av nyckeltal och deras ursprungskällor

*Table 1. Summary of key figures and its original source*

<b>Parameter</b>	<b>Enhet</b>	<b>Program</b>
ID-virkesorder	MaskinID	Virkesvärde
Medelstam	m <sup>3</sup> fub	Virkesvärde
Volym	m <sup>3</sup> fub	Virkesvärde
Manuella kap rotstock timmer	%	Virkesvärde
Manuella kap timmer totalt	%	Virkesvärde
Stamfelsved	%	Virkesvärde
Timmerandel	%	Virkesvärde
Medellängd timmer	cm	Virkesvärde
Stocknota	Antal	Virkesvärde
Fördelningsönskemål	Matris, relativ	Timan
Fördelningsgrad	%	Microsoft Excel
Vrakandel	%	Inmätt talltimmer, Bollsta
Nedklassat sågtimmer	%	Inmätt talltimmer, Bollsta



**Figur 1.** Beskrivning av arbetsgången från hantering av produktionsfiler till fördelningsgrader för vidare analyser.

**Figure 1.** Description of the workflow from handling the production files to the distribution ratio for further analyses.

Efter sammanställningen genomfördes olika analyser för att hitta eventuella samband mellan manuella kap och övriga parametrar (se Tabell 1). Analysen koncentrerades till tre maskinlag vars egenskaper gällande andel manuella kap varierade (se Tabell 2). Det verkade meningsfullt att jämföra förare med varierande andel manuella kap och detta kunde endast göras där förarna kört samma trakter under likartade förhållanden. Med detta i åtanke valdes ett maskinlag med stor variation inom laget ut. Maskinlag med generellt hög- respektive låg andel manuella kap för hela lagen valdes även ut för vidare analys.

**Tabell 2.** Metod till urval av maskinlag för vidare analyser baserat på manuella kap

**Table 2.** Method when selecting machine teams for further analyses, based on manual cross cuts

Maskinlag	Manuella kap
A	Stor variation inom maskinlaget
B	Låg andel
C	Hög andel

Maskinlagen valdes ut genom att jämföra variationer och medelvärden för samtliga maskinlag i rådatafilen. För de tre utvalda maskinlagen granskades de prislistor de använt för respektive avverkning, detta genom att öppna varje trakt i Klippsk - ett verktyg i programmet Timan. De aktuella prislistorna överfördes från apt-filer genom Aptan (Timan) till fördelningsmatriser (fördelningsönskemål) i Microsoft Excel. Detta steg gjordes endast för talltimmer eftersom tall sorterar i fler kvaliteter än gran och därmed är mest intressant. Dessutom är prisskillnaderna större mellan kvalitetsklasserna för tall.

En stocknota beskriver utfallet av antal stockar inom varje längd- och diameterklass. Stocknotor i form av matriser för rot- respektive övrig stock hämtades från Virkesvärde och sammanställdes förar- och traktvis (vilket gjordes separat) i ett Excel-dokument. I ett ytterligare Excel-dokument som är förprogrammerat av Skogforsk, ställdes varje stocknota mot fördelningsönskemålet (Figur 2). Detta kalkylark gav ett resultat i form av avvikelsematriser samt den aktuella stocknotans fördelningsgrad. Fördelningsgraden räknades fram som bitvägd diametervis och sammanställdes sedan per förare och trakt.

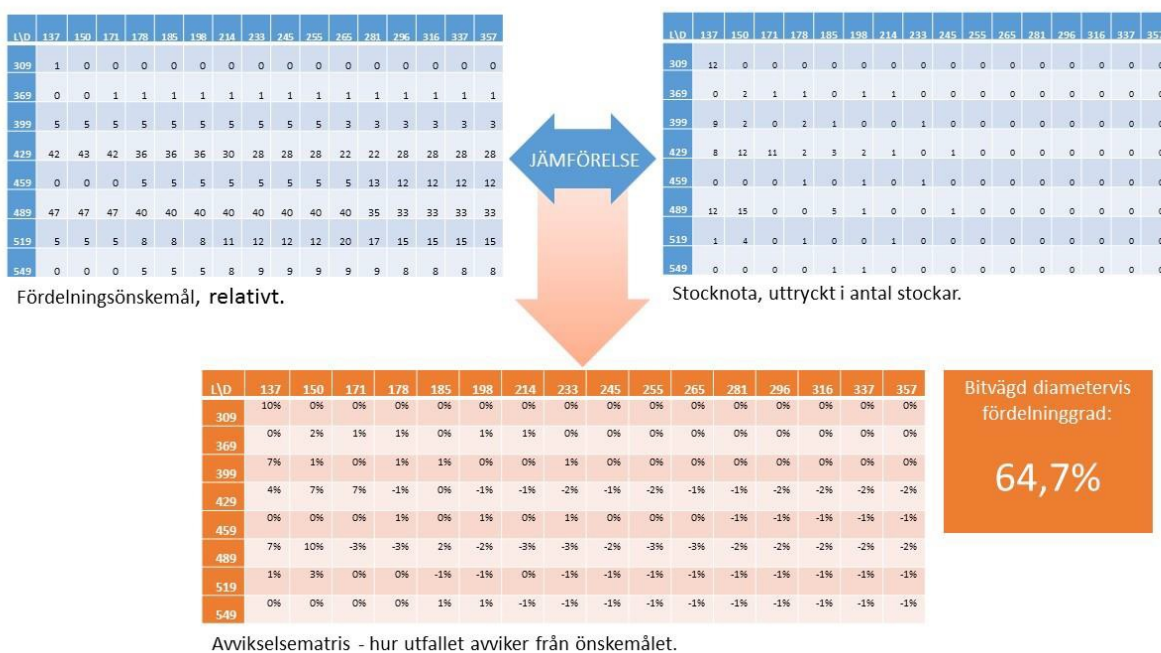


Figure 2. Comparison between requests & outcomes and the development of the distribution ratio.

Fördelningsapiteringsgraden redovisades diameterklassvis, total och bitvägd. Bitvägd fördelningsgrad är total fördelningsgrad viktat på antal bitar i stocknotan. Formeln för totalfördelningsgrad:

$$F = 1 - \left( \frac{\sum |\overline{M} - \overline{N}|}{2} \right) \quad \text{där } \overline{M} \text{ och } \overline{N} \text{ är matriser}$$

$\overline{M}$  matrisen för fördelningsönskemålet

$\overline{N}$  matrisen för stocknotan.

För maskinlaget med stor variation av manuella kap bland förarna analyserades även skillnaderna i längdutfall för varje längdklass, detta med hjälp avvikelsematrisen. Avvikelsen beräknades från önskemålet, sammanvägt för alla diameterklasser.

För de tre utvalda maskinlagen sammanställdes och kontrollerades virkeskvaliteter och vrakprocenten för varje virkesorder (trakt) vid inmätningen på Bollsta sågverk. Detta för att hitta eventuella samband mellan manuella kap och vrakprocent samt nedklassat virke och på så vis styrka vår hypotes. Inmätta volymer som är lika med eller mer än 100 m<sup>3</sup>fub ingick i urvalet, detta för att få ett representativt urval.

Stamfelsesved är det sortiment som, trots att det är timmerdimensioner inte kan bli timmer på grund av kvalitetsfel så som röta, krök, dubbeltopp m.m. (Möller et al. 2007). För att studera den skogliga variationens betydelse analyserades eventuell koppling mellan stamfelsesved och manuella kap.

## Statistiska analyser

*Sambanden mellan nedanstående variabler testas med hjälp av regressionsanalys:*

- Timmerandel/medelstam: all tillgänglig data för alla åtta maskinlag sammanställdes.
- Manuella kap/medelstam: all tillgänglig data för alla åtta maskinlag sammanställdes.
- Manuella kap/stamfelsesved: data för de tre utvalda maskinlagen sammanställdes (endast talltimmer).
- Fördelningsgrad/manuella kap: fördelningsgrad för rot- respektive topmellanstock ställdes mot andelen manuella kap per *förare* för de tre utvalda maskinlagen (talltimmer).
- Fördelningsgrad/manuella kap: fördelningsgrad för rotstock ställdes mot andelen manuella kap per *trakt* för de tre utvalda maskinlagen (talltimmer).
- Medellängder/manuell kap: Medellängder och andel manuella kap från produktionsfilerna ställdes mot varandra.

- Vrak/manuella kap: vrakandelar ställdes mot andelen manuella kap för de trakter vars virke mätts in på Bollsta sågverk (virke som levererats till terminal togs bort).
- Nedklassat virke/manuella kap: andelen nedklassat virke ställdes mot andelen manuella kap för för de trakter vars virke mätts in på Bollsat sågverk.
- Stamfelsved/Manuella kap: all tillgänglig data för alla åtta maskinlag sammanställdes.

Vid dessa analyser beräknades ett  $R^2$ -värde, vilket är förklaringsgraden. Ett  $R^2$ -värde nära 1 indikerar att det finns en hög förklaringsgrad och ett samband mellan den förklarande variabeln X och responsvariabeln Y. Ett lågt  $R^2$ -värde indikerar att det finns andra, eventuellt slumpmässiga variabler vars inverkan är stor. En låg förklaringsgrad påvisar ett icke-linjärt samband mellan de olika variablerna som studeras (Chatterjee & Hadi, 2006).

## Intervjuer

Kortare intervjuer à ca 30 minuter med maskinförare och representanter från SCA Skog samt Bollsta sågverk genomfördes där deras preferenser och attityder utvärderades för att få förståelse för resultatet av de statistiska analyserna. Detta blev dock inte någon kvalitativ studie utan syftet med dessa intervjuer var att få en meningsfull diskussion.

Följande personer kontaktades för att ge en ökad förståelse av hela kedjan från skog till slutprodukt samt bättre underlag till diskussion:

- Henrik Sjölander - Kundansvarig, SCA skog
- Erik Elmquist - Marknadschef, Bollsta sågverk
- Två förare från maskinlag A
- En förare från maskinlag B

### Frågor till Bollsta sågverk

1. Hur mäter ni måluppfyllelse?
2. Hur viktigt är det för er att få de längd- och diameterklasser ni önskar?
3. Hur väl upplever ni att entreprenörerna lyckas möta era önskemål?

### Frågor till SCA Skog

1. Vilka riktlinjer försöker ni förmedla till maskinlagen?

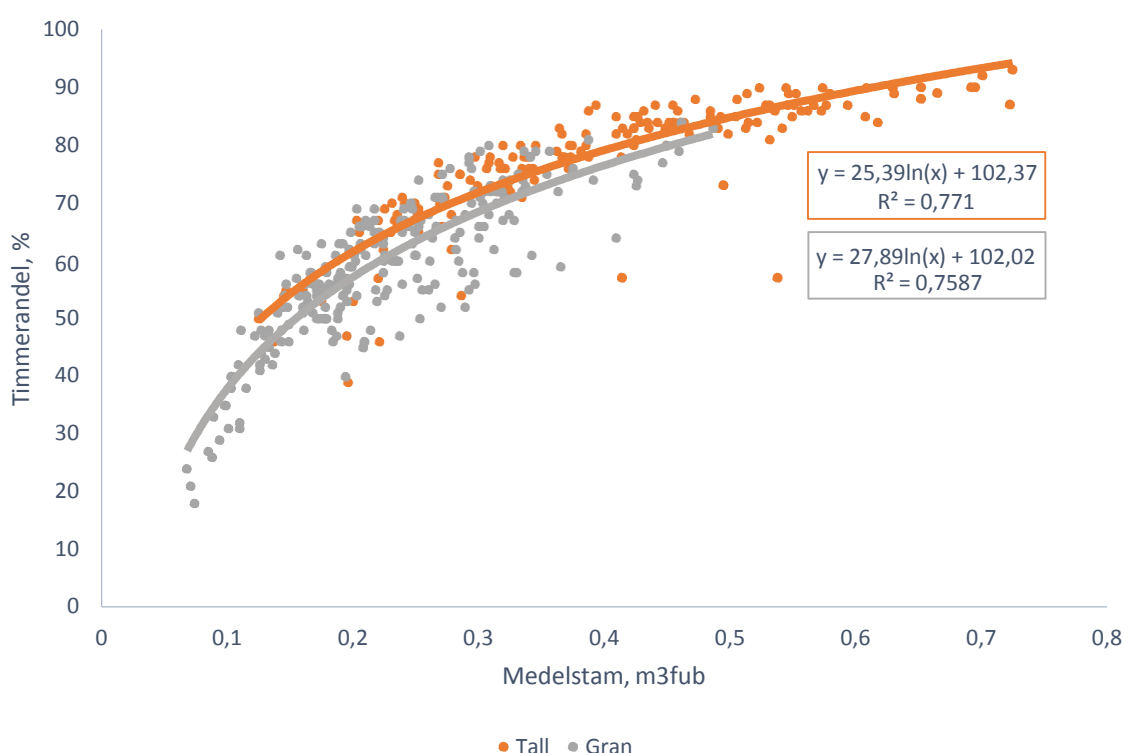
### Frågor att utgå ifrån vid intervju med maskinförarna är följande

1. Vad är den vanligaste orsaken till ett manuellt kap?
2. Upplever du någon skillnad mellan gran och tall?
3. Vilka instruktioner för aptering av gran respektive tall har ni fått?
4. Har du deltagit vid någon utbildning och vad var i sådana fall huvudfokus vid det tillfället?
5. Har du någon uppfattning om hur stor andel manuella kap du gör?

# RESULTAT

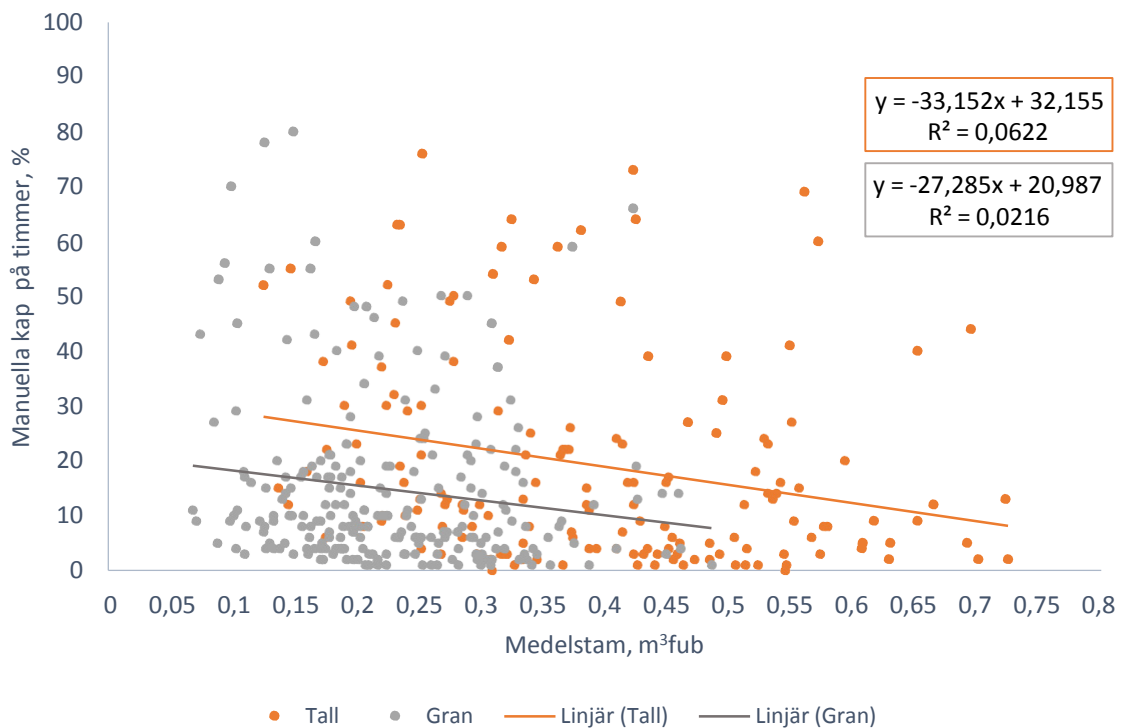
## Den skogliga variationen

Timmerandel och medelstam för gran och tall för samtlig data (Figur 3). Varje punkt utgörs av data per förare, trädslag och trakt (Figur 3 & 4). Genom kartläggning av dataunderlaget med avseende på medelstam och timmerandel påvisades att en ökad medelstam gav en ökad timmerandel (Figur 3). Data med orimliga värden, så kallade uteliggare, togs bort för att få ett representativt urval. Detta för punkter med medelstam mindre än 0,3 m<sup>3</sup>fub och timmerandel större än 80 procent samt punkter med medelstam större än 0,3 m<sup>3</sup>fub och timmerandel mindre än 50 procent.

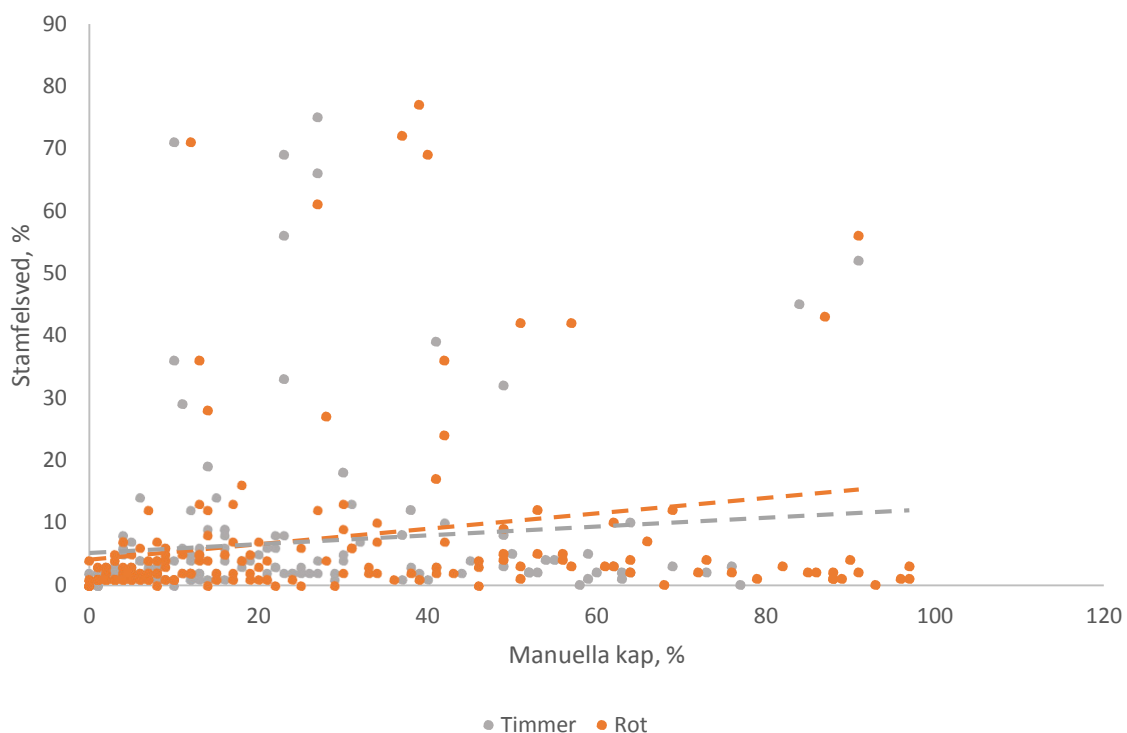


**Figur 3.** Beskriver timmerandelens variation med avseende på medelstam för tall och gran.  
*Figure 3. Describes the variation of timber share in relation to average stem for pine and spruce.*

Spridningen i datat för manuella kap var stor, det fanns alltså ingen signifikant korrelation mellan manuella kap och avverkad medelstam (Figur 4). Det stöds av det låga R<sup>2</sup>-värdet à 6 procent för tall och 2 procent för gran. Datasetet innehöll generellt grövre avverkade stammar av tall än gran (Figur 3 & 4). Det fanns ingen korrelation mellan andelen manuella kap och stamfölsved (Figur 5).



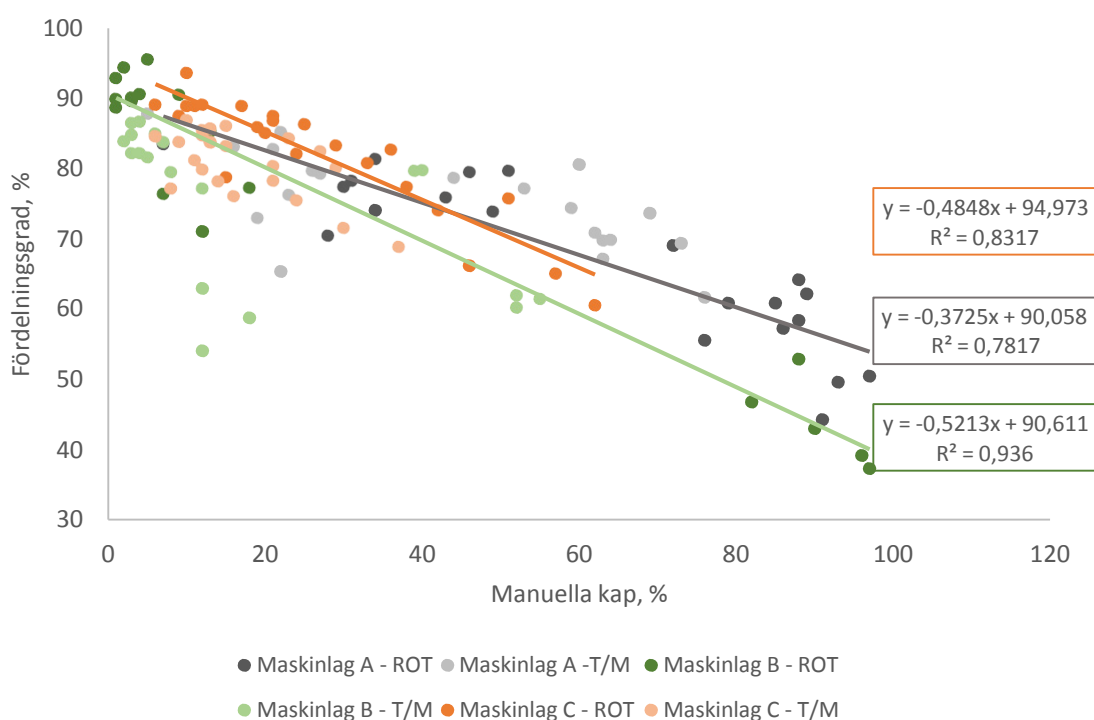
**Figur 4.** Andelen manuella kap för timmerstockar med avseende på avverkad medelstam för tall och gran.  
*Figure 4. The proportion of manual cross cuts on sawn timber in relation to average stem for pine and spruce.*



**Figur 5.** Spridningsdiagram stamfelsved och andel manuella kap för maskinlag A, B & C.  
*Figure 5. Distribution chart over damaged stem wood in relation to manual cross cuts for machine team A, B & C.*

## Fördelningsgrad

Fördelningsgraden för de tre utvalda maskinlagen minskade med ökad andel manuella kap (Figur 6). Varje punkt i figurerna motsvarar en förare och trakt för talltimmer, där de ljusare punkterna representerar toppmellanstockar (T/M) och de mörkare punkterna rotstock (ROT). Maskinlag B hade generellt sett en hög fördelningsgrad och låg andel manuella kap, med undantag för några punkter. Dessa punkter, vars andel manuella kap låg mellan 80 och 100 procent, representerades av en enskild förare inom maskinlag B. R<sup>2</sup>-värdet för maskinlag B var högre än hos de andra maskinlagen men för alla maskinlag gällde att det fanns ett linjärt samband mellan andel manuella kap och fördelningsgrad.

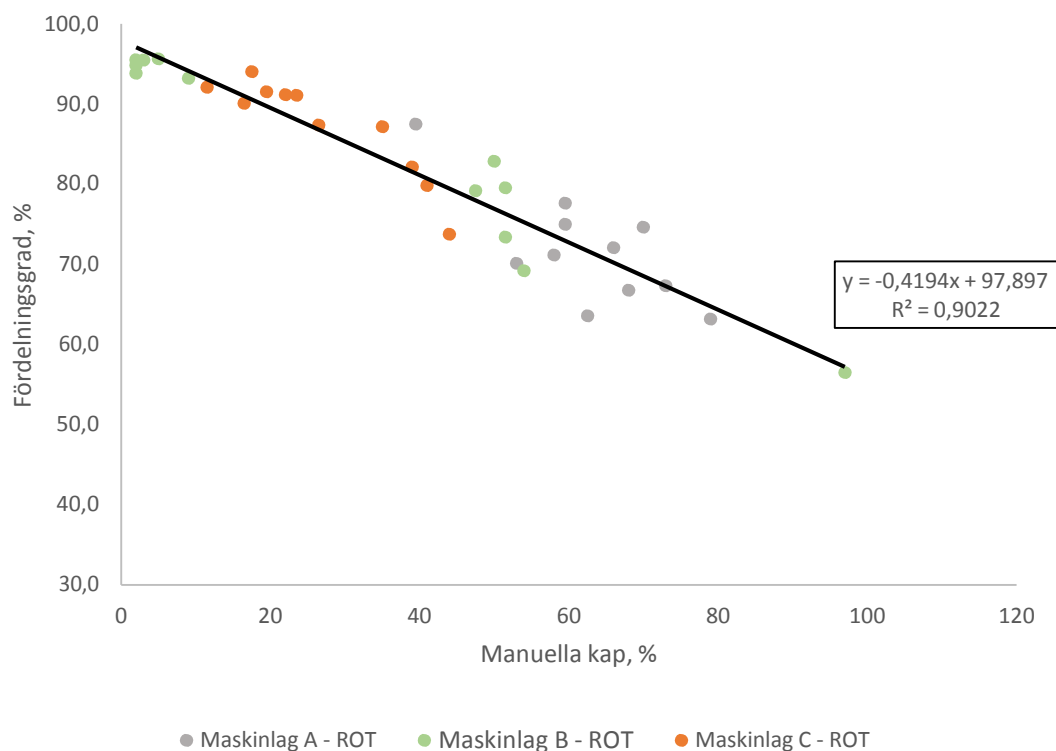


**Figur 6.** Sambandet mellan fördelningsgrad och andel manuella kap. Varje punkt representerar en förares rot- eller toppmellanstock (mörk eller ljus punkt) för en trakt.

**Figure 6.** The correlation between distribution ratio and proportion of manual cross cuts. Every dot corresponds to one drivers rot or top/intermediate log (dark or light) in one felling area.

Traktvis fördelningsgrad för rotstock hos de tre maskinlagen visade ett starkt samband mellan fördelningsgrad och andelen manuella kap (Figur 7). Den totala fördelningsgraden för en trakt kan vara högre än de förarvisa fördelningsgraderna, ett exempel på detta var en av trakterna för maskinlag A vars förarvisa fördelningsgrad skilde sig från den totala (Tabell 3).





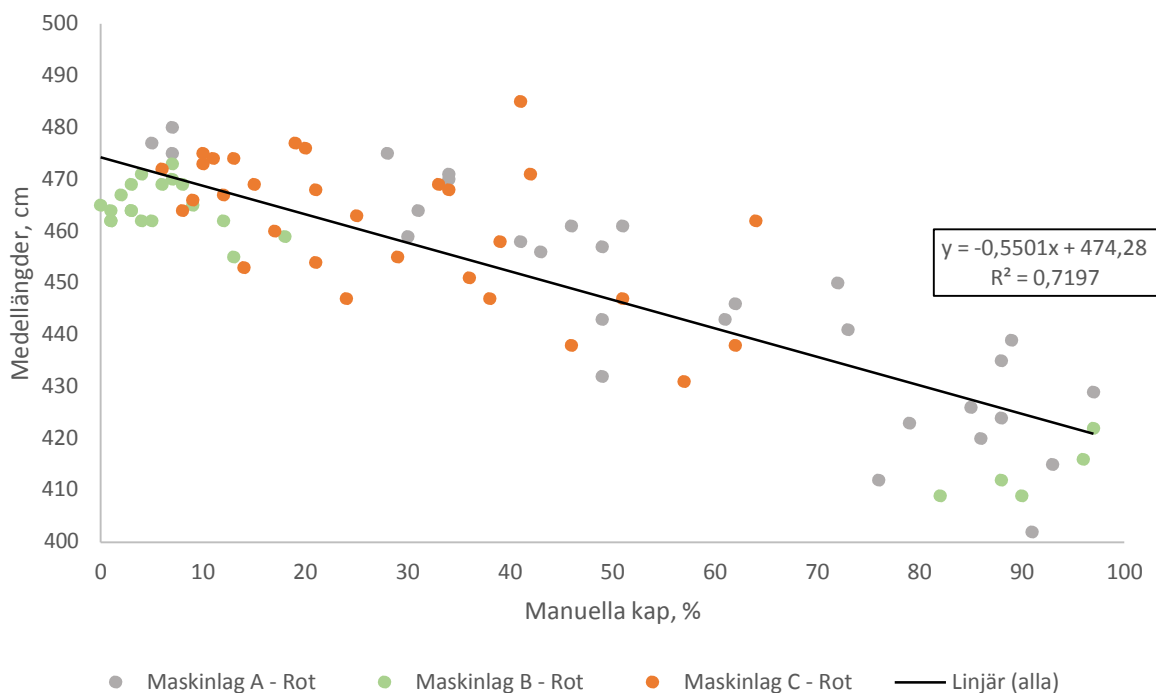
**Figur 7.** Total fördelningsgrad för hela maskinlag per trakt mot andel manuella kap för rotstock.  
*Figure 7. Total distribution ratio for the machine teams per felling area in correlation to the proportion of manual cross cuts for root logs.*

**Tabell 3.** Den totala fördelningsgraden för en trakt samt de förarvisa fördelningsgraderna för samma trakt  
*Table 3. The total distribution ratio for the cut area and the distribution ratio per driver for the same cut area*

Förare	Fördelningsgrad, %	
	Per förare	Per trakt
1	83,6	87,50
2	69,1	

## Längdutfall

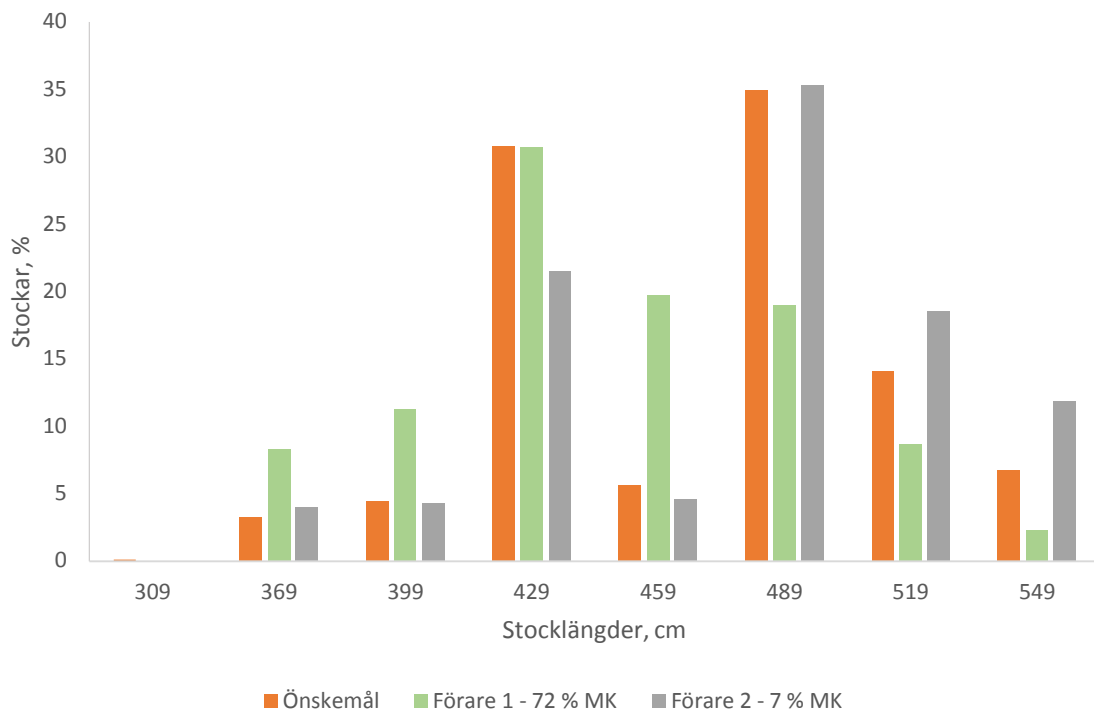
Utfallet av medellängder för respektive förare inom de tre utvalda maskinlagen visade att ökad andel manuella kap gav kortare stocklängder för rotstock (Figur 8). Det fanns en viss skillnad mellan maskinlagen gällande både andel manuella kap och längdutfall. För maskinlag B kunde ett likartat mönster som vid jämförelsen av fördelningsgrad identifieras (Figur 6 & 8). Generellt sett låg punkterna för hela maskinlag B samlade vid en låg andel manuella kap med undantag för några punkter där andelen manuella kap var väldigt hög och resulterade i korta medellängder och en låg fördelningsgrad.



**Figur 8.** Medellängder i relation till andelen manuella kap för maskinlag A, B & C.

*Figure 8. Average lengths in relation to the proportion of manual cross cuts for machine team A, B & C.*

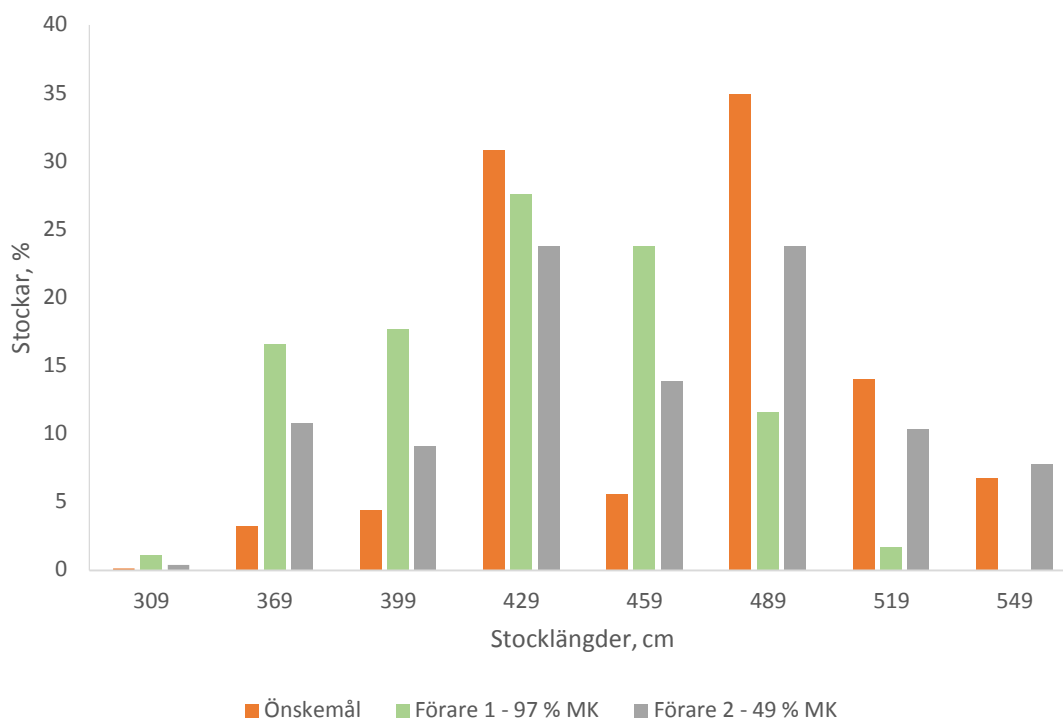
För maskinlag A med relativt stor inbördes variation analyserades längdutfallet på rotstock mellan två förare. Förare 1 med 72 procent manuella kap (MK) hade generellt sett svårare att uppfylla önskemålet för samtliga längdklasser än vad förare 2 med 7 procent manuella kap hade (Figur 9). Det gick även att utläsa att föraren med 72 procent manuella kap kapade ett överskott av de kortare längdklasserna och ett underskott av de längre längdklasserna. För denna trakt hade förare 1 fördelningsgraden 69,1 procent för rotstock på tall medan förare 2 hade 83,6 procent. Trots att skillnaden var stor förarna emellan vad gäller fördelningsgrad blev den totala fördelningsgraden för trakten högre än för respektive förare (Tabell 3).



**Figur 9.** Längdutfall för rotstock från Bollsta sågverk.

*Figure 9. The resulting lengths on root logs delivered to Bollsta sawmill.*

Samma två förare jämfördes igen, där båda hade något högre andel manuella kap än i den tidigare jämförelsen (Figur 10). Med ökad andel manuella kap ökade även avvikelserna från önskemålet för förare 1. Denne hade här endast 50,5 procent fördelningsgrad på rotstock. Hos förare 2 ökade skillnaderna för de medellånga stocklängderna samt de kortare längderna detta resulterade i en fördelningsgrad på 74,0 procent.



**Figur 10.** Längdutfall för rotstock från Bollsta sågverk.

Figure 10. The resulting lengths on root logs delivered to Bollsta sawmill.

## Vrak och nedklassat sågtimmer

**Tabell 4.** Översikt för de tre utvalda maskinlagen – skördardator, andel manuella kap på timmer, vrakandel och andel nedklassat virke

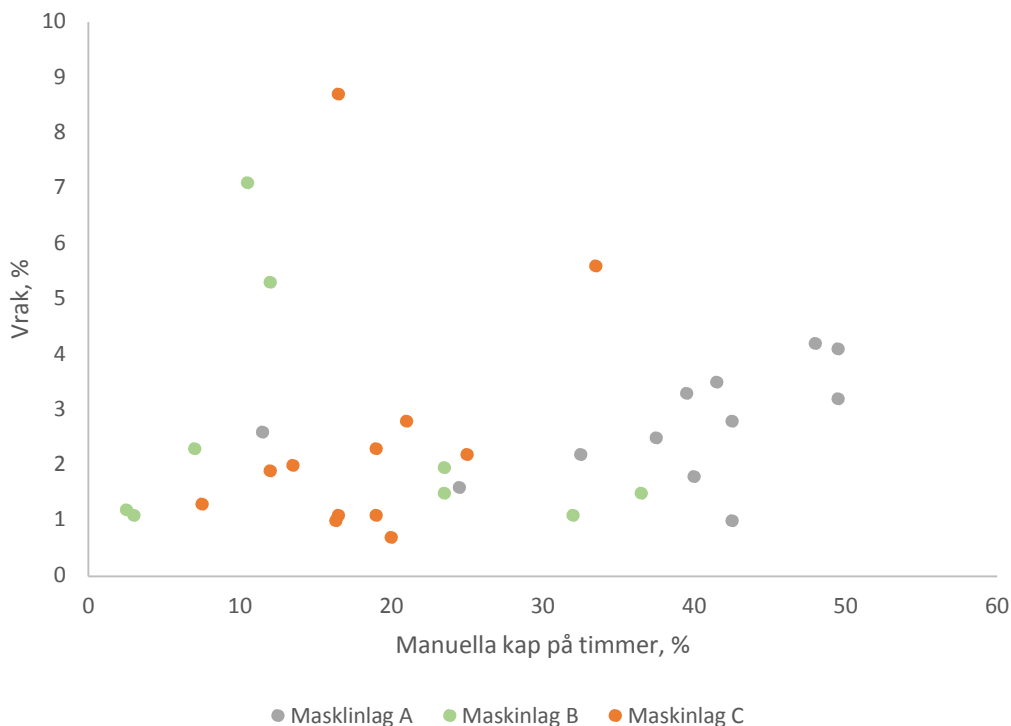
Table 4. Over view of the three chosen machine teams – harvester computer, share of manual cross cuts on timber, share of rejects and substandard timber

Maskinlag	Skördardator	Medelvärden, %		
		Manuella kap	Vrakandel	Nedklassat
A	MaxiXplorer3.2.0.23340	38,3	2,7	1,0
B	TimbermaticH1.21.14 <sup>a</sup>	16,7	2,6	0,9
C	MaxiXplorer.3.2.1.23633	18,3	2,6	0,8

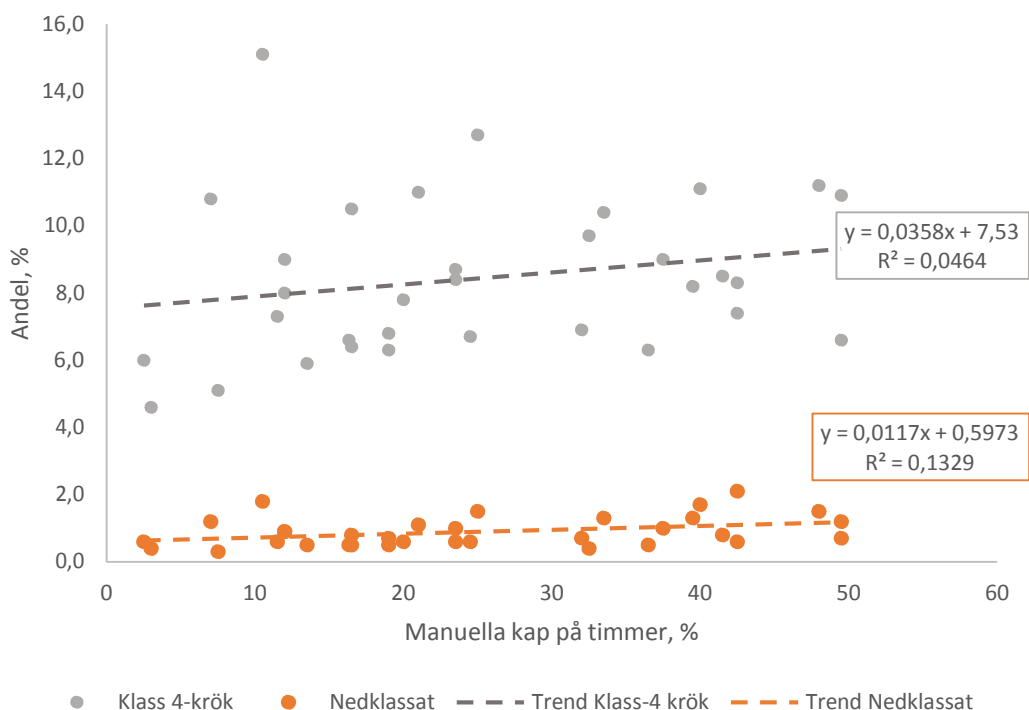
<sup>a</sup> Notera: maskinlag B har uppdaterat Skördardatorn från TimbermaticH1.20.16 till -1.21.14.

<sup>a</sup> Note: machine team B have updated their harvester software from TimbermaticH1.20.16 to -1.21.14.

Medelvärdet för andelen inmätt vrak låg mellan 2 och 3 procent för de tre maskinlagen, trots spridningen i andelen manuella kap (Tabell 4). Maskinlagen använde olika skördardatorer men samma inrapportering via StanForD 2010. Det gick inte att se något samband som skulle styrka hypotesen att en ökad andel manuella kap skulle ge en minskad vrakandel (Figur 11). Desamma gällde för nedklassat virke samt klass 4-krök (Figur 12).



**Figur 11.** Spridningsdiagram över vrakandelar och andel manuella kap för maskinlag A, B & C.  
*Figure 11. Distribution chart over share of rejects and proportion of manual cross cuts for machine team A, B & C.*



**Figur 12.** Spridningsdiagram över andelar av klass 4-krök och nedklassat virke mot andel manuella kap.  
*Figure 12. Distribution chart over shares of grade 4-flection and substandard timber corresponding to share of manual cross cuts.*

## **Intervju med Bollsta sågverk och SCA Skog**

Bollsta sågverk mäter idag måluppfyllelse genom träffprocent. Träffprocent innebär att alla längd- och diameterklasser summeras och divideras med antalet stockar. De följer alltså inte upp längd- och diameterklassutfallet genom fördelningsgrad. Längderna torde vara viktiga eftersom en bra längdfördelning till slutkund genererar extra pristillägg. Vid intervjun poängterades dessutom att merparten av allt virke är sålt innan det lämnar skogen, vilket gör det extra viktigt för Bollsta att leverera de volymer de utlovat av rätt diameter- och längdklass.

Bollsta har långtgående, stabila kundrelationer där kunderna ofta har förståelse för svårigheterna kring leveranssäkerhet. Däremot är Bollsta medvetna om risken att kunden väljer en annan leverantör om de misslyckas leverera enligt överenskommelse.

Generellt sett är alla längder viktiga men några är mer prefererade än andra. De längre längderna betalar sig ofta bättre eftersom slutprodukterna ofta är mer värdefulla, dock är det viktigaste är att fylla kvoterna inom alla längdklasser.

Enligt både SCA Skog och Bollsta finns givna situationer där det är helt motiverat att kapa manuellt. Det kan handla om klykor, krök, betesskador samt andra kvalitetsfel. Vid sådana situationer menade både SCA och Bollsta att de uppmanar till att kapa manuellt, eftersom den typen av kvalitetsdefekter inte fungerar till slutprodukten.

Vid intervjun framgick att att gran har färre kvalitetsparametrar än tall, men att röta är vanligt. Från SCA Skogs sida poängterades vikten av fingertoppskänsla när det gäller dialogen som förs mellan dem och entreprenören – trots att SCA har nolltolerans mot röta kommer det alltid att komma med en viss procent.

## **Intervju med maskinförare**

Samtliga av de tillfrågade maskinförarna var överens om att den vanligaste anledningen till ett manuellt kap är krök, detta främst för tall. Vid intervjuerna framgick en viss osäkerhet hos förarna angående hur mycket krök som tillåts. När det gäller gran bedömdes röta vara den vanligaste orsaken till manuella kap.

De båda tillfrågade från maskinlag A var överens om att de båda i större utsträckning kapar mer manuellt på tall än gran och särskilt för rotstock. Maskinföraren i maskinlag B upplevde däremot inte någon större skillnad mellan trädslagen utan försöker generellt att kapa så lite manuellt som möjligt.

Vad gäller skillnader när det kommer till apteringsinstruktioner för olika träslag var de intervjuade i maskinlag A av uppfattningen att rotstock på tall är viktigast. Generellt för maskinlag A var oron över att en rotstock på tall skulle klassas ned till massaved överhängande stor, detta efter utbildningsdagar tillsammans med Virkesmätningsföreningen (VMF). Föraren i maskinlag B var av uppfattningen att representanten från VMF vid ett utbildningstillfälle

påpekat att de har för stor andel krök bland de kapade stockarna, detta för både tall och gran. Detta var dock inget denne bekymrade sig över.

Riktlinjerna verkade inte vara lika tydliga för gran. Två av förarna uppfattade längdutfallet som viktigast och försöker därmed att undvika manuella kap på gran. En av de tillfrågade i maskinlag A berättade att denne har större fokus på att kapa bort röta och gör därmed relativt mycket manuella kap på gran.

De tillfrågade förarna i maskinlag A berättade att de är medvetna om att de kapar mer manuellt på tall än vad de gör på gran. De är också medvetna om att de kapar mest manuellt på rotstock för tall. Hur de ligger till gentemot varandra verkade de inte ha någon uppfattning om. Den av de två maskinförare i maskinlag A som kapar mindre manuellt hade uppfattningen om att det omvända förhållandet råder och sa att han brukade tala om för den andra maskinföraren att denne borde kapa mer manuellt på rotstock för att undvika krök.

De tillfrågade förarna var medvetna om hur det egna maskinlaget möter träffprocenten men ingen av dem visste vad det beror på. Samtliga förare visade stort intresse för resultaten kring manuella kap och nedklassning.

# DISKUSSION

## Den skogliga variationen

De punkter som togs bort i analysen av korrelation mellan medelstam och timmerandel kom genomgående från samma trakt och entreprenör, vilket skulle kunna bero på fel inställningar i skördardatorn. All data är inmatad manuellt från programmet Virkesvärde och denna faktor skulle också kunna utgöra en felkälla till avvikande värden. Det logaritmiska sambandet mellan medelstam och timmerandel innebär att timmerandelens ökning är avtagande (Figur 3).

En eventuell korrelation mellan andelen manuella kap och medelstam går inte att styrka med det studerade datat (Figur 4). Hade vi exempelvis haft en minskande andel manuella kap vid en ökande medelstam hade det indikerat att medelstammen är en betydande faktor. Möjligen finns ett slags gränsvärde för medelstammens inverkan. Vid klena skogar torde medelstam vara en betydande faktor för manuella kap eftersom skogen då inte har de förutsättningar som krävs för att kunna uppfylla längd- och diameterönskemålet. Avsaknaden på samband mellan andel manuella kap och medelstam tyder på att andra förklaringsvariabler som krokighet eller föraregenskaper har större betydelse (Figur 4).

Det är svårt att kartlägga den skogliga variationens betydelse för andelen manuella kap och fördelningsgrad. Enligt våra resultat finns ingen koppling mellan andelen manuella kap och stamfelsved (Figur 5). Hade en ökad andel manuella kap kunnat visa på en minskad andel stamfelsved hade detta kunnat vara en förklaring till varför vissa förare och traker har en större andel manuella kap. Stamfelsved torde vara en viktig variabel att studera för att rättfärdiga manuella kap. Avsaknaden på samband indikerar att det är motiverat att försöka kapa mindre manuellt.

## Fördelningsgrad

Korrelationen mellan fördelningsgrad och andel manuella kap är tydlig, vilket verkar naturligt eftersom manuella kap innebär att föraren frångår skördardatorns apteringsförslag och därmed önskemålet. Det är svårt att utläsa något mönster som påvisar att rotstockar kapas manuellt i större utsträckning än toppmellanstockar, eller vice versa. Däremot går det att utläsa skillnader mellan förarna som tyder på olika apteringsrutiner (Figur 6).

Inom maskinlag B finns anmärkningsvärda skillnader bland förarna. De punkter, för både rot- och toppmellanstock, som återfinnes vid en andel manuella kap över 20 procent har en markant lägre fördelningsgrad. Dessa punkter representeras av en enskild förare och styrker hypotesen om att förarnas olika rutiner kring aptering påverkar apteringsutfallet och fördelningsgraden. Anledningen till de olika apteringsrutinerna skulle kunna kopplas till bakgrund, effekt av utbildning, egna preferenser, uppfattning m.m. De tre punkter med låg andel manuella kap och låg fördelningsgrad inom maskinlag B skulle kunna förklaras av att de trakterna hade väldigt låg medelstam, mellan 0,1 och 0,2 m<sup>3</sup>fub. Låga medelstammar ger troligen en överrepresentation av korta stockar även utan manuellt kap och därmed en lägre



fördelningsgrad, vilket styrker resonemanget kring medelstammens inverkan på manuella kap. Det går inte att koppla det till att det skulle vara någon skillnad mellan förarna, eftersom punkterna representeras av flera olika förare.

Problematiken kring att jämföra förarvisa fördelningsgrader är att fördelningsgraden för förare 1 direkt påverkar fördelningsgraden för förare 2, eftersom skördardatorn korregerar önskemålet utifrån vilka längder som har producerats på trakten. Detta innebär att önskemålet förändras mellan förarna. Förare 1 får det ursprungliga önskemålet som sedan ställs mot hela trakten och effekten av detta blir att förare 2 får kompensera för de längder förare 1 inte lyckats kapa. I praktiken innebär detta en lägre fördelningsgrad för den förare som kört mot det korrigerade önskemålet. Det är viktigt att ha detta i åtanke vid jämförelse av förarvisa fördelningsgrader.

Maskinlag A har störst spridning inom laget gällande andelen manuella kap. Trots att en av förarna inom maskinlag A har en hög andel manuella kap ligger denne högre i fördelningsgrad jämfört med motsvarande hos maskinlag B. Hit bör tilläggas att dessa två maskinlag har kört mot samma prislista och därmed samma fördelningsönskemål. Ett troligt skäl till detta är att föraren i maskinlag B kört nästan hela trakten på egen hand och därmed inte haft någon kollega som kunnat kompensera för den stora andelen manuella kap.

Den totala fördelningsgraden för en trakt kan bli högre än de förarvisa fördelningsgraderna för samma trakt (Tabell 3). För att få ett rättvisande värde på fördelningsgraden per trakt krävs att önskemålet jämförs med stocknotan för hela trakten. Generellt sett kan en förare ha en högre fördelningsgrad än vad den förarvisa fördelningsgraden indikerar.

Med huvudfrågeställningen som fokuserar på förarens roll borde det vara meningsfullt att jämföra förarvisa fördelningsgrader, med kunskapen om hur de direkt påverkar varandra i åtanke och jämföra de förarvisa- med den totala fördelningsgraden (Figur 7).

## Längdutfall

Det går att påvisa ett direkt samband mellan manuella kap och medellängder för rotstock (Figur 8). Inom maskinlag B ligger förarna generellt på långa medellängder (4,65 meter), vilket kan kopplas till en låg andel manuella kap. De har dock en förare som ligger kring 90 procent manuella kap på rotstock och vars medellängder är kring 4,1 meter. Samma mönster återfinnes vid jämförelse av fördelningsgrader kopplat till manuella kap (Figur 6).

Maskinlag A har relativt stora skillnader i andel manuella kap förarna emellan och det har gjorts jämförelser på två trakter där med samma två förare och olika andelar manuella kap (Figur 9 & 10). Förare 1, med hög andel manuella kap, tenderar att konstant överlevera korta stocklängder och underlevera de längre längderna. Den låga fördelningsgraden går i detta fall enkelt att visualisera och det verkar naturligt att den höga andelen manuella kap ger ett sådant utfall (Figur 9). Förare 2 möter överlag önskemålet väl men levererar för lite av längden 429 cm samt överleverar 519 och 549 cm och resultatet skiljer sig väldigt mycket från Förare 1. Detta styrker hypotesen om att förarens olika rutiner för manuella kap har stor betydelse för

längdutfall och fördelningsgrad. En visuell analys bekräftar att förare 2 kompenserar för de längder förare 1 underlevererar och därmed borde den totala fördelningsgraden öka (Figur 10).

Vid den andra jämförelsen blir det extra tydligt att andelen manuella kap har en direkt påverkan på längdutfallet (Figur 10). Förare 1 har fördelningsgraden 50,5 procent och möter inte alls önskemålet. De tendenser som fanns i första jämförelsen blir kraftigare och vad gäller de längre längderna tycks förare 1 inte lyckas leverera alls. Anmärkningsvärt är även att förare 1 överlevererar längden 459 cm för att sedan kraftigt underleverera nästa längdklass, 489 cm.

Förare 2 har en fördelningsgrad på 74 procent men även denne har svårt att möta önskemålet. De kortare längderna överleveras medan förare 2 verkar ha lättare att ligga nära önskemålet för de längre längderna. Samma mönster som hos förare 1 kring längderna 459 och 489 cm går att se för förare 2 – även denne levererar för mycket av 459 och för lite av 489 cm.

## **Vrak och nedklassat sågtimmer**

Enligt våra resultat förkastas hypotesen om att en ökad andel manuella kap skulle ge en lägre vrakandel (Figur 11). Dataunderlaget för denna analys är något mindre än för de övriga eftersom all volym från de avvekade trakterna levereras till Bollsta. Därmed är den inmätta volymen inte lika stor som det stamvisa datat från skördarrapporteringen, vilket kan ha en viss effekt på resultatet. Analysen visar dock på tendenser. De tre maskinlagens vrakandelar är väldigt jämna, samtliga mellan 2 och 3 procent. Detta tyder på att manuella kap inte påverkar andelen vrak nämnvärt.

Vad gäller nedklassat sågtimmer är det tydligt att den vanligaste anledningen till nedklassning är krök (Figur 12). Däremot finns inget samband som säger att en större andel manuella kap skulle ge en minskad nedklassning på grund av krök eller annan defekt (Figur 12).

## **Intervjuer med SCA och Bollsta sågverk**

Att Bollsta idag tittar på träffprocent istället för fördelningsgrad innebär att de inte mäter differenserna inom respektive levererad längd- och diameterklass. De kan heller inte se att de får in rätt fördelning av respektive längd- och diameterklass. Måttet träffprocent ger inga indikationer på hur stora volymer sågverket får för mycket av inom givna längd- och diameterklasser. Detta medför att det kan vara svårt för Bollsta att ge entreprenörerna relevant feedback angående aptering. Bristen på detaljerad feedback kan i sin tur leda till förvirring kring vilka direktiv som är aktuella. I takt med ökad kunskap kring betydelsen av fördelningsgrad är det troligt att detta sätt att mäta måluppfyllelse kommer att användas i större utsträckning och kommunikationen mellan sågverk, skog och entreprenör torde i takt med detta kunna utvecklas.

Eftersom merparten av allt virke är sålt innan det lämnar skogen är det viktigt att Bollsta får de redan sålda längd- och diameterklasserna. Sågverken får dessutom ett pristillägg vid hög

träffprocent till slutkund. I sådana fall är längderna betydligt viktigare än kvaliteten och innebär att Bollsta i vissa fall skulle kunna få mer betalt för en stock klass 3 än en stock klass 1 tack vare att det passar längdönskemålet bättre. Med detta i åtanke borde det vara meningsfullt att reflektera över hur stor ekonomisk inverkan längdutfallet har för Bollsta vid hög andel manuella kap (Figur 10). Resonemanget kring betydelsen av fördelningsgrad återkommer även här, eftersom det borde vara lättare för Bollsta att leverera rätt till slutkund om de själva använder ett mer precist mått på måluppfyllelse.

Då kunders önskemål för diameter- och längdklasser anses vara särskilt viktiga har kvalitetsklasserna mindre betydelse. Det är därmed tänkbart att dagens sätt att klassificera tallstockar med fyra kvalitetsklasser kan komma att försvinna. Detta borde i sådana fall underlätta skördarförarnas beslutsfattande vid svårbedömda apteringsituationer. Om kvalitetsklasserna försvinner återstår ett bra sätt att garantera en fortsatt god kvalitet på virket samt utforma en ersättning som inte missgynnar skogsägaren. Idag finns pristillägg vid fördelningsaptering men det går att misstänka att det finns mer att vinna av rätt fördelningsgrad än vad som återspeglas i detta tillägg.

Som tidigare nämnt är alla längdklasser viktiga trots att de längre klasserna i vissa fall betalar sig bättre, tack vare att det går att producera mer värdefulla slutprodukter av dessa. En annan aspekt av detta är produktivitetstapan vid hantering av korta stockar jämfört med långa stockar. Ju längre stockar som hanteras, desto större volym kan både skotare och timmerbilar transportera. Även sågen kan arbeta under högre produktivitet tack vare hantering av färre och längre stockar. Ju mer precist det går att beskriva utfallet vid avverkning, desto mer korrekt och effektiv prognostisering möjliggörs. En förbättrad prognostisering gynnar alla led i försörjningskedjan.

## **Intervjuer med maskinförare**

Den största orsaken till manuella kap bland förarna verkar vara oron över att en rotstock på tall skulle klassas ned till massaved. Osäkerheten kring hur mycket krök som tillåts på rotstock verkar ha uppstått i samband med utbildningsdagar med VMF där huvudfokus varit just rotstock på tall. Det vore intressant att veta om VMFs riktlinjer för hur mycket krök som tillåts matchar sågverkens förmåga att hantera krokigt virke. Analyserna rörande nedklassning och vrak bekräftar inte förarnas oro eftersom det inte finns någon korrelation mellan dessa och manuella kap (Figur 11 & 12). Däremot säger analyserna att krök är den vanligaste orsaken till nedklassning. Detta skulle kunna förklara varför förarna uppfattar att VMF fokuserar på krök framför andra defekter vid utbildning.

Det finns tydliga skillnader mellan maskinlagens uppfattning kring riktlinjer. Att förarna har olika uppfattning om hur de ligger till vid andelen manuella kap och stamfelsved skulle kunna kopplas till bristande uppföljning. När det kommer till gran verkar det finnas olika uppfattningar om vilka riktlinjer som gäller. Två av förarna kapar sällan manuellt på gran i strävan att kapa långa stockar enligt riktlinjer från uppdragsgivare. Samtidigt har en annan

förare fokus på röta och kapar därmed mer manuellt på gran. Detta styrker resonemanget om bristande kommunikation.

Samtliga av de tillfrågade maskinförarna vet inte hur det kommer sig att de når den träffprocent de gör och kan alltså inte dra några egna slutsatser om huruvida det kan kopplas till andelen manuella kap. Eftersom Bollsta inte mäter fördelningsgrad vet förarna inte heller om de levererar för mycket eller för lite inom vissa längd- och diameterklasser. De tillfrågade vill gärna se samband mellan manuella kap och nedklassning vid industrin för att själva kunna följa upp sitt arbete.

I takt med att produktionsfilerna från skördaren blir mer lättillgängliga kommer förarna troligtvis få direkt återkoppling och därmed kunna göra egen uppföljning. På så vis kan de på ett enklare sätt utvärdera och utveckla sina rutiner kring aptering. För att detta skall fungera krävs att förarna har kunskap om effekter av olika apteringsstrategier. Dessutom hade en direkt återkoppling kunna minska risken för inbördes skillnader inom ett maskinlag, eftersom det då inte skulle råda något tvivel om hur de förhåller sig till varandra. Detta kan även stödjas av resonemanget kring att objektivitet är en betydande faktor för att kunna göra rättvisande jämförelser (Häggström & Lindroos 2011). Kommunikationen mellan entreprenör och uppdragsgivare torde även bli mer betydelsefull och öka humankvaliteten för maskinförarna och även produktiviteten (Ager 2014).

I framtiden kan det tänkas vara möjligt för skördaraggregatet att mäta krökradie och därmed fördelningsaptera utifrån det. Om tidigare resonemang kring att låta längd- och diameterklasser byta ut kvalitetsklassificeringen skulle bli verklighet vore ett aggregat som kan mäta krökradie fördelaktigt.

## Slutsats

- Studien påvisar att det finns en direkt koppling mellan andelen manuella kap och fördelningsgrad, vilket bekräftar hypotesen.
- Även längdutfallet har en stark koppling till andelen manuella kap - en ökad andel manuella kap resulterar i en minskad medellängd på talltimmer.
- Att det däremot skulle finnas något samband mellan andelen manuella kap och vrak eller nedklassat virke stämmer inte för det analyserade dataunderlaget.

Orsaker till variationen bland förarna gällande manuella kap verkar kunna knytas till förarnas olika uppfattning om vilka aspekter sågverken värderar högst. Oro för nedklassning när det gäller talltimmer verkar vara genomgående, särskilt på rotstock. Bristande kommunikation mellan sågverk, skog och entreprenör gällande riktlinjer verkar kunna vara en faktor, främst vad gäller tydlighet och feedback. Detta är något som troligtvis kommer att förändras med ökad kunskap!

## REFERENSER

Ager, B. (2014) Skogsarbete förr, nu och i framtiden – en organisationsteoretisk förnyelse. *Arbetsmarknad och Arbetsliv* Vol. 20 (1), ss. 79-91

Ager, B. (2014) *Fördjupade studier av maskinella drivningsarbetets humankvalitet åren kring 2010*. Umeå: Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, SLU. (Rapport 2)

Arlinger, J., Nordström, M. & Möller, J J. (2013). *StandForD 2010 – Modern kommunikation med skogsmaskiner*. [Online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/contentassets/f6ab99f3707a4670baeb987798c6e0b6/stanford-2010-svensk.pdf> [2016-03-20]

Behesthi, H. & Lollar, G J. (2007). Fuzzy logic and performance evaluation: discussion and application, *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 57 (3), ss. 237-246.

Chatterjee, S. & Hadi, A S. (2006). *Regression Analysis by Example, Fourth Edition*, s 41. Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey

Gellerstedt S. (1997). Mechanised cleaning of young forest - The strain on the operator. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol 20 (2), ss.137–143.

Häggström, C. & Lindroos, O. (2016). Human, technology, organization and environment – a human factors perspective on performance in forest harvesting, *International Journal of Forest Engineering*. [Online] Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.1080/14942119.2016.1170495> [2016-06-08]

Löfgren, B. (2009). *Kinematic control of redundant knuckle boom with automatic pathfollowing functions*. Diss. Stockholm: Royal Institute of Technology.

Möller, J J., Nordström, M. & Arlinger, J. (2015). *Förbättrade utbytesprognoser – En förstudie genomförd hos SCA, Sveaskog och Södra*. Uppsala: Skogforsk. (Arbetsrapport, 2015:880)

Möller, J J., Arlinger, J., Wilhelmsson, L., Sondell, J. & Moberg L. (2007). *Modell för automatisk kvalitetsbestämning vid virkesmätning med skördare*. Uppsala: Skogforsk. (Arbetsrapport, 2007:642)

Skogforsk (2008) Timan. [Online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/verktyg/timan-2.1/> [2016-02-19]

Purfürst, T. & Lindroos, O. (2011). The correlation between long-term productivity and short-term performance ratings of harvester operators. *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol 32 (2), ss. 509-519

Von Essen, I. & Möller, J J. (1997). *Fördelningsapptering på mindre trakter*. Uppsala: Skogforsk. (Arbetsrapport, 1997:371)

Westerberg S & Shiriaev, A. (2013). Virtual environment-based teleoperation of forestry machines: designing future interaction methods. *Journal of Human-Robot Interaction*, Vol. 2 (3), ss. 84-110.