



**Kandidatarbeten
i skogsvetenskap**
Fakulteten för skogsvetenskap

2018:12

En kartläggning av toppkapets diameter i massaved och påverkande faktorer

*A Survey of the last cross cut in pulpwood and influencing
factors*



Foto: Jon Bäcklund

Patrik Hollsten & Emil Johansson

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,
Handledare: Tomas Nordfjell, SLU, Inst. för skogens biomaterial och teknologi
Bitr handledare: Jon Bäcklund, Holmen skog

Program: Jägmästarprogrammet

Kurs:EX0813 Nivå:G2E

Umeå 2018



Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Patrik Hollsten & Emil Johansson
Titel, Sv	En kartläggning av toppkapets diameter i massaved och påverkande faktorer
Titel, Eng	<i>A survey of the last cross cut in pulpwood and influencing factors</i>
Nyckelord/ Keywords	<i>Aptering, volymförluster, skördare, förarbetande, råvaruutnyttjande/ Bucking, volume losses, harvester, driver behavior, raw material utilization</i>
Handledare/Supervisor	Tomas Nordfjell, Inst. för skogens biomaterial och teknologi / Dept. of Forest Biomaterials and Technology
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	EX0813
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Serie	Kandidatarbete i Skogsvetenskap
Utgivningsår	2018

FÖRORD

Det här kandidatarbetet är skrivet för institutionen för skogens biomaterial och teknologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå och omfattar 15 högskolepoäng av Jägmästarprogrammet (300 högskolepoäng). Arbetet är gjort i samarbete med Holmen skog, region Nord. Vi vill tacka följande personer som möjliggjort detta arbete:

Tomas Nordfjell, vår handledare vid SLU, som under arbetets gång gett bra stöd och bidragit med konstruktiv kritik.

Jon Bäcklund och Johan Karlsson på Holmen som tillhandahållit med data och formulerat frågeställningen.

Johan Möller vid Skogforsk som besvarat våra frågor och delat med sig av sin kunskap om aptering.

Hilda Edlund som hjälp oss med de statistiska analyserna.

Emil Johansson & Patrik Hollsten

Umeå, april 2018

SAMMANFATTNING

I skogsnäringen finns ett stort intresse av att utnyttja råvarans fulla potential. Genom att utveckla och effektivisera utvinningen av skogsråvaran kan utsläpp och energianvändning minskas. Holmens skogsförvaltning har noterat att det finns förluster vid apteringen av massaved då toppkapsdiametern är större än riktlinjen på 50 millimeter. För att undersöka storleken på problemet och möjliga påverkande faktorer analyserades data från skördare i region Nord. Statistiska analyser utfördes för att undersöka om trädslag, avverkningsform och förare påverkar toppkapsdiameter. Dessutom gjordes beräkningar för att undersöka om råvaruutnyttjandet kan förbättras.

Analyserna visade att det fanns en avvikelse från 50 millimeter för trädslagen tall, gran och löv. I gallring hade löv en toppkapsdiameter på 65,4 mm, tall 63,0 mm och gran 60,4 mm. I slutavverkning hade löv en toppkapsdiameter på 84,2 mm, tall 77,5 mm och gran på 67,1 mm. En tydlig positiv korrelation mellan toppkapsdiameter och medelstamsvolym påträffades.

Givet de medelvärden som upplysts i kartläggningen har det konstaterats att det teoretiskt finns möjligheter att öka uttaget av totalvolymen med en procent mellan 2,7 % - 10,1 %, beroende på trädslag och avverkningsform. Toppkapets medeldiameter varierade mycket mellan maskinlagen och signifikanta skillnader förekom. Signifikanta skillnader påträffades mellan förare. Avvikelserna från 50 millimeter mellan trädslagen och avverkningsformerna kan förmodligen förklaras av trädens avsmalning och form. Kommunikation- och kunskapsbrist kan möjligen förklara skillnader mellan förare. Mängden påverkande faktorer vad gäller maskinlag gör det svårt att lokalisera orsaken till skillnaden.

Det finns antagligen fler faktorer som påverkar toppkapsdiametern som inte belysts i den här studien och resultatet bör därför inte generaliseras. Belysta problemområden bör studeras i större omfattning för att få större förståelse.

Nyckelord: aptering, volymförluster, skördare, förarbeteende, råvaruutnyttjande

SUMMARY

In the forest industry, there is a great interest in exploiting the full potential of the forest and its resources. By developing and streamlining, the extraction of forest materials reduces emissions and energy use. Holmen's forest management has noted that there are losses in the bucking of pulpwood when the top cross-cut diameter is greater than the 50-millimeter guideline. To investigate the magnitude of the problem and possible impact factors, data was analyzed from harvesters. Statistical analyzes were performed to investigate whether tree species, felling method or the driver influences the diameter of the top cross-cut. In addition, calculations were made to investigate whether the utilization of tree volume could be improved.

Analyzes showed that there is a deviation of 50 millimeters for all tree species. Analyzes showed that there is a deviation of 50 millimeters for all tree species. The top cross-cut in thinning was 65,4 mm. for deciduous trees, 63,0 mm. for scots pine and 60,4 mm. for Norway spruce. The top cross-cut in final felling was 84,2 mm. for deciduous trees, 77,5 mm. for scots pine and 67,1 mm. for Norway. A positive correlation between top cross-cut diameter and mean stem volume was found.

Given the average values reported in the survey, the volume that theoretically can be increased lays between percentages of 2.7 % and 10.1 %, depending on tree species and type of felling. The top cut cross diameter significantly varied between different machine teams. Significant differences were also found between drivers. The deviations from 50 millimeters between tree species and types of felling can probably be explained by taper and shape of the trees. Lack of communication and knowledge may explain differences between drivers. The amount of factors affecting machine teams makes it difficult to locate the reason for the difference.

There are probably more factors that affect the top cross cut diameter that is not exposed in this study and therefore the result should not be generalized. Identified problem areas should be studied to a greater extent to give greater clarity.

Keywords: Bucking, volume losses, harvester, driver behavior, raw material utilization

1. INLEDNING

1.1 Aptering

I skogsnäringen finns ett stort intresse av att utnyttja råvarans fulla potential. Genom att utveckla och effektivisera utvinningen av skogsråvaran kan utsläpp och energianvändning minskas. I framställningen av skogsprodukter finns det flera processer där detta tankesätt är relevant, inte minst i första steget där trädstammen ska apteras. Om apteringen inte blir optimal går resurser förlorade vilket leder till större påverkan på miljön och ökade ekonomiska förluster.

Aptering är ett viktigt steg i framställningen av skogens produkter. Apteringen går ut på att möta industrins efterfrågan och samtidigt få ut maximalt värde av stammen. I praktiken innebär det att man delar upp stammen i olika sortiment, utifrån längd och diameter samt olika stamskadador. Om fel uppstår i apteringen kan det resultera i att värdeökningen av alla tidigare skötselåtgärder går förlorade (Gustavsson och Sandström 1991).

Idag kvistas och apteras i princip alla träd till stockar i olika sortiment med varierande längder och diametrar. Förutsättningar som finns i skogsbruket gör att kostnaderna blir lägre med denna metod jämfört med att transportera ut hela stammar (Wilhelmsson 2000). Arbetssättet att aptera stammar i skogen kallas kortvirkesmetoden, alternativt sortimentsmetoden (Gustavsson 1978). All hantering av virket, från skog till industri, baseras på denna metod där alla processer har anpassats och utvecklats för att hantera apterat timmer (Wilhelmsson 2000).

Vid aptering finns krav som ska följas om inte stocken ska vrakas. Kraven grundas på hur industrin vill att produkten ska vara utformad vilket hanteras av Skogsnäringens informationsnav, kallat SDC. SDC är en ekonomisk förening som har i uppdrag att trygga affärer och andra processer inom skogsbranschen så att dessa sköts på ett rättvist sätt och på korrekta grunder. SDC hanterar och förmedlar information mellan skog och industri. Enligt SDCs kvalitetsbestämning för massaved är minimidiameter för en stock 5 centimeter och maximidiameter 70 centimeter. Stockar med diametrar utanför spannet vrakas. Maximidiameter mäts vid grövsta diameter, vilket kan innebära att ojämnheter, klykor eller rotben räknas med. Vad gäller standardlängder får dessa avvika med 30 centimeter. För fallande längder är minimilängd 290 centimeter och maximilängd 580 centimeter (SDC. 2017).

För att apteringen ska bli lyckad och för att kraven inte ska över- eller underskridas behövs längd och diameter mätas noggrant. Oftast används valsarna som matar fram trädet genom aggregatet för att mäta längd och diameter. Stamdiametern kan också mätas med kvistknivarna. I dagens skördare registreras oftast tre punkter kring stammen. Utifrån dessa punkter skattas sedan skördardatorn trädets diameter. (Nordström och Hemmingsson 2015).

För att maximera värdet av trädstammen används datorprogram där föraren får stöd med vart kapen ska placeras. Genom att föraren informerar datorn vilket trädslag som ska apteras prognostiserar datorn trädets form baserat på stambasens diameter (Lundqvist *et al.* 2014). När skördardatorn har registrerat diameter kan datorn med hjälp av modeller över trädform prognostisera vart kapen ska placeras. I dagens maskiner används något som kallas adaptiv stamprognos vilket är en förbättring av tidigare stamprognoser. Adaptiv stamprognos innebär att skördardatorn bygger prognosen som baseras på vilken avsmalning och form tidigare stammar som avverkats i beståndet hade (Arlinger & Möller. 2007). Fördelen med att bygga prognoser på tidigare avverkade stammar är att hänsyn tas till att formen varierar mellan trädslag och växtplats (Labelle *et al* 2010; Edgren & Nylinder, 1949).

I ett virkesvärdestest från 2006 jämförde Arlinger och Möller (2007) olika datorsystem där man kom fram till att adaptiv aptering leder till en hög apteringsgrad. Testerna visade att samtliga datorer hade en apteringsgrad mellan 96-98 % (procent av maximalt värde av stammen). Testet visade att alla datorer fungerade på liknande sett, oavsett tillverkare.

Det finns två typer av aptering som skördaren arbetar mot, värdeaptering alternativt fördelningsaptering. Värdeaptering innebär att datorn fokuserar på att maximera värdet av hela stammen (Von Essen & Johan Möller 1997). I en studie där turkisk tall, *pinus brutia*, undersöktes konstaterades att värdeaptering ökar det totala ekonomiska värdet från beståndet med upp till 15,45 %, jämfört med avverkning utan värdeaptering (Abdullah *et al* 2015). Det andra sättet att aptera på, fördelningsaptering, tillåter avsteg från det maximala värdet där virket istället apteras efter längdönskemål (Von Essen & Johan Möller 1997).

Även fast skördardatorn har en stor roll i apteringen får man inte förbise förarens roll i apteringen. Det är föraren som styr maskinen och bestämmer vilka träd som ska avverkas och är alltid den som tar det slutgiltiga beslutet. Till exempel kan stamfel förekomma så som krökar och röta. Stamfelen registreras inte av maskinen och föraren blir tvungen att göra flera tvingade manuella kap (Lundqvist *et. al* 2014). Holappa och Hägglund konstaterade att skördarförare arbetar på olika sätt. De kom fram till att anledningen till att skördarföraren gör manuella kap kan bero på flera olika faktorer men att krök och röta är det vanligast. En möjlig förklaring är att förarna har olika uppfattning av vad som orsakar nedklassning i virkets värde, alltså olika kunskap inom området. Fenomenet gäller främst för talltimmer. (Holappa & Hägglund 2016) Liknande resultat faställdes i en studie där påverkande faktorer vid aptering av tall undersöktes. Bristande kunskap hos förarna, krök och kvalitetsgränser påverkade apteringen (Engdahl 2012)

1.2 Uppföljning av aptering

Uppföljningen av apteringen skiljer sig från förr då avverkningsledaren besökte maskinlagen och kontrollerade arbetet regelbundet. Idag sker kontrollen av apteringen mer centraliserat. Avverkningsledaren informeras om apteringen inte utförs på rätt sätt, till exempel om placeringen av kap mellan timmer- och massastocken inte är optimal eller om föraren plötsligt börjar göra många manuella kap. I en intervju av Sverker Johansson menar John Arlinger vid Skogforsk att det finns ett problem med dagens kvalitetskontroll. Arlinger säger i intervjun att många avverkningsledare idag hellre ringer till varje maskinförare och informerar dem om hur de ska ändra apteringen istället för att upprätta och skicka ut en ny apteringsinstruktion. Det leder till att kunden har dålig koll på hur maskinen arbetar. Dessutom ändrar maskinföraren själv apteringen och gör arbetsmoment som avviker från apteringsinstruktionen. (Johansson 2014).

Ibland sker det att skördarföraren avviker från fallande länder och istället siktar på en fast längd för att ge skotaren en bättre längdfördelning. Arbets sättet gör att skotningsarbetet underlättas (Johansson 2014).

För att minska problemet med att apteringen avviker från apteringsinstruktionerna har Skogforsk utformat en mjukvara som ska hitta avvikelser och informera de parter som är inblandade i apteringen. Förhoppningen är att verktyget, som kallas virkesvärde, leder till en bättre aptering. Man kan med hjälp av virkesvärde se hur mycket skördaren avviker från avverkningsinstruktionen, vid vilken diameter skördaren kapar sista stocken och andelen manuella kap. Det går även att se skattningar på hur stora volymer som inte tas till vara på när toppkapets diameter är grövre än 50 millimeter (Johansson 2014; Skogforsk 2017).

Kommunikationen från och till skördaren skickas som produktionsfiler som sparas enligt en global standard, StanForD2010. Den används av alla större tillverkare. Produktionsfiler är filer som lagrar data om varje apterad stam, där varje stock får ett id-nummer. På så sätt kan information om diameter, längd, geografisk position och kvalitet tilldelas en enskild stock. Produktionsfilerna har förkortningen hpr och står för harvested production. Det finns även produktionsfiler med förkortningen pri som följer en tidigare version av dagens standard upprättad på 80-talet (Arlinger 2012). Produktionsfilerna kopplas alltid ihop med en virkesorder. Virkesordern innehåller uppgifter om virket och dess ursprung och tilldelas ett unikt nummer för varje order (VMF-qbera 2018).

1.3 Frågeställning

Det är vid uppföljningen av aptering som Holmen ABs skogsförvaltning har noterat att toppkapet sker vid en grövre diameter än 50 millimeter. Holmen ifrågasätter därför hur väl de lyckas ta tillvara på hela trädstammen, med fokus på toppkapets diameter. Med toppkapets diameter avses den diameter som registrerats vid det allra sista kapet.

Holmens krav och riktlinjer vad gäller mätbestämmelser grundar sig på VMF Nords bestämmelser. Holmen använder sig av en minimidiameter av 50 millimeter på massaved. De tillåter även kap ner till 35 mm. Holmen tillåter en Maximidiameter på 70 centimeter. Minimilängd för massa är 27 decimeter och maximilängd 57 decimeter. Om minimigränser underskrids eller överskrids vrakas massavedsbiten (Holmen Skog 2015).

Problemet är inte att för många stockar vrakas på grund av att man hamnar utanför diameterspannet, problemet gäller det omvända. Skogsförvaltningen har sett tendenser att toppkapsdiameter i vissa trakter och hos vissa förare är betydligt högre än 50 mm. De undrar om det finns specifika faktorer som orsakar avvikelser från optimal placering och om råvaruutnyttjandet kan förbättras.

1.4 Syfte

Huvudsyftet med denna studie var att utföra en kartläggning av toppkapsdiameter vid aptering av massaved samt undersöka möjliga påverkande faktorer.

Delmål

- Undersöka om det finns avvikelser från lägsta möjliga toppkapsdiameter.
- Undersöka om råvaruutnyttjandet kan förbättras.
- Undersöka om det finns en skillnad mellan trädslag avseende toppkapsdiameter
- Undersöka om det finns en skillnad mellan gallring och slutavverkning vad gäller toppkapsdiameter, samt om det finns ett samband mellan diameter för sista kap med medelstamsvolym.
- Undersöka om det finns en skillnad mellan maskinlag avseende toppkapsdiameter.
- Undersöka om det finns en skillnad mellan olika förare avseende toppkapsdiameter.

Hypoteser

- Det finns en betydande avvikelse från optimal placering av sista kap.
- Råvaruutnyttjandet kan förbättras.

- Toppkapsdiameter skiljer sig mellan trädslag.
- Föraren påverkar topkapsdiametern

Avgränsningar

För att inte få med data från trakter som avverkats under savningsperioden uteslöts avverkningar utförda under månaderna mars-maj, på grund av att mätningarna är sämre under denna period. Avverkningar valdes där minst två förare arbetade på samma trakt så att jämförelser skulle kunna möjliggöras. En begräsning på minst 50 kap i massaveden per trädslag användes.

2. MATERIAL OCH METODER

2.1 Indata

Datamaterialet i studien bestod av produktionsfiler från Holmen skog AB. Filerna levererades som hpr- eller pri-filer. Datamaterialet bestod av produktionsfiler från elva maskinlag i region Nord. Detta datamaterial användes för att analysera om toppkapsdiameter påverkas av förare. Ytterligare fyra maskinlag lades till när analyser gjordes för att studera trädslag och avverkningsform.

2.2 Arbetsgång

Skördarnas produktionsfiler levererades osorterade i kataloger kopplade till varje enskild skördare. För att veta vilka filer som hörde ihop med en specifik avverkning användes Skogforsks program HPR-gallring som konverterade och sorterade filerna efter virkesordernummer. Datafiler från en och samma avverkning sorterades i kataloger baserat på vilken virkesorder de tillhörde.

För de maskinlag som ingick i studien analyserades produktionsfiler från cirka tio avverkningar per maskinlag. Maskinlag som endast hade HPR-filer valdes i första hand. Genom att välja HPR-filer uteblev konverteringen och endast sorteringen behövde utföras vilket ledde till att tid sparades. Avverkningar utförda senast i tiden valdes först för att sedan metodiskt gå bakåt i tiden fram till det att ca tio avverkningar per maskinlag valts ut. För att inte få med avverkningar under savningsperioden uteslöts trakter avverkade under månaderna mars-maj, eftersom att mätningarna är sämre under denna period. Maskinlag valdes så att fördelningen mellan gallring och slutavverkning blev någorlunda jämn.

Vid jämförelse mellan förare valdes endast trakter som körts av minst två förare. Ett annat krav var att ett visst antal kap skulle ha gjorts på massastocken. Kravet ställdes för att analyserna sedan skulle bli tillförlitliga. 50 kap eller mer skulle utförts i massaveden för att avverkningen skulle tas med i analysen.

Nästa steg gick ut på att registrera relevant information i en databas. Informationen lästes av i virkesvärde och matades in manuellt i ett Excel-ark. Exempel på parametrar som fördes in var Trakt-ID, Förare, trädslag m.m. (tabell 1).

Tabell 1. Parametrar som registrerades i databasen samt deras enhet
Table 1. Parameters registered in the database and their units

Parameter	Enhet
Trakt-ID	virkesordernummer
Förare	Siffra
Trädslag	tall, gran, löv
Medelstam	m ³ fub
Volym	m ³ fub
Diameter sista kap	millimeter
Antal kap på massavedsbiten	styck
Antal kap på massavedsbiten som är manuella	styck

I Excel ställdes information upp efter vilket maskinlag som kört, avverkningens virkesordernummer, vilken förare som kört maskinen och vilket trädslag som avverkats. I databasen registrerades också om det var en slutavverkning eller en gallring. Avverkningsform gick inte att utläsa i Virkesvärde utan var information Holmen gav.

I virkesvärde kunde potentiella volymökningar (procent av totalvolym) från varje avverkning läsas av och registreras. Avverkningar letades upp som hade liknande toppkapsdiameter som medelvärdena för trädslagen tall, gran och löv. Av dem valdes sedan två avverkningar för varje trädslag, en som hade en medelstam som överensstämde med medelvärdet för gallring och en som överensstämde med slutavverkning. För att kunna diskutera vilken potentiell volymökning man kan räkna med i ett större perspektiv.

För att studera hur volymutnyttjandet skiljde sig mellan olika medelstamsvolymmer valdes avverkningar med samma toppkapsdiameter men med olika medelstamsvolymmer. Tre avverkningar valdes där toppkapets medeldiameter var 60 mm och med medelstamsvolymerna 0,225; 0,312; 0,361 m³fub. Tre avverkningar valdes där toppkapets medeldiameter var 84 millimeter och med medelstamsvolymerna 0,250; 0,321; 432 m³fub.

2.3 Statistiska analyser

För att göra en kartläggning av toppkapsdiametern upprättades flertalet analyser i Minitab. Till största del gick analyserna ut på att analysera medelvärden, boxplots och scatterplots för att försöka lokalisera samband och kunna jämföra maskinlag, förare och trädslag. Statistiska analyser utfördes för att hitta signifikanta skillnader (tabell 2)

Tabell 2. Översikt över analyser gjorda i Minitab, vilka värden som registrerades, vilka statistiska analyser som gjordes samt vilka visuella analyser som var intressanta

Table 2. Overview of Minitab analyzes, which values were recorded, which statistical analyzers were made and which visual analyzes that were of interest

Analys av	Värden	Statistiska analyser	Visuella analyser
Toppkapsdiameter för olika trädslag: Totalt samt fördelat på avverkningsform	- Medelvärde - Standardavvikelse - P-värde - Antal observationer	Envägs Anova-test	Boxplot
Samband mellan toppkapsdiameter och medelstamsvolym	- Korrelationsfaktor (Pearson) - P-värde	Regressionsanalys	Scatterplot
Skillnad mellan maskinlag	- Medelvärde - P-värde	Envägs Anova-test	Boxplot
Skillnad mellan förare fördelat på avverkningsform	- Medelvärde - P-värde - Standardavvikelse - Antal observationer	Parat t-test	Scatterplot, boxplot

Trädslag och avverkningsform

Medelvärdet på toppkapsdiameter per trädslag baserades på maskinlagens medelvärde. Metoden gör att maskinlag som körde fler trakter inte väger tyngre än andra. Medelvärdena för trädslagen och avverkningsformerna baserades på 15 maskinlag som i sin tur baseras på värden från ca 10 avverkningar per maskinlag. Det resulterade i en databas som bestod av ungefär 175 trakter och över en miljon massavedskap.

Medelvärdena för avverkningsformerna grundades på maskinlag som kört gallring respektive slutavverkning. Detta gjorde att slutavverkning fick fler observationer eftersom datamaterialet innehöll fler maskinlag som kört slutavverkning. Det fanns också maskinlag som kört både slutavverkning och gallring. För att undersöka om trädslag påverkar toppkapsdiameter gjordes ett anova-test. Med en signifikansnivå på 95% testades följande hypoteser:

- Nollhypotes: Det finns ingen signifikant skillnad i toppkapsdiameter mellan tall, gran och löv.
- Alternativhypotes: Det finns en signifikant skillnad i toppkapsdiameter mellan tall, gran och löv.

Testet utfördes även fördelat på slutavverkning och gallring.

Förare

I analysen där skillnaden undersöktes mellan förare jämfördes enbart trakter där två förare hade arbetat tillsammans. I de fall där fler än två förare kört samma maskin på samma trakt behövdes ett urval göras. Förare som kört flest trakter tillsammans inom varje maskinlag valdes eftersom störst dataunderlag erhöles. Innan analyser påbörjades delades förarna in i två grupper. De två grupperna var: förare med störst toppkapsdiameter samt förare med minst toppkapsdiameter. Förarna inom ett maskinlag hamnade i en varsin grupp. Gruppindelningen bestämdes utifrån vem av förarna som hade minst respektive störst toppkapsdiameter i medeltal över de trakter de kört tillsammans. De två grupperna ställdes mot varandra i ett parat t-test. Med en signifikansnivå på 95 % testades följande hypoteser:

- Nollhypotes: det finns ingen avvikelse i toppkapsdiameter mellan grupperna
- Alternativhypotes: det finns en avvikelse i toppkapsdiameter mellan grupperna

- Nollhypotes: det finns ingen signifikant skillnad i toppkapsdiameter mellan grupperna
- Alternativhypotes: det finns en signifikant skillnad i toppkapsdiameter mellan grupperna

Analyserna på förarna baserades på 10 maskinlag.

3. RESULTAT

3.1 Kartläggning av toppkapets diameter

Analyserna visade att det fanns en skillnad mellan olika trädslag med avseende på toppkapets medeldiameter. Totalt var löv i medel kapat vid störst diameter och gran var i medel kapat vid minst diameter. Standardavvikelsen var högst hos löv och lägst hos gran. I slutavverkning är toppkapsdiametern större jämfört med gallring. Det är en större skillnad, procentuellt sett, mellan trädslagen i slutavverkning jämfört med gallring (Tabell 3).

Tabell 3. Medeldiameter, standardavvikelse och observationer (maskinlag) för sista kap för respektive trädslag uppdelat slutavverkning, gallring och totalt

Table 3. Mean diameter, standard deviation and observations (number of teams) for the last cross cut, for each of the three tree species, divided by final felling, thinning and in total.

	Trädslag	Diameter	StDev*	Obs**
Totalt	Tall	74,1	10,1	15
	Gran	65,7	6,4	15
	Löv	80,2	14,1	15
Gallring	Tall	63,0	6,6	5
	Gran	60,4	5,1	5
	Löv	65,4	7,1	5
Slutavverkning	Tall	77,5	8,6	12
	Gran	67,1	5,9	12
	Löv	84,2	13,5	12

*Standardavvikelse **Antal observationer

I analysen konstaterades att noll-hypotesen kunde förkastas för gran och löv, om analysen gjordes över alla avverkningar*. I slutavverkning förkastades noll-hypotes för gran och löv samt för tall och gran. I gallring fanns ingen signifikant skillnad mellan trädslagen (tabell 4).

Tabell 4. Resultat av envägs anovatest
Table 4. results from one-way anova test

	Tall – Gran -Löv	Tall - Gran	Gran – Löv	Löv -Tall
P-värde alla trakter totalt	0,003	0,093	0,002*	0,278
P-värde gallring	0,489	0,808	0,457	0,820
P-värde slutavverkning	0,001	0,038	0,000	0,231

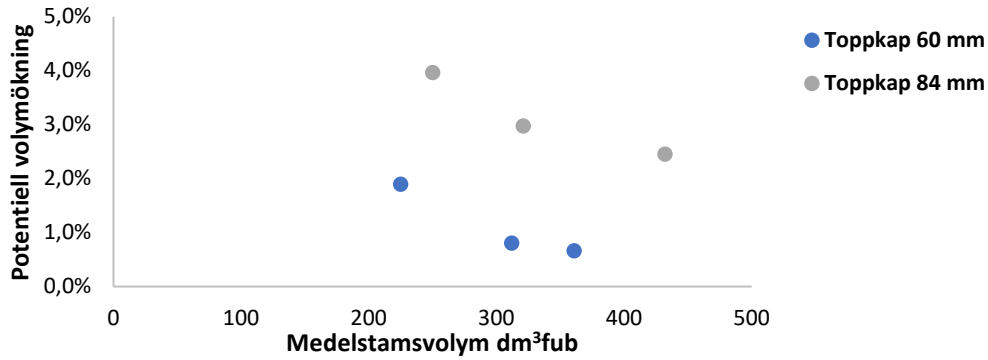
3.2 Råvaruutnyttjande

Störst potentiell volymökning återfanns i avverkningen av löv med medelstam på 134 dm³, Vilket återspeglade en slutavverkning av löv i datamaterialet. Tall hade lägst potentiell volymökning, i både gallring och slutavverkning. (tabell 5).

Tabell 5. Potentiell volymökning för tre gallringar och tre slutavverkning om toppkapsdiametern är 50 mm istället för det verkliga utfallet.
table 5. Potential volume increase for three thinning and three final felling when the top diameter is 50 mm instead of the actual outcome.

	Trädslag	Toppkapsdiameter	Medelstamsvolym	Potentiell volymökning
Gallring	Tall	65	122	3,2 %
	Gran	58	90	4,1 %
	Löv	64	66	8,2 %
Slutavverkning	Tall	77	317	2,7 %
	Gran	67	237	2,8 %
	Löv	85	135	10,1 %

Medelstamsvolymen påverkar hur stora förlusterna blir. I avverkningar med låg medelstam så blir volymförlusterna procentuellt sett större, givet samma toppkapsdiameter, än i avverkningar där medelstammen är högre.

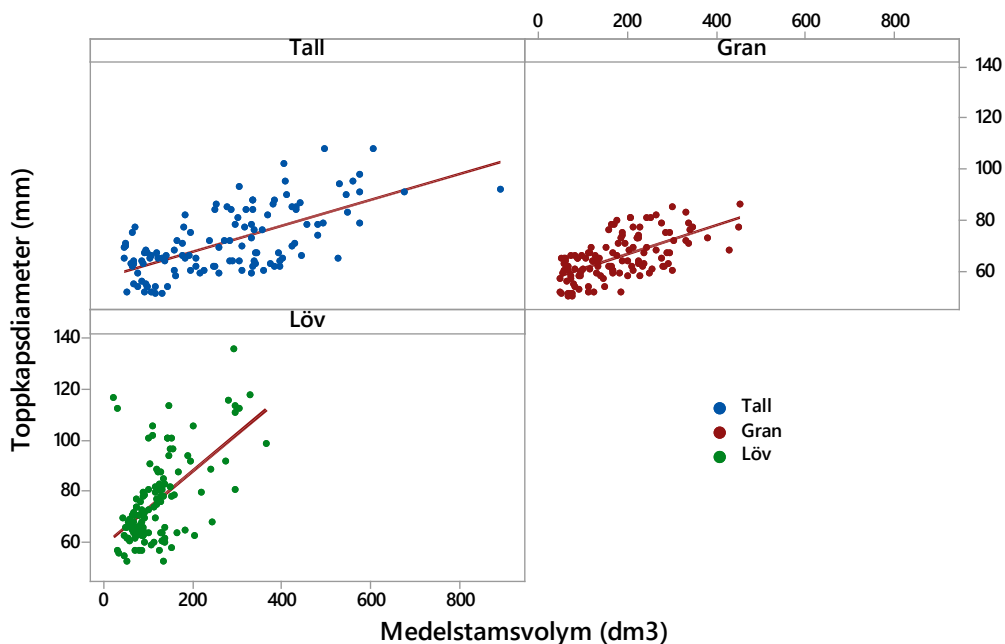


Figur 1. Potentiell volymökning då toppkapets diameter är 60mm och 84mm för avverkningar med olika medelstamsvolym

Figure 1. Potential increase of volume when the top cut cross is 60mm and 84 for fellings with different mean stem volumes

3.3 Korrelation mellan toppkapsdiameter och medelstamsvolym

En tydlig korrelation påvisades mellan medelstamsvolymen (dm^3fub) samt toppkapets diameter (Figur 1). För trädslagen tall, gran och löv ökade diametern vid sista kap med ökad medelstamsvolym. Korrelationen var som störst för tall, följt av gran och sedan löv där det fanns signifikanta samband för alla trädslag (tabell 6).



Figur 2. korrelation mellan medelstamsvolym och toppkapsdiameter för olika trädslag

Figure 2. Correlation between diameter at last cut and mean stem volume for pine, spruce and birch

Tabell 6. Värden för korrelation mellan medelstamsvolym och toppkapsdiameter för olika trädslag
table 6. Correlation values between diameter at last cut and mean stem volume for pine, spruce and birch

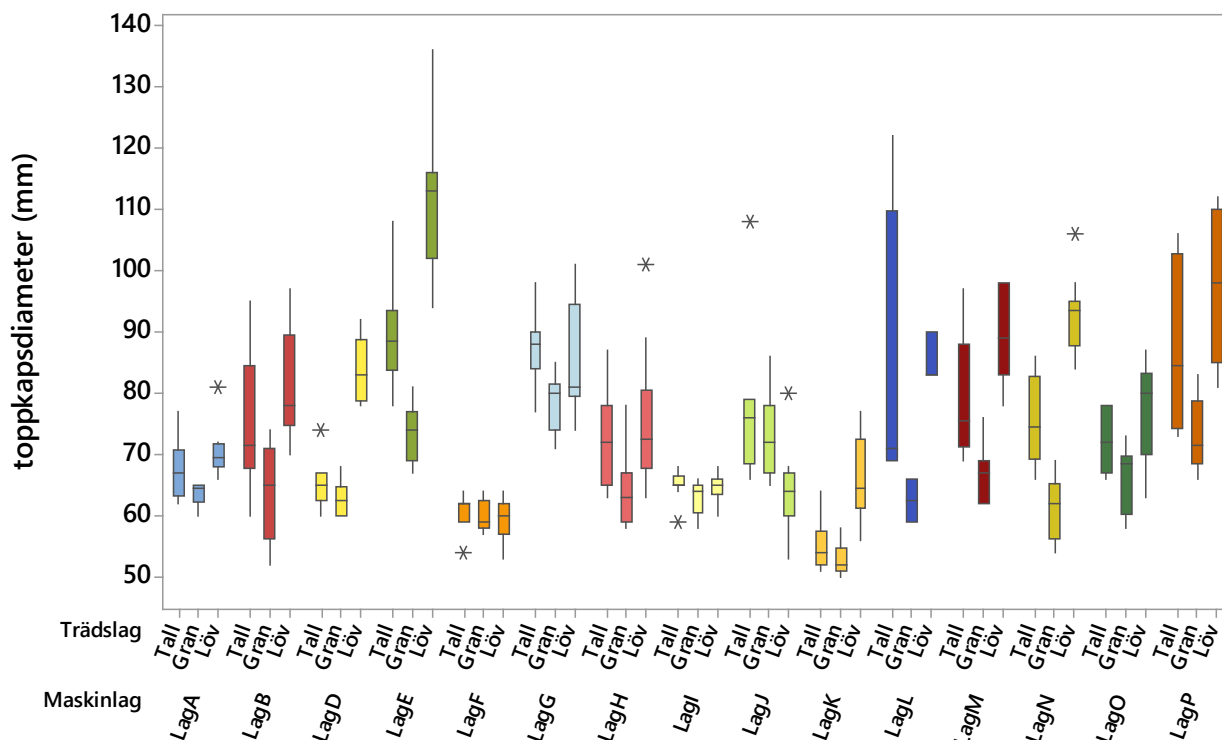
Trädslag	Korrelationsfaktor	P-värde
Tall	0,658	0,000
Gran	0,617	0,000
Löv	0,577	0,000

3.4 Jämförelse maskinlag

Medeldiameter för sista kap varierade mellan maskinlag. För tall varierade medelvärdet för toppkapsdiameter mellan 55 och 90 mm för de olika maskinlagen. Motsvarande värden för gran var 53 och 78 mm samt 59 och 111 mm för löv.

Analysen visade att det fanns en signifikant skillnad mellan minst två av maskinlagen. Skillnaden kunde upptäckas hos samtliga trädslag samt i båda avverkningsformerna. Mellan vilka maskinlag skillnad fanns blev inte fullt ut fastställt men genom att studera utdrag från Minitab kunde det konstateras att i båda avverkningsformerna och i alla trädslag fanns det skillnader mellan fler än två maskinlag.

Spridning fanns inom varje maskinlag vad gäller toppkapsdiameter och hur stor spridningen var kring medelvärdet varierade mellan maskinlagen. Standardavvikelsen för tall varierade mellan 25 och 2, för gran mellan 6 och 2 och för löv mellan 11 och 3,5. En tendens fanns om toppkapsdiameter varierade mycket inom trädslagen för ett specifikt maskinlag, fluktuerade det också mycket mellan trädslagen (Figur 3).



Figur 3. Boxplot över medeldiameter för varje maskinlag fördelat på trädslag. Lodräta sträcket i boxarna är det aritmetiska medelvärdet för respektive maskinlag och trädslag. 50 % av Data ligger över respektive under det lodräta sträcket.

Figure 3. Boxplot of mean diameter for each team divided by tree species. The vertical line of the colored boxes are the mean diameter of the respective team and tree species. 50% of Data is above the vertical line and 50% below the line.

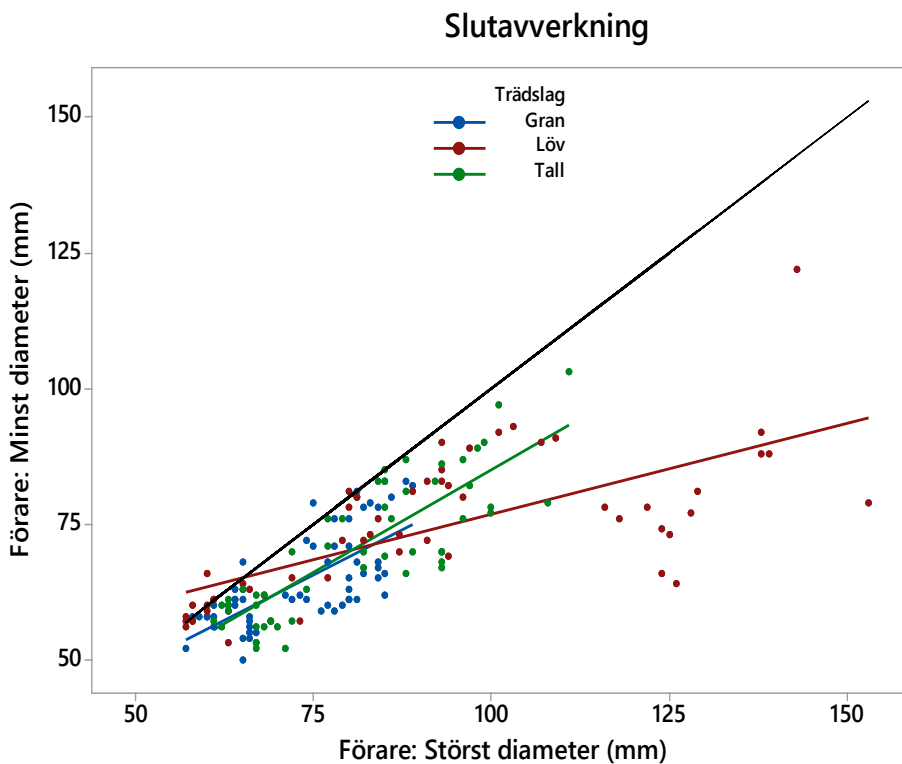
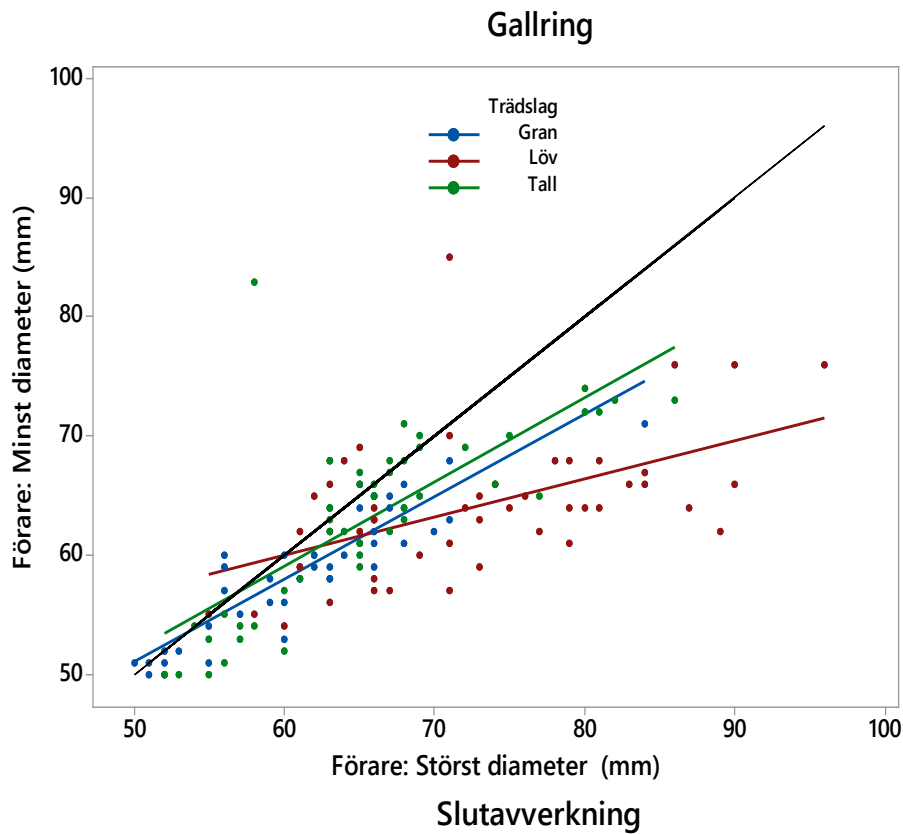
3.5 Jämförelse av förare

I analysen förkastades alla nollhypoteser. Resultatet visade att det fanns en signifikant skillnad i toppkapsdiameter mellan förarna för trädslagen tall, gran och löv. Resultatet påvisade att föraraggrupperna kapar mer lika i gallring än vid slutavverkning, procentuellt sett. Löv var det trädslag som kapades med störst variation i toppkapsdiameter mellan grupperna i gallring och slutavverkning. För gran är det minst skillnad mellan grupperna i båda avverkningsformerna (tabell 7).

Tabell 7. Resultat för förargrupperna med minst- och störst toppkapsdiameter i gallring samt slutavverkning. Analysmetod parat t-test. Observationer är antal trakter som respektive förargrupp avverkat
Table 7. Result for groups with the smallest and biggest last cross cut diameter divided by thinning and clear cutting. The number of felling that each of the groups have harvest are represented under the column observations

	Förargrupp	Trädslag	Obs.	Mean	StDev	P-value
Gallring	Minst	Tall	47	63,06	7,58	0,003
	Störst	Tall	47	65,6	8,07	
	Minst	Löv	47	64,13	5,98	0,000
	Störst	Löv	47	72,96	9,74	
	Minst	Gran	45	59,13	5,35	0,000
	Störst	Gran	45	61,64	6,4	
Slutavverkning	Minst	Tall	54	70,59	12,46	0,000
	Störst	Tall	54	81,07	13,73	
	Minst	Löv	55	74,04	13,14	0,000
	Störst	Löv	55	91,78	27,03	
	Minst	Gran	62	64,27	8,49	0,000
	Störst	Gran	62	73,08	8,99	

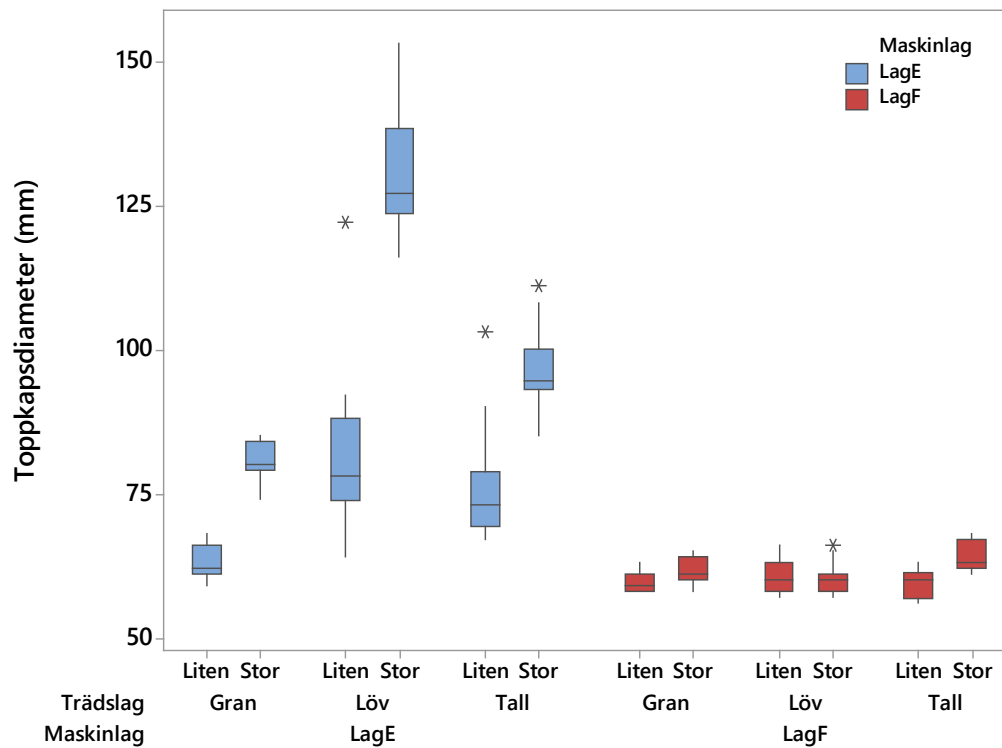
I både gallring och slutavverkning så hanterades trädslagen lika mellan de två grupperna. Vid visuell analys noterades att toppkapets medeldiameter i regel alltid är lägre för den förare som är i gruppen med minst toppkapsdiameter, oavsett trädslag. Lutningen på regressionslinjerna för löv har en större lutning i båda avverkningsformerna jämfört med tall och gran (Figur 3).



Figur 4. Scatterplot där förare med minst respektive störst toppkapsdiameter inom varje avverkning ställts mot varandra med avseende på toppkapsdiameter. Varje punkt innehåller värden för toppkapsdiameter för två förare som kört samma avverkning. Den svarta linjen visar vilken lutning och placering som regressionslinjerna skulle ha om ingen skillnad fanns mellan grupperna.

Figure 3. Scatterplot where drivers with biggest and smallest top cross diameter are placed against each other. Every dot contains values for the top cross diameter for two drivers that have been at the same felling. The black line shows the slope and placing that the regression lines would have if no differences were found between the two groups.

Skillnaden mellan förare varierade mycket mellan olika maskinlag. I vissa maskinlag apterade förarna mer homogent i avseende på toppkapets medeldiameter jämfört med andra (figur 4).



Figur 5. Boxplot över Lag E och Lag F där medelvärde för toppkapsdiametern är uppdelad på de två förargrupperna med störst (stor) toppkapsdiameter och minst (liten) toppkapsdiameter. Fördelat på trädslag.
Figure 4. Box plot over Team E and Team F where the average for the top cross cut is divided into the two driver groups and tree species.

4. DISKUSSION

4.1 Tillförlitlighet till data

Data för toppkap registrerades som ett medelvärde för förarna eller för maskinlaget. Avverkningsvolymerna varierade mellan trakterna och var ibland väldigt låg. Låg avverkningsvolym medförde att medelvärdet för toppkapsdiametern i vissa fall baserades på få antal kap. Det skulle kunna medföra osäkerhet i analysen eftersom få kapade träd medför ett mindre representativt medelvärde. Ett försök att undgå problemet gjordes genom att antalet kap i massaveden begränsades till minst 50 stycken. Om 50 stycken massavedskap var tillräckligt för att få ett tillförlitligt medelvärde är ej undersökt men genom en högre gräns skulle datamaterialet bli mer tillförlitligt. En högre gräns skulle i vårt fall medfört ett för stort bortfall av data.

Även fast några trakter innehöll data med få kap så bestod största delen av datamaterialet av trakter där antalet kap var tillräckligt många för att medelvärdena skulle bli tillförlitliga. Totalt innehöll databasen värden för över en miljon kap i massaveden. Vi kan inte med hjälp av virkesvärde säga hur stor andel av kapen i massaveden som var sista kap.

Eftersom data för studien har tagits från maskinlag i Västerbotten och Västernorrland och bygger på ett litet antal maskinlag går det inte att generalisera resultaten för övriga delar av landet.

Data för en av förarna i lag E hade ovanligt höga värden för toppkapsdiameter på löv jämfört med alla andra förare. Vad detta beror på blev inte fastställt men en möjlig teori tordes vara att föraren hanterar aggregatet annorlunda. Föraren kapar förmodligen de sista stockarna i lövet med öppna kvistknivar som leder till felaktiga mätningar. Om värdena orsakades av förarbetandet är det viktigt att poängtera att det påverkade andra analyser som inte skulle vara förarberoende, till exempel: korrelationen mellan medelstam och toppkapsdiameter samt skillnaden mellan trädslag. Bruset kunde inte undkommas och storleken blev ej fastlagd.

4.2 Metod

Val av analysmetoder

Vår kunskap inom statistik är begränsad och val av analysmetoder har därför baserats på hjälp från kunniga utomstående. De analysmetoder som använts i denna studie har varit envägs-anovatest, parat t-test samt regressionsanalys. Analys med envägs Anovatest ansågs vara den bästa metoden för att jämföra trädslag och maskinlag då vi hade flera populationer. Antaganden som ska uppfyllas med anovatest är att populationerna ska vara normalfördelade samt ha

homogena varianser. Antagandena uppfylldes i alla analyser förutom för kartläggning av sista kap i gallring (Tabell 3). Där var populationen inte normalfördelad eftersom enbart medelvärden för fem maskinlag analyserades. Antalet kap som registrerats inom denna population var dock normalfördelad och datamängden var stor. I analys mellan förare användes parat t-test då endast två populationer jämfördes där variansen antogs vara lika mellan populationerna.

Pålitligheten av analyserna

Pålitligheten av analyserna varierar och hade med säkerhet kunnat ökas i samtliga analyser om mer kunskap och data hade erhållits. Det vi kan säga angående upplägget av analyserna mellan förare är att bruset är lågt. Genom att förarna har avverkat samma trakt, vid samma tidpunkt och med samma maskin bör de påverkande faktorerna begränsas till förarbeteende. Förmodligen finns det variationer inom avverkningstrakterna som kan påverka resultatet, speciellt om förarna kört olika volymer, men då dataunderlaget baseras på så många kap och avverkningsformer anser vi det orimligt att detta ska ha en stor påverkan vilket ökar pålitligheten.

Pålitligheten i jämförelsen mellan maskinlag är sämre jämfört med förare då fler påverkande faktorer fanns. Maskinlagen avverkades av olika förare, med olika maskiner och i olika områden. Vilken eller vilka av dessa faktorer som orsakar skillnaden mellan maskinlagen går inte att avgöra i denna studie.

4.3 Resultat

Kartläggning av toppkapsdiametern och avverkningsform

Innan analyserna utfördes var vår teori att beroende på vilket trädslag som avverkas varierar toppkapsdiametern mellan trädslagen. Resultatet visade att teorin inte stämde. I gallring fanns ingen signifikant skillnad mellan trädslagen. Dock fanns det skillnader mellan trädslagen tall och gran samt gran och löv i slutavverkning. Att det inte är någon signifikant skillnad i gallring kan bero på att trädslagen är mer homogena i avseende på form. Skillnaden i slutavverkning skulle då kunna förklaras av att trädformen varierar mer än i gallring, vilket då leder till en större variation i toppkapsdiameter mellan trädslagen.

I en studie gjord i Tyskland konstaterades att trädets form har betydelse vid aptering. Vid aptering av tall kunde ett högre ekonomiskt värde och produktivitet erhållas vid manuell aptering av träd i grövre diameterklasser. Det förmodades bero på att tallen, som har vid och stor krona, är svår att prognostisera för skördardatorn och därför gör felberäkningar som i sin tur leder till tids- och volymförluster (Labelle, Bergen & Windisch, 2017). En annan studie från Finland bevisar att trädets krona varierar mellan trädslagen tall, gran och björk, där löv har störst mängd biomassa i

kronan följt av tall och sedan gran (Tahvanainen & Forss 2008). Förutom att kronans utformning varierar mellan trädslagen, gör rimligtvis avsmalningen det också. Med stöd av tillväxtmodeller och höjdtutvecklingskurvor kan man konstatera att granens avsmalning skiljer sig från tall och löv då träden blir grövre. (Johansson. *et al.* 2013). Variationen i avsmalning och form skulle kunna förklara att det finns en skillnad mellan hur trädslagen apteras med avseende på toppkapsdiameter.

Löv är det trädslag som har störst toppkapsdiameter i gallring och slutavverkning. Baserat på vår egna uppfattning och på resultatet från Tahvanainen och Forss studie har löv generellt en vid och stor krona med klykor, främst i grövre bestånd. Detta skulle kunna förklara att löv kapas vid störst toppkapsdiameter.

Resultatet visade att det fanns en tydlig korrelation mellan medelstam och toppkapsdiameter. Vid en högre medelstam var toppkapsdiametern högre. Eftersom det generellt är en högre medelstam i slutavverkningar förklarar sambandet varför toppkapsdiameter är högre i slutavverkningar jämfört med gallringar. Förklaringen till att en större medelstamsvolym genererar en större toppkapsdiameter är möjligen återigen trädens avsmalning och form.

Finns det en möjlighet att öka råvaruutnyttjandet?

En viktig del av studien var att skatta eventuella volymökningar som uppkommer när toppkapsdiametern är 50 millimeter. Enligt värdena från virkesvärde konstaterades att råvaruutnyttjandet kan förbättras i både slutavverkning och gallring för samtliga trädslag. Den potentiella volymökning som i teorin finns varierade mellan 2,7 och 10,1 % av totalvolymen beroende på trädslag och avverkningsform.

Skattningen ger en fingervisning på att den volymökning som teoretiskt skulle kunna utvinnas inte bör ignoreras. En strävan mot en mindre toppkapsdiameter skulle kunna leda till ekonomiska vinster och bättre råvaruutnyttjande. Att utnyttjande minskar när toppkapsdiameter ökar bevisas även en finsk studie där man konstaterade att en ökning från 60/70 mm till 80mm minskade massavedvolymen 13-14% i gallringar av gran, tall och björk (Räisänen & Nurmi 2014). Enligt våra resultat (Figur 1) skulle samma toppkapsdiameter i en slutavverkning däremot inte medföra lika stora procentuella förluster om man förutsätter att medelstamsvolymen är större i en slutavverkning.

Det är viktigt att komma ihåg att det i praktiken är svårt att uppnå en toppkapsdiameter på 50 millimeter. Dels krävs en viss marginal till minimidiameter för att inte riskera att stocken ska vrakas, dessutom kan stamfel uppkomma på sista stocken vilket gör att föraren måste kapa vid en grövre diameter. Enligt Labelle *et al.* (2017) kan föraren öka värdet på aptering genom att frångå en helt automatiserad aptering. I de fall träden har vida kronor, stor avsmalning och stamfel, är det svårt för skördardatorn att prognostisera var kapen ska placeras för att minimera

värdeförluster. Det betyder att en toppkapsdiameter som är större än 50mm inte behöver innebära värdeförluster.

Ett annat sett att öka totalutnyttjandet är att ta vara på energiveden. Räisänen och Nurmi kom fram till att med en större toppkapsdiameter i massaveden kan energivedsmängden ökas. Författarna menar att i de fall priset på energived är liknande med priset för massaveden är det möjligt att få bättre ekonomi då bränsleved tas ut i integrerade gallringar. Vid ökad toppkapsdiameter ökar även biomassan på energivedsdelen genom att kvistning inte sker på den del av stammen som vid normal aptering annars skulle kvistas. På det viset ökar den totala mängden biomassa som kan skördas från skogen (Räisänen & Nurmi 2014). Att ta ut energived om priserna är rätt bevisas delvis i en studie där det konstateras att det är lönsamt att ta ut energived i unga björkdominerade gallringsbestånd om priset är relativt högt för energived (Fulvio *et al* 2011). I denna typ av bestånd borde man därför kunna öka de totala intäkterna från avverkningen genom att öka toppkapsdiametern.

Jämförelse maskinlag

Eftersom det är flera faktorer som påverkar maskinlagen, såsom förare, maskintyp, geografi m.m. är det svårt att veta varför det är en skillnad och vad den orsakas av. Den mest logiska förklaringen är att den stora mängden påverkande faktorer ger upphov till en skillnad mellan maskinlag.

Jämförelses förare

I analyserna mellan förare kom vi fram till att det finns en signifikant skillnad mellan förare. Även fast förare har kört samma trakt, i samma maskin och under samma förutsättningar fanns det skillnader mellan toppkapsdiameter. Med det resultat vi har nu går det inte att se vart skillnaderna är och vart de är som störst, det går bara säga att det finns skillnader.

I den visuella analysen (Figur 4) konstaterades att trädslagen hanteras lika mellan de två förargrupperna. Oavsett vilket trädslag som apteras i en avverkning så blir toppkapets medeldiameter i regel grövre för samma förare i alla avverkningar. I enbart några avverkningar apterar föraren som hamnat i gruppen med minst toppkapsdiameter grövre jämfört med den andra. Eftersom indelningen av grupperna baserades på vilken toppkapets medeldiameter föraren hade på samtliga trädslag och samtliga trakter hade större variation kunnat förväntas mellan trädslagen och förarna. Vi reagerade på att förare med grövre medeldiameter generellt alltid kapade vid största toppkapsdiameter för samtliga trädslag. Att ena föraren i princip alltid kapar vid en mindre toppkapsdiameter är ett bevis på att det i praktiken är möjligt att minska toppkapsdiametern.

Skillnaden mellan förare skulle kunna förklaras med att föraren frångår den automatiserade apteringen. Om apteringen skulle ske helt automatiserat borde det inte uppstå en skillnad mellan

förare. Den vanligaste anledning till att skördarföraren frångår datorns förslag är enligt Hägglund och Holappa stamfel och krök. De påstår att det finns vissa kommunikation- och kunskapsbrister hos skördarförare. Vi tror därför att en ökad förståelse för aptering och tydligare direktiv skulle kunna leda till ett ökat råvaruutnyttjande och en mindre skillnad mellan förare.

4.4 Framtida studier

För att få resultat som går att applicera i större skala skulle ytterligare studier utföras där man strävar efter att minimera bruset i analyserna. På så vis skulle tydligare samband kunna hittas och tillförlitligheten öka. Denna studie bör därför ses som ett underlag för vidare analysering där vissa mönster och samband går att se men där orsakerna inte går att svara på.

För att utveckla studien behövs en större databas där fler parametrar ingår. Först och främst skulle en databas utformas där alla maskinlag i region nord kan analyseras. Det skulle också vara intressant att analysera maskinlag från andra regioner för att kunna jämföra regionala skillnader. Att utforma en sådan databas skulle dock kräva mycket tid och resurser. Emellertid finns det en stor mängd data tillgänglig som gör en stor databas möjlig.

I vår studie har vi bara skrapat på ytan vad gäller råvaruutnyttjande och volymförluster. Det hade varit bra om djupare analyser hade utförts där ekonomiska beräkningar samt hur mycket mer man potentiellt skulle kunna minska toppkapsdiametern.

Då det bevisligen är en stor skillnad mellan hur förare kör inom och mellan maskinlagen skulle intervjuer kunna svara på var denna skillnad finns och vad den beror på. Förmodligen finns det flera områden som kan förbättras som i sin tur skulle leda till ett effektivare skogsbruk.

4.5 Slutsats

Enligt den här pilotstudien åt Holmen skog, region Nord, kom vi fram till att det fanns en avvikelse från 50 mm i toppkapets diameter i trädslagen tall, gran och löv. Resultat från virkesvärde visade att avvikelsen orsakade volymförluster. Studien visade att en strävan mot en mindre toppkapsdiameter skulle kunna leda till bättre råvaruutnyttjande. Det konstaterades att en ökad medelstamsvolym gav upphov till en större toppkapsdiameter vilket skulle kunna förklara varför toppkapsdiametern är större i slutavverkning jämfört med gallring. Att det varierar beroende på medelstamsvolym skulle kunna förklaras med hur trädens avsmalning och form ändras över tiden. Samma anledning kan förklara skillnaden mellan trädslagen tall, gran och löv.

Resultatet visade att toppkapsdiametern varierar mellan olika maskinlag samt förare. Att det varierar mellan förare beror antagligen på briser i kommunikation och kunskap. Studien bevisar att det är möjligt att minska toppkapsdiametern. Avslutningsvis vill vi upplysa att det förmodligen finns fler faktorer som påverkar topkapsdiametern som i inte belysts i den här studien och resultatet bör därför inte generaliseras. Belysta problemområden bör studeras i större omfattning för att få större förståelse.

5. REFERENSER

Abdullah E., Hasan S., Mehmet P. (2015). How stem defects affect the capability of optimum bucking method? *Journal of the faculty of forestry Istanbul university*, Vol. 65(2), s. 38-45.

Arlinger, J. (2012). *StanForD 2010 – modern kommunikation med skogsmaskiner*. tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/f6ab99f3707a4670baeb987798c6e0b6/stanford-2010-svensk.pdf>. [2018-03-06.]

Arlinger, J., Möller, J. (2007). Virkesvärdetest 2006 – skordardatorer. *Resultat från Skogforsk* nr. 6 2007. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/.../resultat6-07-lowres.pdf>. [2018-03-06]

Edgren, V., Nylinder, P. (1949). *Funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark för tall och gran i norra och södra*. Band 38:7. Stockholm: Statens skogsforskningsinstitut.

Engdahl Wevel, R., (2012). *Talltimmeraptering - påverkande faktorer*. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogshushållning (Kandidatuppsats 2012:20) tillgänglig: https://stud.epsilon.slu.se/4948/1/Engdahl_Wevel_R_121011.pdf [2018-02-21]

Fulvio F., Kroon A., Bergström D., Nordfjell T. (2014). Comparison of the cost and energy efficiencies of present and future biomass supply systems for young dense forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, Vol. 26(4) 339-349

Gustavsson, J., Sandström, O. (1991). *Aptering; Handbok. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten*. S. 5-6

Gustavsson, L. (1978). *Kortvirkesmetoden, planläggning, huggning, skotning*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stockholm.

Holappa Jonsson, S., Hägglund, J. (2016). *Skördarföräres och den skogliga variationens betydelse för sortimentsutbyte, längdfördelning och framtida utbytesprognoser*. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogens ekologi och skötsel. (kandidatuppsats 2016:19) Tillgänglig: https://stud.epsilon.slu.se/9952/1/holappa_jonsson_s_hagglund_j_161222.pdf. [2018-02-21]

Holmen Skog AB, region nord. (2015). *Prislista – timmer och massaved*. Tillgänglig: https://www.holmen.com/globalassets/holmen-documents/skog/prislistor/prislista_holmen_vasterbotten_angermanland_151104.pdf. [2019-03-06]

Johansson, S. (2014). Ett steg mot betydligt bättre aptering. *Vison 2, forskning för framtidens skogsbruk*. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/.../ny-mjukvara.pdf>

Johansson U., Ekö PM., Elfving B., Johansson T., Nilsson U. (2013). Nya höjdtvecklingskurvor för bonitering. *Fakta skog*. Vol.14. tillgänglig: http://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog13/faktaskog_14_2013.pdf

Labelle, E.R., Bergen, M., Windisch J. (2017). The effect of quality bucking and automatic bucking on harvesting productivity and product recovery in a pine-dominated stand. *European Journal of Forest Research*, Vol. 136 (4), s. 639 -652.

Tillgänglig: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-017-1061-4#Sec9> [2018-04-08]

Lundqvist, L., Lindroos, O., Hallsby, G., Fries, C. (2014). *Slutavverkning*. Skogsskötselserien nr 20, Skogsstyrelsen. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-20-slutavverkning.pdf>. [2018-03-06]

Nordström, M., Hemmingsson, J. (2015). *Håll måttet! En handledning från Skogforsk*.

Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/fe35204c9eee4e5eaae141f6903eb00c/hall-mattet-low.pdf>. [2018-03-06]

Räisänen T., Nurmi J. (2014). Impacts of bucking and delimiting alternatives on pulpwood and energy wood yields in young thinning stands in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, Vol. 29(3) 242-251.

SDC. (2017). *Nationella instruktioner för virkesmätning, Kvalitetsbestämning av massaved*.

Tillgänglig: <http://www.sdc.se/default.asp?id=3384>. [2018-03-06]

Skogforsk (2017). *Minska de manuella kapen – öka värdet*.

Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2017/oka-virkesvardet-med-mindre-manuella-kap/> [2018-04-18]

Skogsbrukets Datacentral (2016). *Om SDC*. Tillgänglig: <http://www.sdc.se/default.asp?id=1019> [2018-03-14]

Tahvanainen T., Forss E. (2008). Individual tree models for the crown biomass distribution of Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. *Forest Ecology and Management*, Vol. 255(3), s. 455-467.

Virkesmätningföreningen qubera (2018). *Virkesordrar*. Tillgänglig:

<http://www.vmfqbera.se/default.asp?id=5054&ptid>

Von Essen, I., Möller, J. (1997). *Fördelningsapatering på mindre trakter*. Arbetsrapport, Skogforsk Nr. 371.

Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/0e57b79dfbb944ddb08dc6dfac394af7/arbetsrapport-371-1997.pdf>. [2018-03-06]

Wilhelmsson, L. (2000). Skördaren - Nyckeln till att beskriva och utnyttja råvarans varierande egenskaper effektivt. *Skogforsk arbetsrapport*. S. 45. Uppsala.

Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/2f6dcf2f25d74c94b311ecd44da0a8b5/arbetsrapport-465-2000.pdf>. [2018-03-06]