



# **Effekten av aggregattyp och skördad medelstamvolym på skördarens produktivitet och ekonomi i slutavverkning**

*The effect of head-type and stem size harvested on the harvester's  
productivity and economy in final fellings*

**Jonas Olovsson**

**Arbetsrapport 15 2014  
Examensarbete 30hp A2E  
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:  
Dan Bergström**

---

Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för Skogens biomaterial och teknologi  
S-901 83 UMEÅ

[www.slu.se/sbt](http://www.slu.se/sbt)

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi



# **Effekten av aggregattyp och skördad medelstamvolym på skördarens produktivitet och ekonomi i slutavverkning**

*The effect of head-type and stem size harvested on the harvester's  
productivity and economy in final fellings*

**Jonas Olovsson**

Nyckelord: Skördaraggregat, engreppsskördare, avverkningstyp, effektivitet, entreprenör, typbestånd

Arbetsrapport 15 2014

Jägmästarprogrammet

EX0772, A2E, Examensarbete vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Handledare: Dan Bergström, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Examinator: Ola Lindroos, SLU, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

---

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2014

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

## **Förord**

Detta examensarbete har utförts vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå och omfattar 30 högskolepoäng. Uppdragsgivare var Norrskog.

Jag vill framförallt tacka min handledare Dan Bergström som alltid har tagit sig tid och kommit med goda råd under arbetets gång.

Tack till min externa handledare Björn Skogh på Norrskog och till Andreas Grelsson, Norrskog som har bistått med hjälp med fältförsöket. Samt ett stort tack till andra anställda på Norrskog som hjälp till på ett eller annat vis.

Tack Roger och Tomas Eriksson, Eriksson Skog, som ägde skördaren.

Tack Roger Larsson som körde skördaren under tidsstudien.

Tack Anders Muszta för hjälp med statistiska analyser.

Sen vill jag tacka alla andra som hjälp till under arbetet på olika sätt.

## Sammanfattning

Produktiviteten i slutavverkning har sedan 1960-talet fram till 2009 ökat konstant. Denna trend har dock avstannat på en produktivitetsnivå på 25 m<sup>3</sup>sk/timme. Det finns aggregat som är framtagna för skörd i antingen klen eller grov gallring eller för slutavverkning, det vill säga för olika stor medelstamsvolym. Att tillverka ett aggregat som uppnår högsta möjliga effektivitet i alla beståndsförhållanden vore önskvärt, men är inte realistiskt.

Huvudsyftet med studien var att mäta effekten av att använda två olika skördaraggregat, ett litet respektive ett större aggregat, och skördad medelstamsvolym på skördarens produktivitet i slutavverkning. Produktiviteten har sedan använts för att beräkna det ekonomiska resultatet på årsbasis för en entreprenör som investerar i två aggregat och jämföra detta med en entreprenör som använder ett aggregat vid olika sammansättning av avverkningstyper (slutavverkning och gallring) över året.

Skördaren som användes i studien var en Komatsu 911.5, årsmodell 2013. De två aggregaten som studerades var av märket Komatsu modell 340 och 360.2. I försöket ingick tre olika beståndstyper med olika medelstamsvolym (0,17-0,53 m<sup>3</sup>fub) och stamtäthet (619-1153 träd/ha). Inom försökslokalerna skapades totalt 12 parceller, fyra parceller per beståndstyp.

Studien visade att det mindre 340-aggregatet hade en högre produktivitet upp till en stamvolym på 0,20 m<sup>3</sup>fub sedan var 360.2 aggregatet mer effektivt. Antalet avverkade träd per uppställningsplats var signifikant högre med 340-aggregatet än med 360.2-aggregatet.

Den ekonomiska analysen visar att en entreprenör kan sänka sina avverkningskostnader vid innehav av två aggregat.

Nyckelord: Skördaraggregat, engreppsskördare, avverkningstyp, effektivitet, entreprenör, typbestånd.

## Summary

Productivity in final fellings has since the 1960s up until 2009 increased constantly. This trend has however stalled in a productivity level of 25 m<sup>3</sup>sk/hour. There are head-types that are designed to harvest in either first or second thinning or final felling, i.e. adapted for various mean stem volumes. To manufacture a head-type that achieves maximum efficiency in all type of stand conditions is desirable, but not realistic.

The main objective of the study was to measure the effect of using two different head-types, one small and one larger, and harvested stem size on the harvester's productivity in the final felling. The productivity has then been used to calculate the financial results on an annual basis for an entrepreneur who invests in two head-types and for comparing this with an entrepreneur that uses only one at various composition of logging types (final felling and thinning) over the year.

The harvester that was used in the study was a Komatsu 911.5, from year 2013. The two head-types that was used in the study was a Komatsu model 340 and 360.2. The experiment included three different stands with various mean stem sizes (0,17-0,53 m<sup>3</sup>fub) and stem densities (619-1153 trees/ha). The experiment comprised in total 12 plots, with four plots per stands.

The study showed that the smaller 340-head-type had a higher productivity up to a mean stem size volume of 0.20 m<sup>3</sup>fub, after which the 360.2-head-type become more efficient. The number of felled trees per location was significantly higher with the 340-head-type than the 360.2-head-type.

The economic analysis shows that an entrepreneur can reduce the harvesting costs if investing in two head-types.

Keywords: Harvester head, single grip harvester, harvesting type, efficiency, entrepreneur, stands.

# Innehållsförteckning

1. Inledning .....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Norrskog .....	1
1.3 Produktivitet .....	1
1.4 Operativ planering .....	3
1.5 Tidsstudier .....	3
1.7 Syfte .....	4
1.7.1 Frågeställningar .....	4
2. Material och metoder .....	5
2.1 Maskin och aggregat .....	5
2.2 Förare .....	5
2.3 Försökslokaler .....	5
2.4 Datainsamling .....	6
2.5 Tidsstudien .....	7
2.6 Övriga observationer .....	8
2.7 Genomförande av tidsstudien .....	8
2.8 Beräkningar och statistisk analys .....	9
2.8.1 Prestation .....	9
2.8.2 Ekonomi .....	10
2.8.3 Statistik .....	11
3. Resultat .....	13
3.1 Tidsåtgång för olika arbetsmoment utan hänsyn till avverkad medelstamsvolym... 13	13
3.2 Avverkade träd per uppställningsplats .....	13
3.3 Antalet förflyttningar .....	14
3.4 Antal dubbelsågade träd och omtag .....	14
3.5 Produktivitet .....	16
3.6 Aggregatbyte .....	18
3.7 Maskinkostnad .....	18
3.8 Känslighetsanalys .....	18
4. Diskussion .....	20
4.1 Övergripande resultat .....	20
4.2 Jämförelse med andra studier .....	22
4.3 Implementering av resultat .....	23

4.4 Styrkor och svagheter med studien.....	23
4.5 Framtida studier.....	24
4.6 Slutsatser.....	25
Referenser.....	26
Litteraturreferenser.....	26
Muntliga referenser.....	27
Bilagor.....	28
Bilaga 1.....	28
Bilaga 2.....	29
Bilaga 3.....	30
Bilaga 4.....	31
Bilaga 5.....	33
Bilaga 6.....	35
Bilaga 7.....	37
Bilaga 8.....	39



# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Trakthyggesbruket är det dominerande skogsskötselsystemet i Sverige och har dominerat svenskt skogsbruk i över 60 år. Vid trakthyggesbruk hålls skogen enskiktad under hela omloppstiden. Systemet bygger på att en ny jämnhög trädgeneration upprättas under ett antal år efter en slutavverkning. Det börjar med att kalmarken efter slutavverkningen förnygras på något sätt, t.ex. med plantering eller sådd. Under uppväxten av den nya skogen sköts denna med hjälp av röjning och gallring för att till slut slutavverkas igen (Hallsby, 2008). År 2011 slutavverkades ca 192 000 ha och det gallrades ca 392 000 ha skogsmark i Sverige vilket motsvarade en total bruttoavverkning på 84,8 miljoner skogskubikmeter ( $m^3_{sk}$ ) (Skogsstyrelsen, 2013). Av den totala bruttoavverkningsvolymen så kom 55 % av volymen från gran, 31 % från tall och 14 % från löv (Skogsdata, 2012).

Den dominerade tekniken för avverkning i Norden kallas för kortvirkesmetoden. Vid användning av denna metod är det konventionella att man använder sig av två maskiner; en skördare och en skotare. I beståndet fäller, kvistar och apterar skördaren trädstammarna till stockar som sedan skotaren hämtar och fraktar ut till bilväg (Nurminen et al. 2006).

## 1.2 Norrskog

Norrskog är en ekonomisk skogsägarförening med ca 13 000 medlemmar som tillsammans äger ca en miljon hektar skogsmark i Jämtland, Medelpad, Ångermanland och Södra Lappland. Under år 2012 avverkade Norrskog totalt 1 577 000 kubikmeter fast volym under bark ( $m^3_{fub}$ ), av den volymen så kom ca 10 % från gallring, ca 30 % från avverkning av vindfällan och ca 60 % från slutavverkning. Föreningen leds av en styrelse som väljs av ombud för medlemmarna vid en årsstämma. Föreningens grundläggande uppgift är att främja lönsamheten för medlemmarnas skogsbruk. Norrskog är uppdelat i 16 skogsbruksområden (Norrskog, 2013).

Norrskogs dotterbolag NWP (Norrskog Wood Products) äger sågverks- och förädlingsföretag i mellannorrland, vilket skapar förutsättningar för en långsiktig avsättning av sågtimmer till rimliga priser. NWP har tre sågverk och två hyvlerier. Sågverken är lokaliserade i Östavall, Sikås och Hissmofors. Sågen i Hissmofors har även ett integrerat hyvleri. Det andra hyvleriet finns i Hammerdal. Produktionen i Östavall och Hissmofors består av gran och tall, produktionen i Sikås består enbart av gran. Tillsammans har Norrskog och NWP ca 300 anställda och hade en total nettoomsättning på 1,9 miljarder kronor år 2010 (Norrskog, 2013)

## 1.3 Produktivitet

Skogsföretagen i Sverige strävar hela tiden efter förbättrad produktivitet i skogsbruket. För varje år som går blir det minskade marginaler i lönsamheten p.g.a. ökad konkurrens och stigande priser på skogsråvara för industrierna. En hög effektivitet och sänkta driftkostnader gynnar hela det svenska skogsbruket samt även miljön och landet Sverige (Skogsindustrierna, 2013). Produktiviteten i slutavverkning har sedan 1960-talet fram till 2009 ökat konstant. Denna trend har dock avstannat på en produktivitetsnivå på 25

m<sup>3</sup>sk/timme. För att klara den internationella konkurrensen krävs det en årlig prestationsökning med 2-3 %, men produktiviteten har till och med sjunkit något efter 2010. Detta beror på en avtagande teknikutveckling (Brunberg & Thor, 2006). Totalt sett är det dyrare att avverka skog i norra Sverige, P.g.a. av en överlag klenare medelstamsvolym. I Norra Sverige var drivningskostnaden ca 96 kr/m<sup>3</sup>fub vid slutavverkning år 2009 beräknat på en medelstamsvolym på 0,23 m<sup>3</sup>fub. Av den totala drivningskostnaden stod skördaren för ca 50 procent, skotaren ca 41 procent och övriga omkostnader för ca 9 procent (Brunberg, T. 2009). År 2010 uppgick den totala drivningskostnaden i Sverige till 8,7 miljarder kronor (Skogsstyrelsen 2012).

År 1995 publicerades en produktionsnorm för stora skördare i slutavverkning (Brunberg 1995). Beräkningar från denna illustreras i Tabell 1. Data för normen är insamlad i lätt terräng i mellersta och norra Norrland.

**Tabell 1.** Grundprestation för stora skördare i slutavverkning enl. Brunberg (1995)  
*Table 1. Basic performance for large harvesters in final felling acc. Brunberg (1995)*

Prestationsvariabel	Skördad medelstamsvolym, m <sup>3</sup> fub**								
	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	
Träd/G <sub>15</sub> -tim*	92	82	73	66	60	55	51	48	
m <sup>3</sup> fub/G <sub>15</sub> -tim	18,5	24,5	29,2	33,0	36,1	38,8	41,0	43,0	

\*G<sub>15</sub>-tim = Grundtid som innehåller avbrott kortare än 15 minuter, \*\*m<sup>3</sup>fub = Fast volym under bark.

Enligt Brunberg (1995) så styr följande faktorer produktiviteten för engreppsskördare i slutavverkning:

- Medelstamsvolym
- Antal uttagna stammar/ha
- Dubbelsågade träd = träd som kräver mer än ett kapsnitt vid fällningen.
- Träd med ansättningshinder = träd som kräver extra tid vid positionering av aggregatet, kan t.ex. vara lågt sittande grenar som kräver viss förkvistning.
- Svåra träd = träd som ökar tidsåtgången påtagligt vid aptering kan t.ex. vara besvärliga kvistar, krökar eller klykor.

Brunbergs (2010) rapport som behandlar produktivitet i slutavverkning visade att medelskördarens produktivitet i slutavverkning norra Sverige åren 2008 och 2009 var 20,7 m<sup>3</sup>fub/G<sub>15</sub>-tim vid en medelstamsvolym på 0,21 m<sup>3</sup>fub. Den största enskilda faktor som påverkar produktiviteten för skördare vid avverkning är medelstamsvolymen (Nordfjell et al. 2010, Nurminen et al. 2006). En ökad medelstamsvolym ökar produktiviteten för skördare både i gallring och slutavverkning (Sirén & Aaltio, 2003).

Vestlings (2012) studie indikerar att vid ett byte av ett skördaraggregat med ca tre års drifttid till ett nytt aggregat så minskar driftkostnaderna och den tekniska utnyttjandegraden ökar som ett resultat av att ett nytt aggregat kräver mindre reparationer och underhåll.

Användandet av flerträdshanterande aggregat kan ge en ökad produktivitet jämfört med den vanliga enträdshanteringen. Den ökade produktivitet och kostnadsbesparingar fås genom att tiden för upparbetning och kranrörelser reduceras genom att hantera fler träd åt

gången (Brunberg, 1989). Flerträdshantering i gallring kan höja produktiviteten betydligt, den största potentialen finns i bestånd med låg medelstamsvolym (0,02-0,05) och högt antal uttagna stammar per hektar. Om bara ett sortiment avverkas blir potentialen ännu större jämfört med den vanliga enträdshanteringen (Brunberg, 2013). I slutavverkning har flerträdshantering störst potential i slutavverkningar där stamtäthet är hög och medelstamsvolymen är liten (Johansson, 2012)

### ***1.4 Operativ planering***

Vid arbetet med att planera aktuella avverkningar måste man ta ställning till vilka avverknings - eller maskinlag som ska tilldelas olika avverkningstrakter. Ibland uppstår frågan om rätt sammansättning av maskinlag och maskiner är kontrakterade. Skördarna kan ha olika kostnader och prestation vid olika typer av trakter beroende bland annat på avverkningsform och medelstamsvolym. Vid kontraktering bör man ta hänsyn till hur traktbanken totalt sett varit utformad. Det är inte självklart vilka kombinationer av maskintyper och trakter som ger de lägsta avverkningskostnaderna (Skutin et al. 2006).

I klena bestånd som har en medelstamsvolym under 0,15 m<sup>3</sup>fub har små- och medelstora skördare en lägre avverkningskostnad än en stor skördare. Gränsen för val av en liten eller en medelstor skördare brukar vara vid en medelstamsvolym på 0,09 m<sup>3</sup>fub (Brunberg, 2010). En annan aspekt som skall påverka valet av skördare är beståndets kvistighet (utseende), är beståndet fin- och gleskvistigt ökar de mindre skördartyperna sin produktivitet jämfört med de större och de blir mer konkurrenskraftiga även vid grövre dimensioner. I bestånd som är grov- och tätkvistigt gäller det motsatta. Både beståndets medelstamsvolym och utseende skall alltså bestämma valet av skördarstorlek (Skogforsk 2014).

### ***1.5 Tidsstudier***

Enligt Bergstrand (1987) så syftar jämförande studier till att jämföra prestationen under likartade förhållanden mellan minst två olika utrustningar. Prestation räknas fram i producerad mängd per tidsenhet och kan t.ex. vara kubikmeter per timme (m<sup>3</sup>/timme). Störande faktorer som kan vara svåra att få kontroll på under en jämförande studie kan till exempel vara: väder, maskinförarens skicklighet och motivation, heterogena bestånd, mm. Sådana ovidkommande störandefaktorer kallas för ”brus”. För att kunna skapa så likartade villkor som möjligt, trots att det kommer att finnas ovidkommande störande moment (brus), brukar man använda sig av tre strategier, nämligen;

- **Konstanthållning**, innebär att man under hela studien försöker att hålla samtliga ovidkommande faktorer konstanta. Strategin bakom en bra studie är att leta upp homogena bestånd, utnyttja samma förare, utföra studien under en begränsad tid så t.ex. inte vädret hinner ändras.
- **Upprepning**, innebär att man under studien försöker göra ett flertal observationer vilka man kan beräkna medelvärdet av. Medelvärdesberäkningen leder till att bruset kan utjämnas.
- **Mätning och normera**, syftar till att avvikelser tas med i analysen. Det innebär att innan studien börjar mäter man in t.ex. diametrarna på alla träd så man i efterhand kan normera jämförelserna för att avse en viss medeldiameter (Bergstrand 1987).

Andra studier pekar på att produktiviteten är högre vid en tidsstudie än vad den är i vanliga fall (dagliga arbetet) (Nurminen et al. 2006).

Det finns aggregat som är framtagna för skörd i antingen klen eller grov avverkning, d.v.s. för olika stor medelstamsvolym. Att tillverka ett aggregat som uppnår högsta möjliga effektivitet i alla beståndsförhållanden vore önskvärt, men är inte realistiskt. Därför har aggregattillverkare valt att tillverka aggregat som är avsedd för olika typer av medelstamsvolym (Anon. 2013b, Anon. 2013c).

Sett till de ovan nämnda studierna så vet man idag mycket om de faktorer som påverkar produktiviteten i slutavverkning. Det finns däremot ingen jämförande studie som är utförd för att identifiera olika aggregats produktivitet för olika skördade medelstamsvolym. Det finns inte heller någon studie som identifierar om och under vilka förhållanden (t.ex. sammansättning på avverkningstyper över året) det är ekonomisk försvarbart att inneha två aggregat på en skördare istället för det konventionella, dvs. att ha ett aggregat.

## ***1.7 Syfte***

Syftet med denna studie var att: 1) mäta effekten av att använda två olika skördaraggregat, ett litet respektive ett större aggregat, och skördad medelstamsvolym på skördarens produktivitet i slutavverkning; 2) Beräkna det ekonomiska resultatet på årsbasis för en entreprenör som investerar i två aggregat och jämföra detta med en entreprenör som använder ett aggregat vid olika sammansättning av avverkningstyper (slutavverkning och gallring) över året.

Målet är att ta fram ett underlag som visar under vilka förhållanden som det lämpar sig att investera i ett respektive två aggregat. Studien avgränsades till att omfatta Norrskogs verksamhetsområde, det vill säga Södra Norrland.

### **1.7.1 Frågeställningar**

- Vid vilken medelstamsvolym uppvisar aggregaten lika produktivitet?
- Vilket/vilka arbetsmoment skiljer sig mest mellan aggregaten beroende på medelstamsvolym?
- Påverkar aggregatstorleken antalet träd som är möjliga att avverka per uppställningsplats?
- Påverkar aggregatstorleken antal maskinförflyttningar i beståndet för skördaren?
- Hur ofta, och vid vilken brösthöjdsdiameter måste aggregaten 1) dubbelsåga och 2) göra omtag?
- Hur lång tid tar det att skifta aggregat?

## 2. Material och metoder

### 2.1 Maskin och aggregat

Skördaren som användes i studien var en Komatsu 911.5, årsmodell 2013. Den var utrustad med en motor av modell 74-AWI med en bruttoeffekt på 170 kW (228 hk) vid 1700 varv per minut (r/min). Motorn gav ett vridmoment på 1000 Nm vid 1500 r/min.

Kraftöverföringen var hydrostatisk-mekanisk med en dragkraft på 162 kN. Maskinen hade en maximal teoretisk körhastighet på 25 km/timme. Den hydrauliska midjestyrningen hade ett maximalt styrtlslag på 40°. Maskinbredden var ca 2900 mm. Maskinen var utrustad med en Cranab CR18DT skördarkran som har en räckvidd på 11 meter (Anon, 2013a).

De två aggregaten som studerades var av märket Komatsu modell 340 och 360.2. Det mindre 340-aggregatet var av årsmodell 2013 (Tabell 2). Det större 360.2-aggregatet var av årsmodell 2008 och hade en drifttid på ca 9000 timmar. Räckvidden var ca 1 meter kortare med 360.2-aggregatet; på grund av dess vikt så låser man det sista utskjutet, således blir kranen ca 10 meter med 360.2-aggregatet (Eriksson, 2013, pers. komm).

**Tabell 2.** Teknisk data för aggregaten (Anon. 2013b, Anon. 2013c)

**Table 2.** Technical data for the head-types (Anon. 2013b, Anon. 2013c)

Teknisk data	Modell	
	340	360.2
Vikt, (kg)	760	1 245
Matningshastighet (m/s):	0-5	0-5
Matningskraft brutto (kN):	18	26-28,4
Antal kvistknivar (st):	5	4
Kvistningsdiameter, spets mot spets (mm):	350	500
Kapsvärdslängd (cm):	64	75
Kapmotorkapacitet (cm <sup>3</sup> /varv):	19	19
Fälldiameter, teor. max (mm):	530	650
Erforderlig max hydraulflöde (l/min):	220	310
Erforderlig max hydraultryck (MPa):	25	25
Möjligt arbetsområde DBH* (mm):	40-350	50-450
Rekommenderat arbetsområde DBH* (mm):	100-250	175-425

\*DBH = Diameter i brösthöjd.

### 2.2 Förare

Skördarföraren hade ca 13 år erfarenhet som maskinförare och av dem hade han kört ca 11 år som skördarförare och två år som skotarförare. Maskinen som studerades i studien hade han kört ca 1600 timmar, varav han hade kört ca 900 timmar med 360.2-aggregatet och ca 700 timmar med 340-aggregatet.

### 2.3 Försökslokaler

Lokalerna var belägna i Norrskogs sydöstra del i Källåsen, 15 kilometer söder om Sundsvall i Västernorrlands län. Lokalerna var belägna intill varandra och ägdes av två olika markägare. I försöket ingick tre olika beståndstyper med olika medelstamsvolym och

stamtäthet. Inom försökslokalerna skapades totalt 12 parceller, fyra parceller per beståndstyp. Parcellerna hade en storlek av 40x40 meter. I Figur 1 illustreras parcellernas ungefärliga position.



**Figur 1.** Siffror 1-12 anger parcellernas placering i försökslokalerna.

*Figure 1.* The numbers 1-12 indicates the study unit's placements in the experimental premises.

## 2.4 Datainsamling

Datansamlingen påbörjades den 30 september 2013 och avslutades den 5 november 2013. Efter att de olika beståndstyperna var identifierade och parcellerna utmarkerade så mättes samtliga parcellers yta in med hjälp av GPS, kompass och trådmätare. I varje parcell numrerades och diametermättes samtliga träd. Varje träd registrerades trädslagsvis. Inom varje beståndstyp parades parcellerna ihop två och två, för att under så likvärdiga villkor kunna jämföra aggregaten.

Varje parcellpar bestod av två parceller som var så lika varandra som möjligt med avseende på medelstamsvolym, grundytan, stamantal och totalvolym (Tabell 3). Vid indelningen spelade även grundytan, ytstrukturen och lutningen roll. Grundytan, ytstrukturen och lutningen bedömdes enligt terrängtypschema för skogsarbete (Berg, 1982). Samtliga parceller underväxtröjdes innan avverkning.

Parcellpar 5 och 6 var gallrade innan slutavverkning, övriga parcellpar var inte gallrade innan slutavverkning, därav den relativt låga volymen trots en stor medeldiameter. Det fanns små skillnader vad gäller grundytan, ytstrukturen samt lutningen men det var inte några stora variationer och bedömdes inte göra nämnvärd skillnad för skördarens

produktivitet. Lottning avgjorde vilket aggregat som avverkade vilken parcell i respektive parcellpar. 340-aggregatet och 360.2-aggregatet tilldelades sex parceller vardera (Tabell 3).

**Tabell 3.** Parcellernas parindelning och egenskaper innan slutavverkning  
*Table 3. The treatment unit pair division and characteristics before final felling*

Parcellpar (Beståndstyp)	Parcell	Aggregat	Antal träd (n/ha)	Medelstams- volym (m <sup>3</sup> fub)	Grundtyevägd medelhöjd (dm)	Grundtyevägd medeldiameter (mm DBH)	Volym (m <sup>3</sup> fub/ha)	Grundyta, Ytstruktur, Lutning
1 (1)	1	340	838	0,54	225	324	452	2,2,2
1 (1)	2	360.2	706	0,52	229	319	364	2,2,2
2 (1)	3	340	1263	0,24	193	232	294	2,2,2
2 (1)	4	360.2	1044	0,24	195	236	253	2,2,2
3 (2)	5	360.2	963	0,15	165	201	149	2,3,1
3 (2)	7	340	1138	0,18	171	214	202	2,3,2
4 (2)	6	340	925	0,18	173	224	169	2,3,2
4 (2)	8	360.2	1094	0,16	167	205	170	2,3,2
5 (3)	9	340	675	0,31	178	262	210	2,2,2
5 (3)	11	360.2	625	0,31	194	260	195	2,2,2
6 (3)	10	360.2	531	0,46	201	301	244	2,2,2
6 (3)	12	340	706	0,35	192	274	244	2,2,2

\*DBH=Diameter på bark i brösthöjd.

Förutom att samtliga träd diametermättes och numrerades så höjdmättes ett stickprov av träden. För att utse provträden så delades träden in i klasser om 2,5 cm. Varje träd av trädslaget tall eller gran som låg närmast den undre klassgränsen blev ett så kallat provträd där även höjden mättes. De höjdmätta träden användes sedan för att kunna göra en volymkattning av samtliga träd. Till detta användes Brandels mindre volymfunktioner med DBH och trädhöjd som oberoende variabler. Volymfunktionerna som användes var av funktionsgrupp (300) och var avsedd för tall och gran norr om 60e breddgraden (Brandel, 1990). Volymfunktionerna är uträknade för varje beståndstyp, så för varje beståndstyp har det skapats en volymfunktion ( $\ln(v) = b_0 + b_1 \times \ln(d)$ ) för respektive trädslag där  $v$  = volymen (m<sup>3</sup>fub),  $b_0$  och  $b_1$  = konstanter och  $d$  = DBH. Då samtliga parceller nästan helt dominerades av gran och tall så har volymen för de enstaka lövträd och torra träd som fanns beräknats med hjälp av den sekundära volymfunktionen från tall. Trädens volymer har beräknats i m<sup>3</sup>fub.

## 2.5 Tidsstudien

Arbetsmomentindelning gjordes enligt Johansson (2007) studie (Tabell 4). Om momenten överlappade varandra så registrerades det moment som hade högst prioritet. Tidsstudien genomfördes i fält med hjälp av en *Allegro mx* tidsstudiedator med programvaran *SDI*.

**Tabell 4.** Arbetsmomentindelning, beskrivning och prioritet**Table 4.** Work elements, definition and priority

Arbetsmoment	Beskrivning	Prioritet
Uppbearbetning	Positionering, fällning och upparbetning. Började när skördaraggregatet greppade stammen och slutade då sista biten lämnade aggregatet.	1
Framåtkörning	Började då hjulen rörde sig framåt och slutade då hjulen åter stod stilla.	2
Bakåtkörning	Började då hjulen rörde sig bakåt och slutade då hjulen åter stod stilla.	2
Kran ut	Började då kranen fördes ut mot stammen och slutade då skördaraggregatet greppade stammen	3
Kran in	Började då kranen fördes in utan gagnvirke i aggregatet och slutade då något annat moment började	3
Väntan	Tid då varken kran eller hjul rörde sig eller uppbearbetning skedde.	3
Övrigt	Ej något av ovanstående, men ingående i det faktiska arbetet, t.ex. risrensning, omflyttning av virke, röjning eller kedjebyte.	3
Störning	Ej hänfört till arbetet, t ex telefonsamtal, kedjebrott eller slangbrott. Detta räknades ej in i verktiden*.	3

Verktid\* = Effektiv arbetstid.

Vid varje ny uppbearbetning registrerades numret på det avverkade trädet. Tidsstudierna mättes i centiminuter ( $c_{min}$  = decimaltid) vilket innebär att varje minut är indelad i 100 enheter, vilket är detsamma som en hundraedels minut. För att omvandla  $c_{min}$  till sekunder används formeln: ( $s = \frac{c_{min}}{100} \times 60$ ).

## 2.6 Övriga observationer

Utöver tidmätning för de olika arbetsmomenten så registrerades antal:

- Dubbelsågade träd.
- Omtag, d.v.s. när aggregatet fick börja om med apteringen eller kvistningen av trädet. Detta ökade tidsåtgången påtagligt vid apteringen och kunde t.ex. vara för stora träd i enlighet med vad aggregatet klarade av eller att det fanns besvärliga kvistar, krökar eller klykor.

## 2.7 Genomförande av tidsstudien

Tidsstudien genomfördes dagtid i fält den 28, 29 och den 30:e oktober samt den 4 och 5:e november. Det var uppehåll och solsken alla dagar utom den 5 oktober då det var duggregn. Föraren fick i uppgift att avverka parcellerna med samma metod och med två skördarslag. Ett skördarslag är den bredd skördaren hugger sig genom beståndet. Föraren valde att avverka GROT-anpassat vilket innebär att föraren fällde virket framåt för att kunna placera virke och ris parallellt med körstråket. Virket och GROT lades sedan i olika högar.

Med det mindre 340-aggregatet kunde hela parcellens bredd avverkas, men med det stora 360.2-aggregat blev det alltid en sträng som blev oavverkad. Strängens bredd varierade en del, men var oftast ca 5 meter bred. I parcell 1-1 som avverkades med 340-aggregatet var föraren tvungen att lämna fyra stycken träd då dessa ansågs vara för stora för att kunna hanteras. De träden hade en diameter från 447 till 515 mm i DBH. På grund av detta förändrades antalet avverkade stammar, grundtyvägd medeldiameter och medelstamsvolymen något (Tabell 5).



**Tabell 5.** Parcellparens avverkade egenskaper och skillnader  
**Table 5.** The treatment units harvested characteristics and differences

Parcellpar	Antal träd (n/ha)			Medelstams- volym (m <sup>3</sup> fub)			Grundtyvägd medeldiameter (mm DBH)			Volym (m <sup>3</sup> fub/ha)		
	340	360.2	Diff	340	360.2	Diff	340	360.2	Diff	340	360.2	Diff
1	813	650	162	0,49	0,53	-0,04	307	324	-17	400	346	54
2	1044	1171	-127	0,24	0,23	0,01	236	232	4	253	267	-14
3	1131	879	253	0,19	0,15	0,04	215	200	15	212	132	81
4	925	1086	-161	0,18	0,15	0,03	224	203	20	169	165	4
5	675	650	25	0,31	0,31	0,00	262	261	0	210	204	6
6	706	493	213	0,35	0,45	-0,11	274	297	-24	244	223	21
Medelvärde	882	821	61	0,29	0,30	-0,01	253	253	0	248	223	25
Standardavvikelse	184	269	177	0,12	0,16	0,06	35	51	17	80	76	36

## 2.8 Beräkningar och statistisk analys

### 2.8.1 Prestation

Tidsåtgången för arbetsmomenten analyserades som genomsnittlig tidsåtgång per producerad kubikmeter (min/m<sup>3</sup>fub) parcellvis för aggregaten. Detta beräknades som den totala tidsåtgången per parcell fördelat på den totala avverkade volymen per parcell. För arbetsmomenten har även den procentuella fördelningen av varje moment beräknats i form av tidsåtgång per moment dividerat med total tidsåtgång utslaget för alla parceller.

Vid beräkning av avverkade träd per uppställningsplats så beräknades antalet avverkade träd inom parcellen dividerat med antalet flyttningar inom parcellen, dvs. framåtkörning och bakåtkörning uppräknat till antal uppställningsplatser per hektar (n/ha).

Antalet förflyttningar beräknades i form antal förflyttningar per parcell uppräknat till antal förflyttningar per hektar (n/ha)

Antal dubbelsågade träd räknades och redovisas enskilt. Antalet omtag beräknades i form av antal omtag dividerat på antalet avverkade träd per parcell uppräknat till antal omtag per hektar (n/ha). Vid beräkning av omtagsfrekvensen beräknades antal träd inom varje diameterklass som det behövde göras omtag på dividerat med det totala antalet träd i den diameterklassen (20 mm klasser) för samtliga parceller.

Medelstamsvolymproduktiviteten (m<sup>3</sup>fub/G<sub>0</sub>-timme) har beräknats i form av den totala avverkade volymen per parcell dividerat med tidsåtgången per parcell. Stamvolymproduktiviteten (m<sup>3</sup>fub/G<sub>0</sub>-timme) har beräknats i form av tidsåtgång per träd för samtliga parceller för varje aggregat. Tidsåtgången beräknades för varje enskilt träd där uppbearbetningstiden samt krantiden var kopplat till ett specifikt träd (stamvolym) sedan har den övriga tiden lagts till som en procentsats för varje träd per parcell.

År 1997 publicerades en produktionsnorm för engreppsskördare i gallring, och enligt den var en skördares grundproduktivitet i gallring  $16,4 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_{15}\text{tim}$  vid en medelstamsvolym på  $0,20 \text{ m}^3\text{fub}$ . Data för normen är insamlad i lätt terräng (Brunberg 1997). Enligt Brunbergs (1995) produktionsnorm var grundproduktiviteten för stora skördare i slutavverkning  $18,5 \text{ m}^3\text{fub}/\text{G}_{15}\text{tim}$  vid en medelstamsvolym på  $0,20 \text{ m}^3\text{fub}$ . Skillnaden i produktivitet mellan gallring och slutavverkning i Brunbergs produktionsnormer är 11,4 % vid en medelstamsvolym på  $0,20 \text{ m}^3\text{fub}$ . För beräkning av produktiviteten i gallring ( $\text{m}^3\text{fub}/\text{G}_0\text{-timme}$ ) gjordes antagandet att samma förhållande mellan produktiviteten i slutavverkning och gallring gällde de produktivetsfunktioner i slutavverkning som tagits fram i denna studie, oavsett stamvolym. Eftersom 360.2-aggregatet både är större och tyngre gjordes även antagandet att det hade en lägre produktivitet (10 procentenheter) i gallring jämfört med 340-aggregatet. I gallring antogs alltså 360.2-aggregatet ha en produktivitet som var 21,4 % lägre än vad studien funktioner anger för slutavverkning. För 340-aggregatet antogs gallringsproduktiviteten vara 11,4 % lägre än studiens funktioner för slutavverkning.

### 2.8.2 Ekonomi

Investeringsbeloppen för skördaren och aggregaten lämnades av företaget Komatsu Forest AB i Umeå (Johansson, 2013, pers. komm). Kostnaden för aggregatbytet baserades på ersättningen som entreprenören får vid ett aggregatbyte och lämnades av Norrskog i Ånge (Grelsson, 2013, pers. komm). För beräkning av totalkostnaden för skördaren med ett respektive två aggregat (Tabell 6) användes uppgifter från Bergkvist (2010) studie. Maskinkostnaden är beräknad exklusive flyttkostnader och vinstmarginal.

**Tabell 6.** Ingångsvärden för kostnadsuppskattningar för skördare och aggregat  
*Table 6. The input values for the assumption of cost for harvester and head-types*

Variabler	Komatsu 911.5 med 360.2-aggregat	Komatsu 911.5 med 340 & 360.2 (beg*)-aggregat
Investeringsbelopp (kr)	3 750 000	3 830 000
Restvärde (%)	15	15
Kalkylränta (%)	7	7
Ekonomisk livslängd (år)	4	4
Kostnad förare (ink social avgifter, OB och övertid) (kr/tim)	300	300
Driftkostnader (kr/tim)	350	350
Aggregatbyte (kr/byte)	-	5000
TU** skördare (%)	85	85

\* Beg = Begagnat aggregat på 9 000 timmar kostar ca 80 000 kronor beroende på kvalitet.

\*\*TU = Teknisk utnyttjandegrad

För att kunna beräkna totalkostnaden användes även en del av formlerna ur Nordfjells (2006) kalkylmodell för skogsmaskiner (Bilaga 1).

Maskinkostnadskalkylen baserades på ett avverkningslags historiska avverkningar under perioden 2012-07-01 – 2013-07-01 (Bilaga 4). Maskinslaget körde dubbelskift, d.v.s. det var två förare på samma skördare och de körde 8 timmar var dagligen (Ljungdahl, 2013, pers, komm). Avverkningstrakterna är indelade i tre kategorier: slutavverkning, gallring och övrig avverkning. Övrig avverkning kan innehålla avverkning av frötrådsställningar, vindfällan, väglinjer och andra special avverkningar. Enligt (Ljungdahl, 2013, pers, komm) tar en övrig avverkning ca 20 % längre tid, men det är mycket beroende på vad det är för avverkning. Vid samtliga övriga avverkningar har schablonavdrag på 20 % av produktiviteten gjorts på samtliga av dessa poster.

Kostnadskalkylen baserades på ingångsvärdena som återfinns i Tabell 6, maskinkostnadskalkylen som återfinns i Bilaga 1 och uppgifterna om de historiska avverkningarna som återfinns under Bilaga 4. Produktiviteten i slutavverkning har beräknats med medelstamsproduktivitetsfunktionerna. Produktiviteten för gallring har beräknats produktivitetsfunktionerna för gallring. I analysen har produktiviteten beräknats i  $G_0$ -tim, men i kostnadskalkylen togs hänsyn till störningar och mindre avbrott och produktiviteten beräknades istället i  $G_{15}$ -tim (effektiv arbetstid inkl. avbrott  $\leq 15$  min). Omvandlingstalet som användes var 0,92  $G_0$ -tim/ $G_{15}$ -tim (Brunberg, 2013, pers. komm).

Produktiviteten är beräknad för båda aggregaten per avverkningstrakt. Sedan har tiden per trakt beräknas utifrån produktiviteten och avverkningsvolymen för den trakten med avseende på om skördaren har ett eller två aggregat (Bilaga 4). Vid innehav av två aggregat har alltid det aggregatet med högst produktivitet valts vid beräkningar.

Vid utförandet av känslighetsanalyserna användes samma tillvägagångssätt som i kostnadskalkylen. Analysen utgick från avverkningslagets historiska avverkningar (Bilaga 4). I känslighetsanalysen beräknades kostnaderna och de ekonomiska utfallen för fyra olika scenarier. För att analysen skulle vara jämförbar med avverkningslagets årsavverkning beräknades samma totaltid för 360.2-aggregatet som i maskinkostnadskalkylen (Tabell 11), d.v.s. 2 159 timmar/år. För att beräkna samma totaltid för 360.2-aggregatet så var alltid en eller flera variabler tvungna att minskas/ökas om någon annan ökades/minskades.

Som exempel, i scenario 1 ökades slutavverkningsvolymen för varje slutavverkningstrakt med 50 % och samtidigt minskades samtliga gallringsvolymen för varje gallringstrakt med 19,6 %, detta för att totaltiden för 360.2-aggregatet skulle vara densamma som i maskinkostnadskalkylen (Bilaga 5). I scenario 2 minskades slutavverkningsvolymen för varje slutavverkningstrakt med 50 % samtidigt ökades samtliga gallringsvolymen för varje gallringstrakt med 19,5 % (Bilaga 6). I scenario 3 (Bilaga 7) ökades och i scenario 4 (Bilaga 8) minskade medelstamsvolymen för samtliga avverkningstrakter med 10 %, och samtidigt ökade respektive minskade volymen för samtliga avverkningstrakter med 6,2 respektive 6,4 %.

### 2.8.3 Statistik

All data från tidsstudien har sammanställts i Excel och analyserats med parvisa t-test i Minitab 16. Som gräns för signifikanta skillnader har signifikansnivån 5 % använts. Skillnader mellan aggregaten undersöktes med hjälp av två variansanalyser (ANOVA) genom en *General linear model*. I variansanalysen på parcellnivå sattes aggregattyp som fix faktor och parcellpar som random faktor. Medelstamsvolymen ( $m^3$ fub) användes som ett kovariat, därutöver innehöll modellen olika interaktionseffekter mellan faktorer och

kovariat (Bilaga 2). I variansanalysen för enskilda träd användes aggregattyp som fix faktor och bestånd som random faktor. Stamvolymen ( $m^3$ fub) användes som ett kovariat, därutöver innehöll modellen olika interaktionseffekter mellan faktorer och kovariat (Bilaga 3). Några enstaka outliers identifierades i residualdiagrammen och togs bort manuellt (Bilaga 3). Utifrån variansanalysen konstruerades två funktioner med produktivitet som respons och 1) skördad medelstam per parcell och 2) skördad stamvolym som oberoende variabel.

### 3. Resultat

#### 3.1 Tidsåtgång för olika arbetsmoment utan hänsyn till avverkad medelstamsvolym.

En analys av samtliga parceller, visar att det bara är tiden för arbetsmomentet framåtkörning som är lägre för 340-aggregatet än 360.2-aggregatet. Dock så finns det bara små skillnader mellan arbetsmomenten med avseende på tidsåtgången, det finns ingen signifikant skillnad mellan aggregaten (Tabell 7).

**Tabell 7.** Tidsåtgång per m<sup>3</sup>fub (medelvärde och standardavvikelse (inom parentes)) för skördaren fördelat på arbetsmoment baserat på medelvärden från alla sex parceller och arbetstidens fördelning på arbetsmoment för de två olika aggregaten.

*Table 7. Time consumption per m<sup>3</sup>fub (mean value and standard deviation (in parentheses)) and the distribution of time consumption over the two different head-types for the harvester's different work elements based on all six treatment unit's*

Arbetsmoment	Tidsåtgång per avverkad kubikmeter (min/m <sup>3</sup> fub)				Arbetstidens fördelning (%)	
	Aggregat		Differens	P-värde	Aggregat	
	340	360.2			340	360.2
Uppbearbetning	0,99 (0,17)	0,98 (0,32)	0,01 (0,16)	0,86	62,4	63,6
Framåtkörning	0,12 (0,03)	0,14 (0,05)	-0,02 (0,03)	0,09	7,3	9,3
Bakåtkörning	0,01 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,13	0,4	0,2
Kran ut	0,38 (0,14)	0,36 (0,21)	0,02 (0,09)	0,64	23,1	21,6
Kran in	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	0,98	0,1	0,1
Väntan	0,01 (0,01)	0,00 (0,00)	0,01 (0,01)	0,30	0,5	0,2
Övrig tid	0,09 (0,04)	0,07 (0,02)	0,02 (0,05)	0,37	6,2	5,0
Totaltid	1,60 (0,39)	1,56 (0,60)	0,04 (0,34)	0,77	100	100

#### 3.2 Avverkade träd per uppställningsplats

Antalet avverkade träd per uppställningsplats var signifikant högre med 340-aggregatet än med 360.2-aggregatet (P=0,004) (Tabell 8). I medeltal blev det en skillnad på 1,51 träd per uppställningsplats.

**Tabell 8.** Antal träd (medel) som avverkades per uppställningsplats för respektive parcellpar  
**Table 8.** Number of trees (mean) harvested per machine position for each treatment unit pair

Parcellpar	Avverkade träd per uppställningsplats		Differens
	Aggregat		
	340	360.2	
1	5,19	4,45	0,74
2	8,45	6,38	2,07
3	7,96	6,20	1,76
4	9,38	7,24	2,14
5	4,54	4,14	0,40
6	5,23	3,29	1,94
Medelvärde	6,79	5,28	1,51
Standaravv.	2,04	1,54	0,75

### 3.3 Antalet förflyttningar

Antal förflyttningar var i genomsnitt 19 stycken fler per hektar med 360.2-aggregatet (Tabell 9), skillnaden var dock inte signifikant ( $P=0,177$ ).

**Tabell 9.** Antal förflyttningar (framåtkörning + bakåtkörning) för alla parcellpar.

**Table 9.** Number of machine movements (driving forward + reverse driving) for all treatment unit pair.

Parcellpar	Antal förflyttningar (n/ha)		Differens
	Aggregat		
	340	360.2	
1	163	154	9
2	125	186	-61
3	144	143	1
4	100	150	-50
5	150	150	0
6	138	150	-13
Medelvärde	136	155	-19
Standaravv.	22	15	29

### 3.4 Antal dubbelsågade träd och omtag

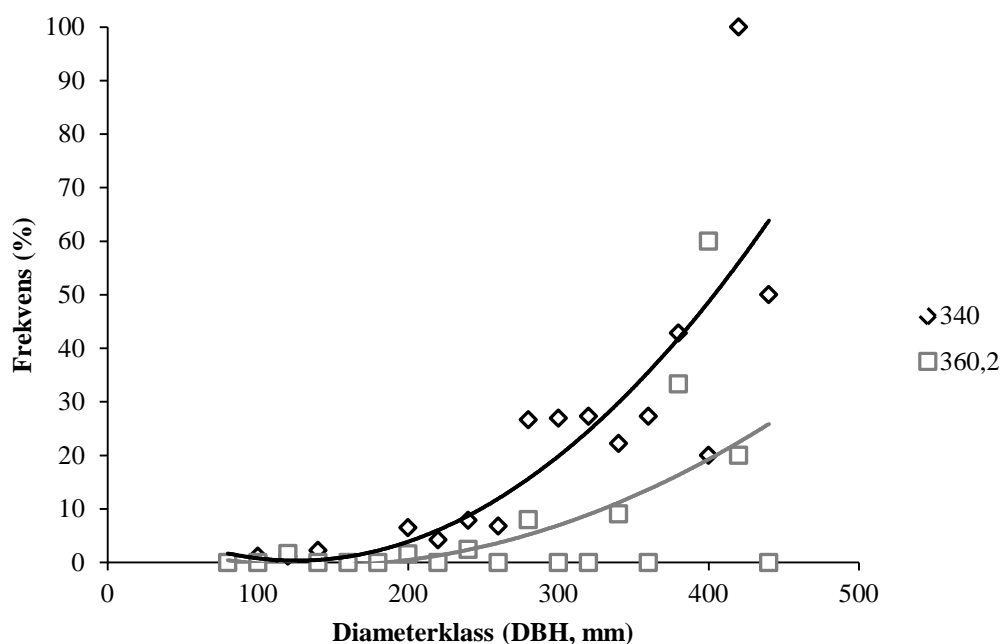
360.2-aggregatet behövde inte dubbelsåga något träd. 340-aggregatet dubbelsågade totalt fem träd, alla parceller inräknade. De dubbelsågade träden hade en diameter från 392 till 451 mm i DBH och medeldiametern var 416,4 mm i DBH.

Antalet omtag per ha var i genomsnitt 143 % fler med 340-aggregatet än med 360.2-aggregatet (Tabell 10). Ingen signifikant skillnad kunde dock ses ( $P=0,190$ ).

**Tabell 10.** Antal träd som skördaren tvingades att göra omtag på per hektar  
**Table 10.** Number of trees that the harvester had to do retakes on per hectare

Parcellpar	Omtag (n/ha)		
	Aggregat		Differens
	340	360.2	
1	31	46	-15
2	6	57	-51
3	100	21	79
4	69	7	62
5	56	7	49
6	75	0	75
Medelvärde	56	23	33
Standardavv.	33	23	54

Upp till en brösthöjdsdiameter på ca 0,15 m<sup>3</sup>fub så behöver stort sett inget av aggregaten göra några omtag. Dock ses när brösthöjdsdiametern blir större ökar omtagsfrekvensen för det mindre 340-aggregatet betydligt mer än för det större 360.2-aggregatet (Figur 2).



**Figur 2.** Frekvens av antal träd som det behövdes omtag på beräknat på totalt antal träd i samtliga parceller i respektive diameterklass och aggregat.

**Figure 2.** Frequency of number of trees that needed retakes based on the total number of trees in each treatment unit in each diameter class and head-type.

### 3.5 Produktivitet

Resultatet av variansanalysen som gjordes för respektive parcell och aggregat visar en påtaglig skillnad mellan aggregaten om medelstamsvolymen förändras. Variansanalysen visar att aggregattypen spelade stor roll för produktiviteten ( $p=0,02$ ). Analysen visar även att medelstamsvolymen har en avgörande roll för produktiviteten ( $p<0,001$ ). Även fast antal observationer enbart var sex stycken för respektive aggregat är förklaringsgraden av variansanalysen väldigt hög ( $R^2=98,7\%$ ). Av variansanalysen kunde följande funktioner nedan användas för att beskriva produktiviteten för respektive aggregat (Bilaga 2):

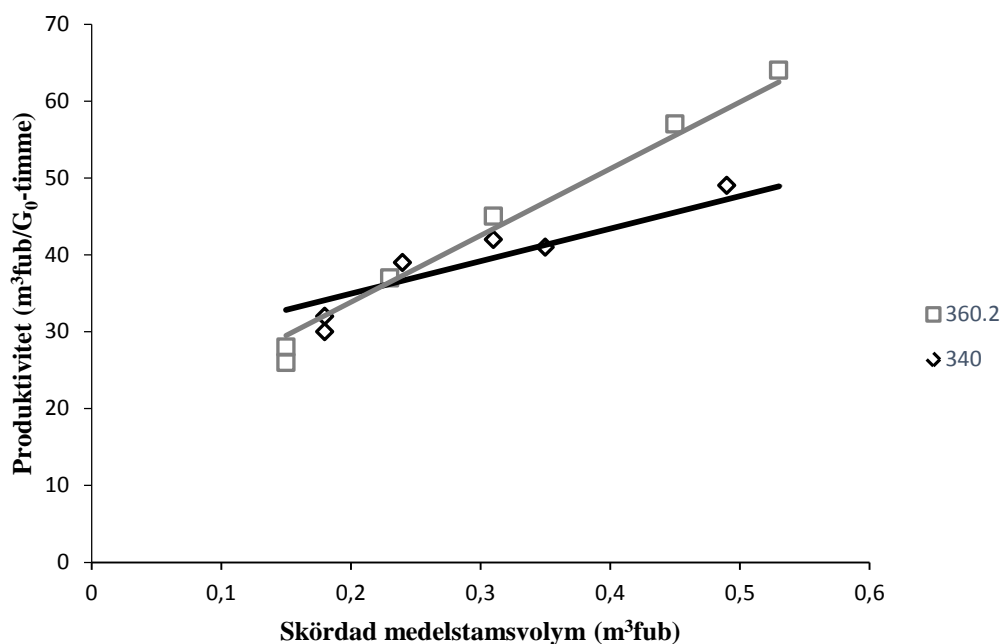
$$340\text{-aggregatet: } P = 26,5 + 42,3 \times mV$$

$$360.2\text{-aggregatet: } P = 16,5 + 86,8 \times mV$$

$P$  = Produktivitet ( $m^3\text{fub}/G_0\text{-timme}$ )

$mV$  = Medelstamsvolym ( $m^3\text{fub}$ )

Vid beräkning av produktiviteten uträknat per parcell och aggregat ses att 340-aggregatet och 360.2-aggregatet har samma produktivitet fram till en medelstamsvolym på  $0,22 m^3\text{fub}$ . Därefter blir 360.2-aggregatet mer effektivt (Figur 3).



**Figur 3.** Skördarens produktivitet ( $m^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$ ) som funktion av skördad medelstamsvolym ( $m^3\text{fub}$ ) och för de två aggregattyperna uträknat parcellvis.

**Figure 3.** The harvester's productivity ( $m^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$ ) as a function of harvested stem size means ( $m^3\text{fub}$ ) and for the two head-types calculated per treatment unit.

För att ta hänsyn till parcellernas enskilda avverkade träd och för att ge en nyanserad bild av skördarens produktivitet vid olika stamvolym beräknades produktiviteten per träd mellan de olika aggregaten. Trädets stamvolym ( $m^3\text{fub}$ ) prövades som ett kovariat och visade sig ha en stark påverkan för produktiviteten ( $p<0,001$ ). Av variansanalysen kunde



följande funktioner nedan användas för att beskriva produktiviteten för respektive aggregat (Bilaga 3):

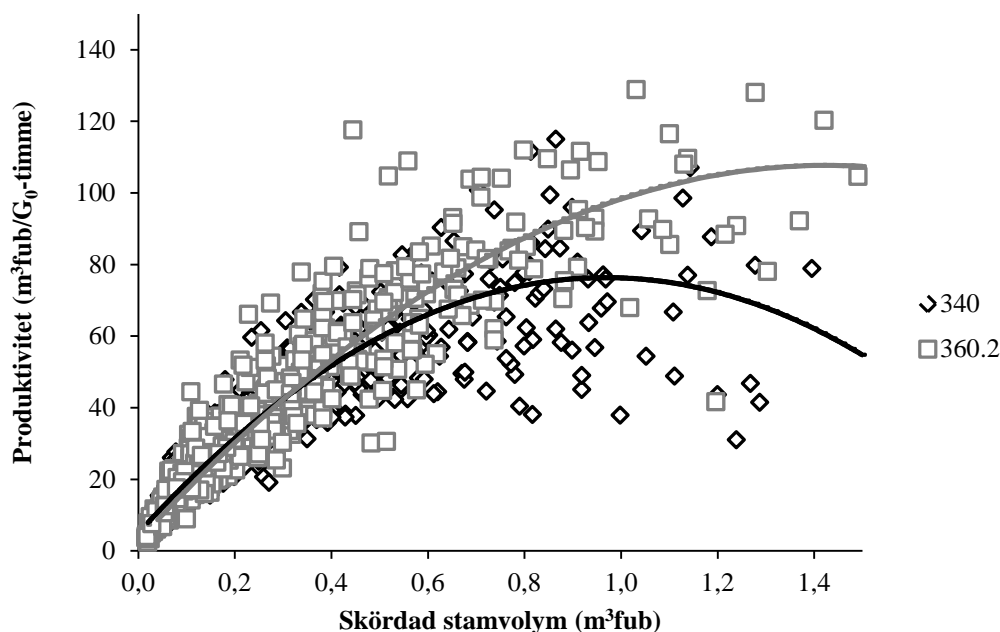
$$340\text{-aggregatet: } P = 5,01 + 147,45 \times sV - 76,21 \times sV^2$$

$$360.2\text{-aggregatet: } P = 4,36 + 145,70 \times sV - 51,36 \times sV^2$$

$P$  = Produktivitet ( $m^3\text{fub}/G_0\text{-timme}$ )

$sV$  = Stamvolym ( $m^3\text{fub}$ )

Funktionerna ger att 340-aggregatet har en högre produktivitet fram till en stamvolym på  $0,20 m^3\text{fub}$  sedan blir 360.2-aggregatet mer effektivt (Figur 4).



**Figur 4.** Skördarnas produktivitet ( $m^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$ ) vid olika stamvolym ( $m^3\text{fub}$ ) uträknat totalt för alla parceller med träd som observationsenhet med tillägg för den övriga tiden uppräknat till ( $m^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$ ).

**Figure 4.** The harvester's productivity ( $m^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$ ) at different average stems volume ( $m^3\text{fub}$ ) calculated total for all treatment unit's with trees as observation unit plus the rest of the time calculated in ( $m^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$ ).

Enligt produktionsnormerna av Brunberg (1995, 1997) och antagandet att förhållandet mellan slutavverkning och gallring är detsamma oavsett stamvolym och antagandet att 360.2-aggregatet ytterligare har en lägre produktivitet (10 procentenheter) i gallring, blir produktivetsfunktionerna i gallring:

$$340\text{-aggregatet: } P = 0,886 \times (5,01 + 147,45 \times sV - 76,21 \times sV^2)$$

$$360.2\text{-aggregatet: } P = 0,797 \times (4,36 + 145,70 \times sV - 51,36 \times sV^2)$$

### 3.6 Aggregatbyte

I studien mättes tiden för tre aggregatbyten. Genomsnittet för bytena, som gjordes av två personer, var 76,7 (sd=1,16) minuter.

### 3.7 Maskinkostnad

Totalt gjorde aggregatbytena att det fanns 201 timmar mindre tid till att avverka. De olika aggregatens högre produktivitet kompenserar dock för arbetstidsborfallet (Tabell 11). Trots att det är en större kapitalkostnad vid innehav två aggregat och att det också tillkommer en kostnad på 105 000 kronor vid aggregatbyten så blir det en minskning av totalkostnaden med 0,61 kr/m<sup>3</sup>fub, vilket motsvarar ca 25 000 kr per år.

**Tabell 11.** Jämförelse av kostnaden att avverka en given mängd bestånd med en skördare med ett respektive två aggregat, exklusive flyttkostnad och vinstmarginal

*Table 11. Comparison of the cost to harvest a given amount of stands with a harvester with one respective two head-types exclusive transfer cost and profit margin*

	Valmet 911.5 med 360.2-aggregat	Valmet 911.5 med 340 & 360.2-aggregat
Kapitalkostnad (kr/år)	980 415	1 001 330
Rörlig kostnad (kr/tim)	750	750
Avverkad volym (m <sup>3</sup> fub)	40 949	40 949
Total tid för avverkade trakter (G <sub>15</sub> -timmar/år)	1 835	1 664
Total tid för avverkade trakter (timmar/år)	2 159	1 958
Antal aggregat byten (st)	0	21
Totalkostnad för byte av aggregat (kr)	0	105 000
Totalkostnad (kr)	2 599 573	2 574 602
Drivningskostnad (kr/m <sup>3</sup> fub)	63,48	62,87

### 3.8 Känslighetsanalys

När slutavverkningsvolymen för varje slutavverkningsstrakt ökar med 50 % (scenario 2) så blir det ekonomiskt att inneha två aggregat. För övriga scenarier är det lönsamt att inneha två aggregat (Tabell 12). Vid en minskning av medelstamsvolymerna för varje avverkningsstrakt med 10 % blir marginalen mellan innehav av ett respektive och två aggregat störst (scenario 5).

**Tabell 12.** Känslighetsanalys och kostnadsjämförelse (diff) för en skördare med ett respektive två aggregat för de olika scenarierna (1-4), exklusive flyttkostnad och vinstmarginal. Tabellen baseras på totaltiden för respektive aggregat (Bilaga 5-8). Eftersom totaltiden och därmed också kostnaden är densamma för 360.2-aggregatet oavsett scenario redovisas det bara en gång (i fet stil).

*Table 12. Sensitivity analysis and cost comparison (diff) for a harvester with one respective two head-types for the different scenario's (1-4), exclusive transfer cost and profit margin. The table is based on the total time of each head-type in (Appendix 5-8). Since the total time and therefore cost is the same for 360.2 head-type whatever the scenario, it is reported only once (in bold).*

	Scenario (1)			Scenario (2)		Scenario (3)		Scenario (4)	
	<b>360.2</b>	340 & 360.2	Diff	340 & 360.2	Diff	340 & 360.2	Diff	340 & 360.2	Diff
Kapitalkostnad (kr/år)	<b>980 415</b>	1 001 330	20 915	1 001 330	20 915	1 001 330	20 915	1 001 330	20 915
Rörlig kostnad (kr/tim)	<b>750</b>	750	0	750	0	750	0	750	0
Total tid för avverkade trakter (G <sub>15</sub> -timmar/år)	<b>1 835</b>	1 759	-76	1 684	-151	1 671	-164	1 655	-180
Total tid för avverkade trakter (timmar/år)	<b>2 159</b>	2 069	-90	1 981	-178	1 966	-193	1 947	-212
Totalkostnad (kr)	<b>2 599 572</b>	2 658 428	58 856	2 592 250	-7 322	2 580 779	-18 793	2 566 661	-32 911
Totalkostnadsdifferens (%)			2,21		-0,28		-0,73		-1,28

## 4. Diskussion

Målet med studien var att ta fram ett underlag som visar under vilka förhållanden som det lämpar sig att investera i ett respektive två aggregat.

### 4.1 Övergripande resultat

Den här studien indikerar att det är lönsamt för entreprenören att investera i två aggregat baserat på det analyserade historiska avverkningsdata (Tabell 11). Det större aggregatet köptes in begagnat och har relativt låg kapitalkostnad per år. Studien har inte tagit hänsyn till några trailerflyttar samt kostnader som dessa medför. Vid innehav av två aggregat kan skördaren vara i både klen gallring och grov slutavverkning. Vid innehav av ett aggregat kan avverkningstyperna inte variera i lika stor grad. Därför kan man anta att flyttkostnaderna för innehav av två aggregat är lägre på grund av färre flyttar, då avverkningslaget först kan avverka en grov slutavverkning för att sen byta aggregat och gallra ett intilliggande bestånd med klen medelstamsvolym. Detta hade inte varit möjligt vid innehav av endast ett aggregat.

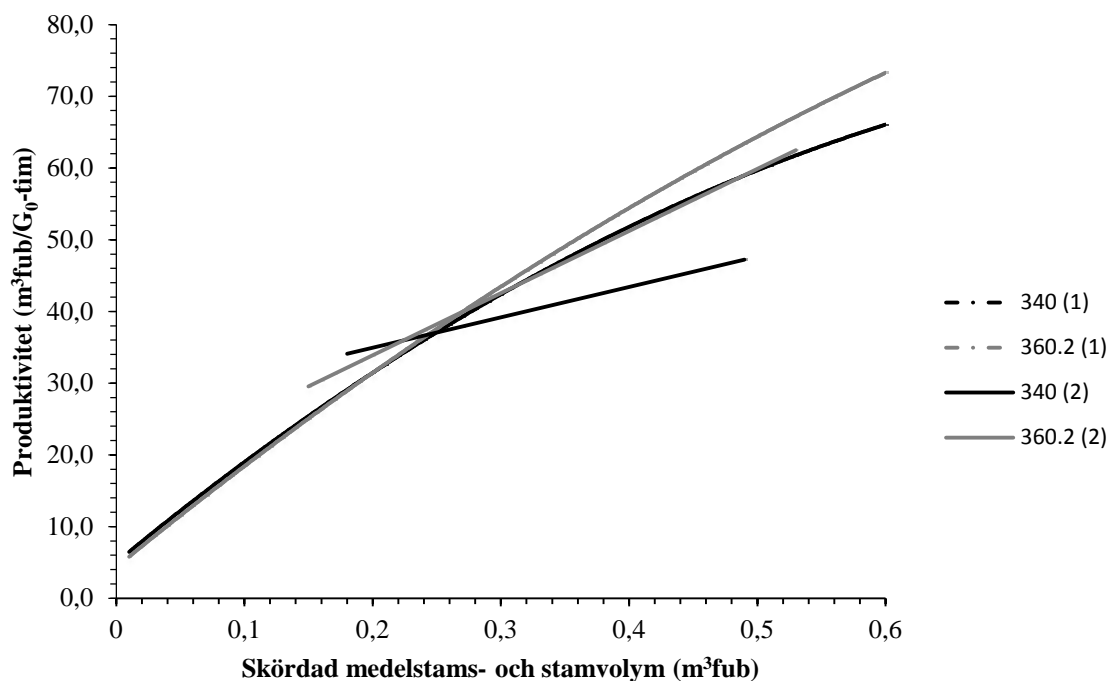
Känslighetsanalysen indikerar att om slutavverkningsvolymen ökar så är det inte lönsamt för entreprenören att investera i två aggregat (Tabell 12). En slutsats man kan utläsa från känslighetsanalysen är att om andelen slutavverkning ökar blir det inte lönsamt att innehav två aggregat. Detta beror på att 340-aggregatet mer produktivt i gallring jämfört 360.2-aggregatet. Både i maskinkostnads kalkylen och i känslighetsanalysen sker byte av aggregat så fort det andra blir mer produktivt. I vissa fall är detta onödigt och inte ekonomisk försvarbart då det skiljer ytterst lite mellan produktiviteten mellan aggregatet. Hade antalet aggregatbyten minskat i kostnads kalkylen och i känslighetsanalysen hade lönsamheten ökat för innehav av två aggregat.

Medelstamsproduktivitetsfunktionerna är uträknad per parcell (Figur 3). Nackdelen med att räkna ut produktiviteten på det sättet är att produktivitetsfunktionerna är baserad på ett fåtal värden (sex värden för vardera aggregat). Dock kan värdet anses vara stabilt då varje värde bygger på många observationer och att produktivitetsfunktionerna har en hög förklarande grad ( $R^2=98,7$ ). De ekonomiska beräkningarna för slutavverkningen och den övriga avverkningen är baserad på medelstamsproduktivitetsfunktionerna. En osäkerhet föreligger då det finns medelstamsvolymerna för det historiska avverkningsdata som både har en mindre samt större medelstamsvolym än vad funktionerna egentligen är avsedd för.

Gallringsproduktivitetsfunktionerna baserades på stamvolymproduktivitetsfunktioner. Egentligen blir det felaktigt då dessa funktioner baseras på stamvolymerna och data från de historiska avverkningarna är baserad på medelstamsvolymerna. Men eftersom stamvolymerna inte varierar speciellt mycket i gallring och medelstamsproduktivitetsfunktionerna inte är heltäckande för små medelstamsvolymerna kan dessa anses vara säkrare än om de hade baserats på medelstamsproduktivitetsfunktionerna.

Vid jämförelse är skillnaden mellan produktivitetfunktionerna i slutavverkning för 360.2-aggregatet liten. Däremot är skillnaden betydligt större mellan produktivitetfunktionerna för 340-aggregatet (Figur 5). Skillnaden uppstår på grund av att

medelstamsvolymproduktivitetsfunktionen beräknar produktiviteten för hela parcellen, i parcellen finns träd i alla diameterklasser och träd med en hög stamvolym som sänker produktiviteten. Det beror på att 340-aggregatet har den högsta produktiviteten vid en stamvolym på 0,97 m<sup>3</sup>fub, när sedan stamvolymen blir större minskar produktiviteten (Figur 5). Denna skillnad uppstår inte för 360.2-aggregatet då dess produktivitet är som högst vid en stamvolym på 1,46 m<sup>3</sup>fub. Stamvolymproduktivitetsfunktionerna bör användas i homogena skogar där alla träd har ungefär samma stamvolym.



**Figur 5.** Skillnad i produktivitet som funktion av skördad medelstamsvolym/stamvolym (m<sup>3</sup>fub). (1) = Produktivitet uträknat med träd som observationsenhet (stamvolym), (2) = Produktivitet uträknat parcellvis (medelstamsvolym).

*Figure 5. Difference in productivity as a function of harvested mean stem volume/stem volume (m<sup>3</sup>fub). (1) = Productivity calculated with trees as observation unit (stem volume), (2) = Productivity calculated per treatment unit (mean stem volume).*

Nackdelen med stamvolymproduktivitetsfunktionerna är att bara arbetsmomenten uppbearbetning och kran-ut var kopplade till ett specifikt träd. Arbetsmomenten uppbearbetning och kran-ut motsvarande 86 % av den totala tiden för samtliga arbetsmoment. Eftersom arbetet sker i sekvens, det vill säga alla moment är beroende av varandra har momentet uppbearbetning störst potential att bidra till en ökad produktivitet genom en effektivisering. De övriga arbetsmomenten som innehöll ca 14 % av den totala tiden fick sedan multipliceras som en procentsats för varje träd per parcell. Det kan leda till ett missvisande resultat. För arbetsmomentet "Övrigt" skulle kanske en större procentsats multipliceras till de större träden då det observerades att kedjan för 340-aggregatet enbart hoppade vid fällning av stora träd. I arbetsmomentet övrigt inräknades också omflyttning av virke, även detta utfördes i högre grad när stora träd fälldes och när det blev fler sortiment, vilket träd med en hög stamvolym medförde. Om en större procentsats för den

övriga tiden tilldelades större träd skulle stamvolymproduktivitetsfunktionen ha sett något annorlunda ut, det skulle ha varit en liten högre produktivitet vid lägre stamvolym och en lägre produktivitet vid högre stamvolym. Studien visar att tiden som skördaren lägger på arbetsmomentet "kran in" är ytterst liten, på grund av att när trädet fälts drar föraren in kranen medan trädet upparbetas vilket i sin tur leder till att detta i stället går in under arbetsmomentet uppbearbetning (Tabell 7).

Genomsnittet för aggregatbytena var 76,7 minuter, vilket innebär att skördaren missar en körtid på 76,7 minuter. Sedan måste ytterligare en person närvara vid avverkningsplatsen. I det här fallet var det någon av ägarna som hjälpte till med bytet. Ägarna har en egen avverkningsgrupp och då blir även en av de maskinerna stående under tiden det tar att byta aggregat. Vid försöket var det ungefär 8 mil enkel resa mellan avverkningsgrupperna. Det blev i det här fallet en restid på 120 minuter tur och retur. Sen tillkommer det en extra kostnad för drivmedel och förslitning på bilen. Kostnaderna för ett aggregatbyte blir en relativt stor kostnad för en entreprenör och kostnaderna kan variera en del beroende på vart aggregatbytet sker i förhållande till det andra avverkningslaget. Ersättningen entreprenören får av Norrskog är 5000 kr och kan därmed anses vara skälig.

Det vore önskvärt om aggregatbytena kunde effektiviseras för att såväl spara pengar som tid. Enligt Johansson (2012) finns det idag en drivare som har ett snabbfäste för aggregatbyten och ett aggregatbyte tar då ca 10 sekunder och föraren behöver inte ens kliva ut ur skördaren. Om detta skulle fungera för dessa aggregat skulle det bli en stor tidsvinst vid byte av aggregat.

Skördaren kunde avverka mer träd per uppställningsplats när 340-aggregatet var monterat vilket även bekräftades av att antalet maskinförflyttningar också minskade (Tabell 8 och 9). Om stamvolymen blev högre blev den procentuella skillnaden mindre. Det berodde på att vid avverkning av ett träd med en hög stamvolym med 340-aggregatet var föraren tvungen att placera sig närmre träden trots att han nådde från den första uppställningsplatsen.

Kranräckvidden var ca 1 meter kortare med 360.2-aggregatet och det visade sig också vid avverkningen av parcellerna då skördarslaget blev ca 2,5 meter smalare med det aggregatet. I praktiken innebär detta att skördaren med 340-aggregatet kan avverka en större yta per skördarslag. Virkeskoncentrationen blir då högre och det kan i sin tur möjligtvis öka skotarproduktiviteten.

Under tidsstudien observerades att 340-aggregatet kunde få svårigheter med relativt stora träd även efter fällningen. Aggregatet kunde tappa träden vid uppbearbetningen och mätningen av trädet blev felande. Det observerades även att kap- och fällsprickor förekom när stamvolymen blev för stor. I homogen grov skog och i heterogena bestånd som innehåller träd med hög stamvolym är det inget alternativ att avverka med ett 340-aggregat.

## ***4.2 Jämförelse med andra studier***

Brunbergs (1995) produktionsnorm ger en produktivitet ( $m^3 \text{fub}/G_{15}\text{-tim}$ ) som är ca 35,2-36,4 % lägre vid en medelstamsvolym på  $0,30 m^3 \text{fub}$  i jämförelse med resultaten från denna studie. Jämför man resultaten med den nyare rapporten från Brunberg (2009) ges en produktivitet ( $m^3 \text{fub}/G_{15}\text{-tim}$ ) som är ca 32,0-37,4% lägre vid en medelstamsvolym på  $0,21$

$m^3$ fub i jämförelse med resultaten från denna studie. Jämförelsen är beräknad för båda aggregaten med medelstamsproduktivitetfunktionerna. I beaktande bör dock tas att denna studies produktivitetfunktioner är beräknade i  $G_0$ -tid, medan Brunbergs värden är beräknad för  $G_{15}$ -tid. Dock har produktiviteten beräknats om till  $G_{15}$ -tid med omvandlingstalet 0,92 ( $G_0$ -tim/ $G_{15}$ -tim) för att kunna jämföra produktiviteten mellan studierna. Detta kan ge en missvisande jämförelse då omvandlingstalet kanske skulle varit ett annat värde för att stämma överens med denna studie produktivitetfunktioner. En annan aspekt som skiljer studierna är att i Brunbergs (1995) produktionsnorm var datat för normen insamlad i lätt terräng i mellersta och norra Norrland, alltså lika som för denna studie, men det skiljer 19 år mellan studierna. Produktionsnormen är baserad för ett beståndsmedel, det vill säga produktiviteten har beräknats utifrån skördarens produktivitet från ett antal parceller. I Brunbergs rapport från 2009 så var datat insamlat från produktionsdata från de stora skogsföretagen (driftuppföljning). I den rapporten ingår produktionsdata från många skördare från många olika avverkningstrakter. Skulle datat sammanställts från trakter i lätt terräng skulle förmodligen produktiviteten varit högre.

Andra studier visar att produktiviteten är högre under en tidsstudie än i normala fall (Nurminen et al. 2006). Detta skulle kunna bero på att tidsstudien pågår under en begränsad period, föraren är utvilad och försöker prestera sitt yttersta.

### **4.3 Implementering av resultat**

Studien visar att produktivitetsskillnaden mellan aggregaten är förhållandevis liten fram till en medelstamvolym på ungefär 0,30  $m^3$ fub och en stamvolym på ungefär 0,40 i slutavverkning. Blir medelstams- och stamvolymen i en trakt större än så blir 360.2-aggregatet mer och mer produktivt ju mer medelstams- och stamvolymen ökar jämfört med 340-aggregatet. I homogena bestånd där medelstamsvolymen är 0,30  $m^3$ fub är aggregaten jämförbara och entreprenören kan med fördel välja att avverka med 340-aggregatet som dessutom har en längre kranvidd. I ett heterogent bestånd med samma medelstamsvolym så bör entreprenören istället avverka med 360.2-aggregatet (Figur 4). Man kan alltså inte bara utgå från medelstamsvolymen när man skall välja aggregat i slutavverkning utan man måste även ta hänsyn hur mycket stamvolymen för enskilda träd varierar.

### **4.4 Styrkor och svagheter med studien**

Det skulle varit önskvärt att båda aggregaten hade haft samma driftstid och varit av samma årsmodell. Nu var det större 360.2-aggregatet begagnat och hade ca 9000 fler driftstimmar än det mindre 340-aggregatet. Detta kan ge ett missvisande resultat då ett nyare aggregat minskar driftkostnaderna och ökar den tekniska utnyttjandegraden (Vestling, 2012). Analysen har dock tagit hänsyn till detta då den tekniska utnyttjandegraden varit densamma och vid beräkning av maskinkostnadskalkylen har samma driftkostnader använts för bägge aggregaten.

Det hade varit bra om båda aggregaten hade haft möjlighet att använda sig av flerträdshantering på grund av att avverkningsslaget i regel använder sig av den tekniken när tillfälle ges. Nu hade det mindre 340-aggregatet ackumulerande armar men inte 360.2-aggregatet. Under studien fick därför inte flerträdshantering användas och bör således inte kunnat påverka resultatet i studien.

Föraren hade lång erfarenhet som skördarförare och hade använt de båda aggregaten ungefär lika mycket och anses därför vara väl inkörd med båda två. Föraren var positivt inställd till studien och han arbetade lugnt och metodiskt under hela studien. Vid numreringen av träden markerades träden från tre riktningar och de träd som stod i mitten av parcellerna numrerades från samtliga riktningar på grund av att dessa träd kunde avverkas från båda slagen. Genom detta styrdes föraren från vilket riktning skördaren skulle börja men i övrigt så fick föraren helt själv välja vilka träd han skulle avverka i vilken ordning. Vid avverkningsen kunde i enstaka fall numret på framförvarande träd försvinna, vilket kunde leda till att vissa träd (observationer) försvann i studien. Men eftersom studien omfattade ett tusental träd så hade det troligtvis ingen betydelse då endast detta hände några enstaka träd. Antalet träd är också en av studiens största styrkor, då många observationer leder till ett bra dataunderlag. Vid avverkning uppkom ett oförutsett problem vilket var att föraren inte ville avverka mot solen, på grund av att han blev bländad och inte fick fullgod sikt. I slutändan skapades dock inget problem av detta då föraren kunde avverka från motsatt håll eftersom träden var märkta även där.

En svårighet med jämförande studier är att åstadkomma likartade villkor, vilket i det här fallet betyder lika villkor för båda aggregaten. Eftersom konstanthållning är en viktig del i det så delades beståndstyperna in i parcellpar, där varje parcellpar bestod av de två parcellerna som liknade varandra mest. Denna indelning gjordes för att varje beståndstyp skulle passa för de två aggregaten enligt vad maskintillverkaren rekommenderade. I samtliga fall låg parcellparen intill varandra. Trots att studien utformades på dettas sätt var det skillnader (dock små) mellan parcellparen, vilka kan ha haft betydelse för studien (Tabell 3).

För mätning av varje träds volym användes Brandels mindre volymfunktioner där funktionerna anpassades till de provmätta trädens höjd. Detta ledde till att varje träds volym var en skattning och inte helt stämde med trädets verkliga volym. Förklaringsgraden för alla volymfunktioner var dock hög och varierade mellan 96,8 till 98,3 %. Förutsättningarna för aggregaten var också desamma.

Under tidsstudien uppmärksammade att det gick oerhört snabbt för skördaren att avverka träd. Trots att jag hade tränat in samtliga tidsstudiemoment och tränat på att hanterat tidsstudiedatorn så hade jag problem att hinna knappa in alla moment som ingick i studien i de två första parcellparen. Föraren var dock hjälpsam genom att tala om vilket träd som avverkades och vilket moment som utfördes så det förlöpte ändock väl. Detta ledde ändå till att vissa omtag (övriga observationer) i parcellpar 1 och 2 som avverkades med det mindre 340-aggregatet försvann (Tabell 10). Hade dessa observationer kommit med så skulle mest troligt det mindre aggregatet haft en högre andel omtag även i dessa parceller. Om studien hade kunnat göras om hade jag gjort en pilotstudie för att träna in arbetsmomenten inför tidsstudien. Nu förlöpte det väl ändå på grund av att jag fick god hjälp av föraren. Möjligen kan detta ha påverkat förarens arbete. Dock tros inte detta vara fallet på grund av hans långa erfarenhet.

#### ***4.5 Framtida studier***

Det behövs fortsatta studier på aggregaten och främst i gallring. Då mitt fältförsök bara behandlade slutavverkning skulle kompletterande försök i gallring vara av intresse. Då skulle maskinkostnadskalkylen bli mer säker då denna studie produktivetsfunktioner i



gallring baserades på stamvolymproduktivitetsfunktionerna i slutavverkning och vissa antaganden. Sedan skulle det vara intressant att veta om aggregaten i den här studien är de aggregatstorlekar som är optimala vid innehav av två aggregat. Kanske skulle en annan mix passa bättre vid innehav av två aggregat.

En annan aspekt som borde undersökas är om kvalitén på grövre stockar skiljer sig åt om de är avverkade med 340-aggregatet eller om de är avverkade med 360.2-aggregatet. Under studien fanns indikationer att träd med en hög stamvolym som fälldes med 340-aggregatet lättare fick kap- och fällsprickor än träd som fälldes med 360-aggregatet.

Det hade även varit intressant att veta hur mycket skotarens produktivitet påverkades av skördarens sätt att avverka med de olika aggregaten. Antagligen skulle skotarens produktivitet vara högre vid avverkning med 340-aggregatet då virkeskoncentrationen bör vara mer samlad.

#### **4.6 Slutsatser**

Denna studie visar att:

- Vid en skördad medelstamvolym på ca 0,20 m<sup>3</sup>fub uppvisar aggregaten lika produktivitet.
- Tidsåtgången (min/m<sup>3</sup>fub) för arbetsmomenten framåtkörning och kran ut skiljer sig mest åt mellan aggregaten utan hänsyn till avverkad medelstamsvolym.
- Antalet träd som kan avverkas per uppställningsplats påverkas av aggregatsstorleken, 340-aggregatet kan avverka fler träd per uppställningsplats jämfört mot 360.2-aggregatet.
- Antal maskinflyttningar påverkas av aggregatstorleken, 360.2-aggregatet behöver i genomsnitt förflyttas fler gånger per hektar jämfört med 340-aggregatet.
- Vid en stamstorlek av ca 392 mm i DBH måste 340-aggregatet börja dubbelsåga stammen vid fällning av ett träd.
- Från en brösthöjdsdiameter på 150 mm i DBH blir omtagsfrekvensen för 340-aggregatet betydligt högre än för 360-aggregatet.
- Det tar i medeltal 76 minuter att skifta aggregat för två personer.

En entreprenör kan sänka sina avverkningskostnader vid innehav av två aggregat om entreprenören avverkar en betydande del i både slutavverkning och gallring. Två aggregat blir lönsamt om det ena aggregatet är begagnat och gallringsvolymen utgör ca 40 % av avverkningsvolymen. Blir tidsandelen slutavverkning allt för stor visar studien att det inte blir lönsamt att inneha två aggregat. Vid val av aggregat skall man inte bara utgå från medelstamsvolymen utan även ta hänsyn till hur beståndet ser ut och aggregatens egenskaper. Med en bra planering kan om möjligt antalet aggregatbyten minimeras. Om aggregatbyten ska ske ofta kan montering av snabbfäste vara en bra investering.

## Referenser

### *Litteraturreferenser*

- Anon, 2013a. Komatsu forest, 2013. (Teknisk data om Komatsu 911.5, PDF). [online] Tillgänglig: [http://shop.mediahandler.se/pdf/komatsu/k911\\_5\\_b\\_se.pdf](http://shop.mediahandler.se/pdf/komatsu/k911_5_b_se.pdf) [2013-09-11]
- Anon, 2013b. Komatsu forest, 2013. (Teknisk data om skördaraggregatet Komatsu 340, PDF). [online] Tillgänglig: [http://shop.mediahandler.se/pdf/partek/k340\\_ps\\_se.pdf](http://shop.mediahandler.se/pdf/partek/k340_ps_se.pdf) [2013-09-11]
- Anon, 2013c. Komatsu forest, 2013. (Teknisk data om skördaraggregatet Komatsu 360, PDF). [online] Tillgänglig: [http://shop.mediahandler.se/pdf/komatsu/k360\\_2\\_ps\\_se.pdf](http://shop.mediahandler.se/pdf/komatsu/k360_2_ps_se.pdf) [2013-09-11]
- Bergstrand, K.G. 1987. Planering och analys av skogstekniska tidsstudier. Meddelande nr 17. Skogsarbeten, Kista 58 s.
- Bergkvist, I. 2010. Tvåskift är billigast, men låga räntor minskar gapet mot enkelskift. Skogforsk, Uppsala. Resultat nr 5.
- Brandel, G. 1990. Volymfunktioner för enskilda träd – Tall, gran och björk. Institutionen för skogsproduktion, SLU, Garpenberg. Rapport nr 26, 1990.
- Brunberg, B. 1989. Flerträdshantering sänker drivningskostnaderna för det klena virket. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista. Meddelande nr 10, s. 20-21.
- Brunberg, T. 1995. Underlag för produktionsnorm för stora engreppsskördare i slutavverkning. Skogforsk, Uppsala. Redogörelse nr 7, 1995.
- Brunberg, T. 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. Skogforsk, Uppsala. Redogörelse nr 8, 1997.
- Brunberg, T. 2010. Rätt maskinval i gallring – studie vid SCA Skog. Skogforsk, Uppsala. Resultat nr 6 2010.
- Brunberg, T. 2010. Skogsbrukets kostnader och intäkter 2009 – Ökade kostnader och lägre virkespriser. Skogforsk, Uppsala. Resultat nr 7 2010.
- Brunberg, T. Thor, M. 2010. Produktivitet i gallring och slutavverkning 2008-2009. Skogforsk, Uppsala. Resultat nr 10.
- Brunberg, T. Iwarson Wide, M. 2013. Underlag för prestationshöjning vid flerträdshantering i gallring. Skogforsk, Uppsala. Arbetsrapport.
- Hallsby, G. 2008. Nya tiders Skog – skogskötsel för ökad tillväxt. LRF Skogsägarna. Stockholm.
- Johansson, J. 2013. Flerträdshantering i slutavverkning. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå. Arbetsrapport 392

Johansson, P. 2007. Gallring med vinkelkran. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå. Arbetsrapport 188

Johansson, S. 2012. Sedan 2005 har det inte tillverkats drivare. Vision, nr 1, 2012, s. 18-19

Nordfjell, T. Björheden, R. Thor, M. Wästerlund, I. 2010. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. Scandinavian Journal of Forest Research. 25, 382-389.

Nordfjell, T. 2006. Kalkylmodell för skogsmaskiner. Inst. f. skoglig resurshushållning, SLU, Umeå. Stencil.

Norrskog. 2013. [online] Tillgänglig: <http://www.norrskog.se/Verksamhet/Norrskog-Ekonomisk-Forening/> [2013-09-10]

Nurminen, T. Korpunen, H., Uusitalo, J. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. Silva Fennica. 40(2), 335-363

Sirén, M. Aaltio, H. 2003. Productivity and costs of thinning harvesters and harvester-forwarders. International Journal of Forest Engineering. 14(1), 39-48.

Skogforsk. 2014. [online] Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/kunskapdirekt/templates/popupprint.aspx?id=11455> [2014-01-07]

Skogsdata. 2012. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå. 2012.

Skogsindustrierna. 2012. [online] Tillgänglig: <http://www.skogsindustrierna.org/branschen/branschfakta> [2013-09-10]

Skogsstyrelsen. 2012. Skogsstatistiks årsbok 2013 – Sveriges officiella statistik. Jönköping: Skogsstyrelsen. 376 s.

Skutin, S.G. Bergkvist, I. Frisk, M. 2006. Optimera maskinresurserna. Skogforsk. Redogörelse nr 2, 2006.

Vestling, B. 2012. Kostnadspåverkande faktorer för skördare. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå. Arbetsrapport 392

### ***Muntliga referenser***

Brunberg, Torbjörn. Forskare, Skogforsk. Personlig kommunikation. 2013-12-17.

Eriksson, Roger. Entreprenör. Personlig kommunikation. 2013-08-29.

Grelsson, Andreas. Produktionsspecialist, Norrskog, Personlig kommunikation. 2013-12-19.

Johansson, Jörgen. Säljare, Komatsu. Personlig kommunikation. 2013-12-16.

Ljungdahl, Sven-Gunnar. Produktionsledare, Norrskog. Personlig kommunikation. 2013-12-12.

# Bilagor

## Bilaga 1

### Kostnadskalkylering avseende skogsmaskiner

A) Kalkylering för ett oändligt stort bestånd och en maskin

- |     |  |  |
|-----|--|--|
| (1) | $D_k = T_k/P$                                | $D_k =$ Drivningskostnad för aktuell maskin (kr/m <sup>3</sup> fub)  |
| (2) | $T_k = F_k + R_k$                            | $P =$ Produktivitet (m <sup>3</sup> fub/tim)<br>$T_k =$ Total kostnad (kr/tim)<br>$F_k =$ Fast kostnad (kr/tim)<br>$R_k =$ Rörlig kostnad (kr/tim) |
| (3) | $F_k = (K + U_f)/S$                          | $K =$ Kapitalkostnad (kr/år)<br>$U_f =$ Fast underhållningskostnad (kr/år)<br>$S =$ Systemtid (tim/år)   |
| (4) | $R_k = U_r + D_m + F_1$                      | $U_r =$ Rörlig underhållningskostnad (kr/tim)<br>$D_m =$ Drivmedelskostnad (kr/tim)<br>$F_1 =$ Förarlön (kr/tim)                                   |
| (5) | $K = (I - R_n) \times A$                     | $I =$ Investeringsbelopp (kr)<br>$R_n =$ Restvärdets nuvärde (kr)  |
| (6) | $R_n = R \times (1 - i)^{-n}$                | $A =$ Amorteringsfaktor (Annuitetsfaktor)<br>$R =$ Restvärde (kr)<br>$I =$ Kalkylränta (%/100)   |
| (7) | $A = (i \times (1 + i)^n) / ((1 + i)^n - 1)$ | $n =$ Ekonomisk livslängd (år)   |

B) När fler än en maskin används för avverkning och terrängtransport (skördare+skotare)

- (8)  $D_{\text{tot}} = \sum D_k$  (för alla inblandade maskiner)  $D_{\text{tot}} =$  Total drivningskostnad (kr/m<sup>3</sup>fub)

## Bilaga 2

### General Linear Model: m3fub/Go-timme versus Bestånd; Aggregat

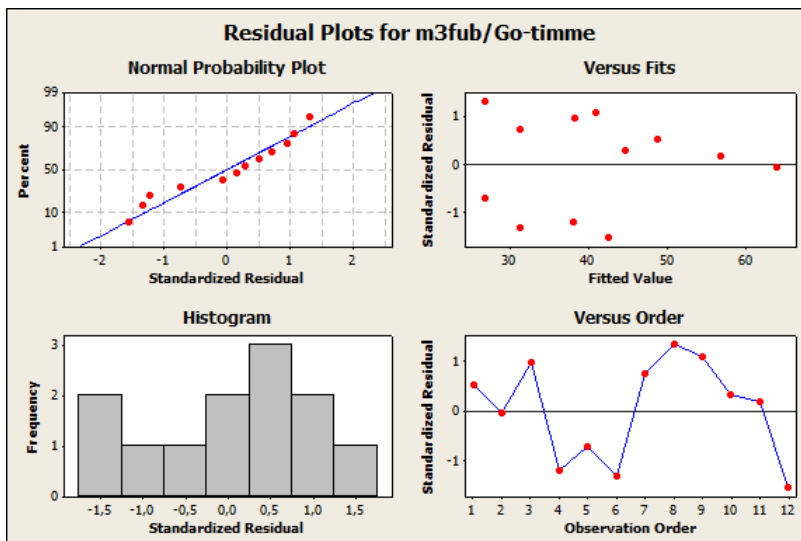
Factor	Type	Levels	Values
Bestånd	random	3	1; 2; 3
Aggregat	fixed	2	340; 360

Analysis of Variance for m3fub/Go-timme, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Bestånd	2	842,17	21,56	10,78	6,51	0,031
Aggregat	1	48,00	43,22	43,22	26,12	0,002
volym	1	494,33	342,62	342,62	207,01	0,000
Aggregat*volym	1	87,24	87,24	87,24	52,71	0,000
Error	6	9,93	9,93	1,66		
Total	11	1481,67				

S = 1,28649 R-Sq = 99,33% R-Sq(adj) = 98,77%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	21,508	1,380	15,59	0,000
Bestånd				
1	1,5404	0,6229	2,47	0,048
2	-2,8205	0,7815	-3,61	0,011
Aggregat				
340	4,9968	0,9778	5,11	0,002
volym	64,522	4,484	14,39	0,000
volym*Aggregat				
340	-22,254	3,065	-7,26	0,000



### Bilaga 3

#### General Linear Model: m3fub/tim versus Parcellpar; Agregat

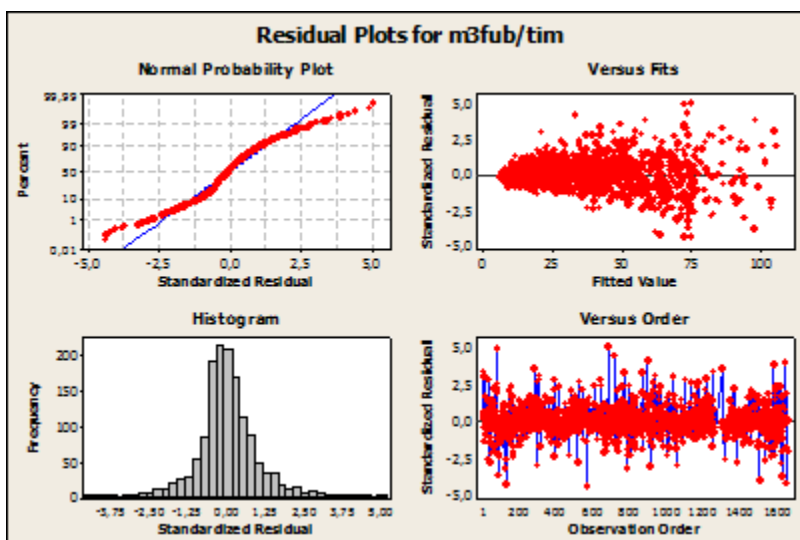
Factor	Type	Levels	Values
Parcellpar	random	6	1; 2; 3; 4; 5; 6
Agregat	fixed	2	340; 360

Analysis of Variance for m3fub/tim, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Parcellpar	5	75092	2422	484	7,64	0,000
Agregat	1	1093	36	36	0,56	0,453
Agregat*Volymkvadrat	1	1049	1284	1284	20,25	0,000
Agregat*Volym	1	13095	7	7	0,11	0,737
Volym	1	521227	192130	192130	3030,71	0,000
Volymkvadrat	1	33102	33102	33102	522,17	0,000
Error	1415	89703	89703	63		
Total	1425	734362				

S = 7,96206 R-Sq = 87,78% R-Sq(adj) = 87,70%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4,6853	0,4644	10,09	0,000
Parcellpar				
1	-1,9436	0,5620	-3,46	0,001
2	1,3460	0,4290	3,14	0,002
3	1,7061	0,4538	3,76	0,000
4	1,2064	0,4574	2,64	0,008
5	-0,6362	0,5292	-1,20	0,229
Agregat				
340	0,3226	0,4295	0,75	0,453
Volymkvadrat*Agregat				
340	-12,427	2,761	-4,50	0,000
Volym*Agregat				
340	0,873	2,595	0,34	0,737
Volym	146,572	2,662	55,05	0,000
Volymkvadrat	-63,785	2,791	-22,85	0,000



## Bilaga 4

### Ursprungsscenario

Trakt	Slutavv		Gallring		Övrigt		Produktivitet (m <sup>3</sup> fub/ G <sub>15</sub> -tim)		Tid per objekt (G <sub>15</sub> -tim/objekt)	
	Vol*	m-st**	vol	m-st	vol	m-st	340	360.2	360.2	340 + 360.2
1			288	0,05			9,94	8,44	34,1	29,0
2	536	0,2					32,16	31,15	17,2	16,7
3			113	0,08			13,30	11,50	9,8	8,5
4	555	0,28					35,28	37,54	14,8	<b>14,8</b>
5	1788	0,12					29,05	24,76	72,2	<b>61,5</b>
6	563	0,86					57,85	83,86	6,7	<b>6,7</b>
7	926	0,26					34,50	35,94	25,8	25,8
8	1002	0,57					46,56	60,70	16,5	16,5
9	757	0,28					35,28	37,54	20,2	20,2
10	42	0,18					31,38	29,55	1,4	<b>1,4</b>
11	2081	0,45					41,89	51,12	40,7	<b>40,7</b>
12	710	0,3					36,05	39,14	18,1	18,1
13	1142	0,16					30,61	27,96	40,8	<b>37,3</b>
14			288	0,11			16,55	14,49	19,9	17,4
15					87	0,15	24,17	21,73	4,0	3,6
16	2893	0,29					35,67	38,34	75,5	<b>75,5</b>
17					83	0,28	28,22	30,03	2,8	2,8
18					26	0,56	36,94	47,92	0,5	0,5
19			334	0,11			16,55	14,49	23,0	<b>20,2</b>
20	336	0,4					39,95	47,12	7,1	<b>7,1</b>
21	472	0,39					39,56	46,32	10,2	10,2
22			568	0,09			14,40	12,51	45,4	<b>39,5</b>
23					541	0,26	27,60	28,75	18,8	<b>18,8</b>
24			349	0,11			16,55	14,49	24,1	<b>21,1</b>
25					145	0,3	28,84	31,31	4,6	<b>4,6</b>
26			14	0,21			26,58	23,97	0,6	<b>0,5</b>

27		61 0,17		22,72	20,27	3,0	2,7
28		208 0,06		11,07	9,47	22,0	18,8
29		308 0,17		22,72	20,27	15,2	13,6
30		201 0,06		11,07	9,47	21,2	18,2
31		2229 0,13		18,66	16,45	135,5	119,5
32			1239 0,26	27,60	28,75	43,1	<b>43,1</b>
33	836 0,31			36,44	39,94	20,9	20,9
34			95 0,37	31,02	35,78	2,7	2,7
35		367 0,08		13,30	11,50	31,9	<b>27,6</b>
36	1741 0,18			31,38	29,55	58,9	55,5
37	702 0,25			34,11	35,14	20,0	<b>20,0</b>
38	456 0,29			35,67	38,34	11,9	11,9
39			70 0,49	34,76	43,45	1,6	1,6
40		2874 0,08		13,30	11,50	249,9	<b>216,1</b>
41		1867 0,17		22,72	20,27	92,1	82,2
42			699 0,88	46,90	68,36	10,2	<b>10,2</b>
43			837 0,59	37,87	49,84	16,8	16,8
44			1484 0,9	47,52	69,64	21,3	21,3
45		4133 0,15		20,71	18,37	224,9	<b>199,5</b>
46		515 0,12		17,61	15,47	33,3	29,2
47		3247 0,1		15,48	13,50	240,5	209,7
48			141 0,41	32,27	38,34	3,7	<b>3,7</b>
<b>Summa</b>	<b>17538 m<sup>3</sup>fub</b>	<b>17964 m<sup>3</sup>fub</b>	<b>5447 m<sup>3</sup>fub</b>			<b>1835</b>	<b>1664</b>

\*vol = volym (m<sup>3</sup>fub), \*\*m-st = medelstamsvolym (m<sup>3</sup>fub), \*Fetstil = byte av aggregat



## Bilaga 5

### Scenario 1

Trakt	Slutavv		Gallring		Övrigt		Produktivitet (m <sup>3</sup> fub/ G <sub>15</sub> -tim)		Tid per objekt (G <sub>15</sub> -tim/objekt)	
	Vol*	m- st**	vol	m-st	vol	m-st	360.2	340	360.2	340 + 360.2
1			232	0,05			9,94	8,44	27,4	23,3
2	804	0,2					32,16	31,15	25,8	25,0
3			91	0,08			13,30	11,50	7,9	6,8
4	833	0,28					35,28	37,54	22,2	<b>22,2</b>
5	2682	0,12					29,05	24,76	108,3	<b>92,3</b>
6	845	0,86					57,85	83,86	10,1	<b>10,1</b>
7	1389	0,26					34,50	35,94	38,6	38,6
8	1503	0,57					46,56	60,70	24,8	24,8
9	1136	0,28					35,28	37,54	30,2	30,2
10	63	0,18					31,38	29,55	2,1	<b>2,0</b>
11	3122	0,45					41,89	51,12	61,1	<b>61,1</b>
12	1065	0,3					36,05	39,14	27,2	27,2
13	1713	0,16					30,61	27,96	61,3	<b>56,0</b>
14			232	0,11			16,55	14,49	16,0	14,0
15					87	0,15	24,17	21,73	4,0	3,6
16	4340	0,29					35,67	38,34	113,2	<b>113,2</b>
17					83	0,28	28,22	30,03	2,8	2,8
18					26	0,56	36,94	47,92	0,5	0,5
19			269	0,11			16,55	14,49	18,5	<b>16,2</b>
20	504	0,4					39,95	47,12	10,7	<b>10,7</b>
21	708	0,39					39,56	46,32	15,3	15,3
22			457	0,09			14,40	12,51	36,5	<b>31,7</b>
23					541	0,26	27,60	28,75	18,8	<b>18,8</b>
24			281	0,11			16,55	14,49	19,4	<b>17,0</b>
25					145	0,3	28,84	31,31	4,6	<b>4,6</b>
26			11	0,21			26,58	23,97	0,5	0,4

27		49	0,17		22,72	20,27	2,4	<b>2,2</b>	
28		167	0,06		11,07	9,47	17,7	15,1	
29		248	0,17		22,72	20,27	12,2	10,9	
30		162	0,06		11,07	9,47	17,1	14,6	
31		1792	0,13		18,66	16,45	109,0	96,0	
32				1239	0,26	27,60	28,75	43,1	<b>43,1</b>
33	1254	0,31				36,44	39,94	31,4	31,4
34				95	0,37	31,02	35,78	2,7	2,7
35		295	0,08			13,30	11,50	25,7	<b>22,2</b>
36	2612	0,18				31,38	29,55	88,4	83,2
37	1053	0,25				34,11	35,14	30,0	<b>30,0</b>
38	684	0,29				35,67	38,34	17,8	17,8
39				70	0,49	34,76	43,45	1,6	1,6
40		2311	0,08			13,30	11,50	200,9	<b>173,7</b>
41		1501	0,17			22,72	20,27	74,1	66,1
42				699	0,88	46,90	68,36	10,2	<b>10,2</b>
43	0	0		837	0,59	37,87	49,84	16,8	16,8
44	0	0		1484	0,9	47,52	69,64	21,3	21,3
45	0	3323	0,15			20,71	18,37	180,8	<b>160,4</b>
46	0	414	0,12			17,61	15,47	26,8	23,5
47	0	2610	0,1			15,48	13,50	193,3	168,6
48	0	0		141	0,41	32,27	38,34	3,7	<b>3,7</b>
Summa	26307 m <sup>3</sup> fub	14443 m <sup>3</sup> fub	5447 m <sup>3</sup> fub				1835	1759	

\*vol = volym (m<sup>3</sup>fub), \*\*m-st = medelstamsvolym (m<sup>3</sup>fub), \*Fetstil = byte av aggregat

## Bilaga 6

### Scenario 2

Trakt	Slutavv		Gallring		Övrigt		Produktivitet (m <sup>3</sup> fub/ G <sub>15</sub> -tim)		Tid per objekt (G <sub>15</sub> -tim/objekt)	
	Vol*	m- st**	vol	m-st	vol	m-st	340	360.2	360.2	340 + 360.2
1			344	0,05			9,94	8,44	40,8	34,6
2	268	0,2					32,16	31,15	8,6	8,3
3			135	0,08			13,30	11,50	11,7	10,2
4	278	0,28					35,28	37,54	7,4	<b>7,4</b>
5	894	0,12					29,05	24,76	36,1	<b>30,8</b>
6	282	0,86					57,85	83,86	3,4	<b>3,4</b>
7	463	0,26					34,50	35,94	12,9	12,9
8	501	0,57					46,56	60,70	8,3	8,3
9	379	0,28					35,28	37,54	10,1	10,1
10	21	0,18					31,38	29,55	0,7	0,7
11	1041	0,45					41,89	51,12	20,4	20,4
12	355	0,3					36,05	39,14	9,1	9,1
13	571	0,16					30,61	27,96	20,4	<b>18,7</b>
14			344	0,11			16,55	14,49	23,7	20,8
15					87	0,15	24,17	21,73	4,0	3,6
16	1447	0,29					35,67	38,34	37,7	<b>37,7</b>
17					83	0,28	28,22	30,03	2,8	2,8
18					26	0,56	36,94	47,92	0,5	0,5
19			399	0,11			16,55	14,49	27,5	<b>24,1</b>
20	168	0,4					39,95	47,12	3,6	<b>3,6</b>
21	236	0,39					39,56	46,32	5,1	5,1
22			679	0,09			14,40	12,51	54,3	<b>47,1</b>
23					541	0,26	27,60	28,75	18,8	<b>18,8</b>
24			417	0,11			16,55	14,49	28,8	<b>25,2</b>
25					145	0,3	28,84	31,31	4,6	<b>4,6</b>
26			17	0,21			26,58	23,97	0,7	<b>0,6</b>

27		73	0,17		22,72	20,27	3,6	3,2	
28		249	0,06		11,07	9,47	26,2	22,5	
29		368	0,17		22,72	20,27	18,2	16,2	
30		240	0,06		11,07	9,47	25,4	21,7	
31		2664	0,13		18,66	16,45	161,9	142,8	
32				1239	0,26	27,60	28,75	43,1	<b>43,1</b>
33	418	0,31				36,44	39,94	10,5	10,5
34				95	0,37	31,02	35,78	2,7	2,7
35		439	0,08			13,30	11,50	38,1	<b>33,0</b>
36	871	0,18				31,38	29,55	29,5	27,7
37	351	0,25				34,11	35,14	10,0	<b>10,0</b>
38	228	0,29				35,67	38,34	5,9	5,9
39				70	0,49	34,76	43,45	1,6	1,6
40		3434	0,08			13,30	11,50	298,6	<b>258,2</b>
41		2231	0,17			22,72	20,27	110,1	98,2
42				699	0,88	46,90	68,36	10,2	<b>10,2</b>
43				837	0,59	37,87	49,84	16,8	16,8
44				1484	0,9	47,52	69,64	21,3	21,3
45		4939	0,15			20,71	18,37	268,8	<b>238,4</b>
46		615	0,12			17,61	15,47	39,8	34,9
47		3880	0,1			15,48	13,50	287,3	250,6
48				141	0,41	32,27	38,34	3,7	<b>3,7</b>
Summa	8769 m <sup>3</sup> fub	21467 m <sup>3</sup> fub	5447 m <sup>3</sup> fub					1835	1684

\*vol = volym (m<sup>3</sup>fub), \*\*m-st = medelstamsvolym (m<sup>3</sup>fub), \*Fetstil = byte av aggregat

## Bilaga 7

### Scenario 3

Trakt	Slutavv		Gallring		Övrigt		Produktivitet (m <sup>3</sup> fub/ G <sub>15</sub> -tim)		Tid per objekt (G <sub>15</sub> -tim/objekt)	
	Vol*	m- st**	vol	m-st	vol	m-st	340	360.2	360.2	340 + 360.2
1			306	0,06			10,51	8,96	34,0	28,8
2	569	0,21					32,65	32,14	16,7	15,8
3			120	0,09			14,18	12,31	9,9	8,5
4	589	0,30					35,95	38,93	14,4	<b>14,4</b>
5	1899	0,13					29,34	25,36	69,3	<b>58,2</b>
6	598	0,91					59,92	88,11	6,6	<b>6,6</b>
7	983	0,28					35,13	37,23	25,0	25,0
8	1064	0,61					47,94	63,52	16,2	16,2
9	804	0,30					35,95	38,93	19,6	19,6
10	45	0,19					31,82	30,45	1,4	<b>1,3</b>
11	2210	0,48					42,98	53,34	39,9	<b>39,9</b>
12	754	0,32					36,78	40,62	17,7	17,7
13	1213	0,17					30,99	28,75	39,4	<b>35,4</b>
14			306	0,12			17,72	15,57	20,1	17,5
15					92	0,17	24,64	22,68	3,9	3,4
16	3072	0,31					36,37	39,77	73,5	<b>73,5</b>
17					88	0,31	29,09	31,82	2,8	2,8
18					28	0,62	38,68	51,50	0,5	0,5
19			355	0,12			17,72	15,57	23,3	<b>20,3</b>
20	357	0,42					40,91	49,10	7,0	<b>7,0</b>
21	501	0,41					40,50	48,25	10,0	10,0
22			603	0,10			15,37	13,40	45,8	<b>39,6</b>
23					575	0,29	28,41	30,42	18,7	<b>18,7</b>
24			371	0,12			17,72	15,57	24,4	<b>21,2</b>
25					154	0,33	29,78	33,23	4,6	<b>4,6</b>

26		15	0,23		28,53	25,87	0,6	<b>0,5</b>	
27		65	0,19		24,39	21,86	3,1	2,7	
28		221	0,07		11,75	10,08	22,0	18,7	
29		327	0,19		24,39	21,86	15,4	13,7	
30		213	0,07		11,75	10,08	21,2	18,1	
31		2367	0,14		20,00	17,70	137,4	120,6	
32				1316	0,29	28,41	30,42	42,8	<b>42,8</b>
33	888	0,33			37,19	41,47	20,4	20,4	
34				101	0,41	32,18	38,15	2,7	2,7
35		390	0,09		14,18	12,31	32,1	<b>27,7</b>	
36	1849	0,19			31,82	30,45	56,9	52,7	
37	746	0,27			34,71	36,38	19,4	<b>19,4</b>	
38	484	0,31			36,37	39,77	11,6	11,6	
39				74	0,54	36,28	46,58	1,6	1,6
40		3052	0,09		14,18	12,31	251,6	<b>216,7</b>	
41		1983	0,19		24,39	21,86	93,6	83,1	
42				742	0,97	49,64	73,98	10,4	<b>10,4</b>
43				889	0,65	39,71	53,61	17,0	17,0
44				1576	0,99	50,33	75,39	21,7	21,7
45		4389	0,17		22,22	19,80	228,5	<b>201,7</b>	
46		547	0,13		18,87	16,64	33,7	29,5	
47		3448	0,11		16,55	14,49	243,0	211,1	
48				150	0,45	33,54	40,96	3,7	<b>3,7</b>
Summa	18625 m <sup>3</sup> fub	19078 m <sup>3</sup> fub	5785 m <sup>3</sup> fub				1835	1671	

\*vol = volym (m<sup>3</sup>fub), \*\*m-st = medelstamsvolym (m<sup>3</sup>fub), \*Fetstil = byte av aggregat

## Bilaga 8

### Scenario 4

Trakt	Slutavv		Gallring		Övrigt		Produktivitet (m <sup>3</sup> fub/ G <sub>15</sub> -tim)		Tid per objekt (G <sub>15</sub> -tim/objekt)	
	Vol*	m-st**	vol	m-st	vol	m-st	340	360.2	360.2	340 + 360.2
1			270	0,05			9,37	7,93	34,0	28,8
2	502	0,19					31,67	30,13	16,7	15,8
3			106	0,07			12,42	10,69	9,9	8,5
4	519	0,26					34,58	36,11	14,4	<b>14,4</b>
5	1674	0,11					28,75	24,15	69,3	<b>58,2</b>
6	527	0,80					55,71	79,46	6,6	<b>6,6</b>
7	867	0,24					33,85	34,61	25,0	25,0
8	938	0,53					45,14	57,78	16,2	16,2
9	709	0,26					34,58	36,11	19,6	19,6
10	39	0,17					30,94	28,63	1,4	<b>1,3</b>
11	1948	0,42					40,77	48,82	39,9	<b>39,9</b>
12	665	0,28					35,31	37,60	17,7	17,7
13	1069	0,15					30,21	27,14	39,4	<b>35,4</b>
14			270	0,10			15,37	13,40	20,1	17,5
15					81	0,14	23,71	20,77	3,9	3,4
16	2708	0,27					34,94	36,86	73,5	<b>73,5</b>
17					78	0,25	27,35	28,24	2,8	2,8
18					24	0,50	35,19	44,34	0,5	0,5
19			313	0,10			15,37	13,40	23,3	<b>20,3</b>
20	314	0,37					38,95	45,08	7,0	<b>7,0</b>
21	442	0,37					38,59	44,33	10,0	10,0
22			532	0,08			13,41	11,60	45,8	<b>39,6</b>
23					506	0,23	26,79	27,09	18,7	<b>18,7</b>
24			327	0,10			15,37	13,40	24,4	<b>21,2</b>
25					136	0,27	27,91	29,39	4,6	<b>4,6</b>
26			13	0,19			24,58	22,04	0,6	<b>0,5</b>

27		57 0,15		21,02	18,66	3,1	2,7
28		195 0,05		10,39	8,86	22,0	18,7
29		288 0,15		21,02	18,66	15,4	13,7
30		188 0,05		10,39	8,86	21,2	18,1
31		2086 0,12		17,30	15,18	137,4	120,6
32			1160 0,23	26,79	27,09	42,8	<b>42,8</b>
33	782 0,29			35,67	38,35	20,4	20,4
34			89 0,33	29,87	33,42	2,7	2,7
35		344 0,07		12,42	10,69	32,1	<b>27,7</b>
36	1630 0,17			30,94	28,63	56,9	52,7
37	657 0,23			33,49	33,87	19,4	<b>19,4</b>
38	427 0,27			34,94	36,86	11,6	11,6
39			66 0,44	33,23	40,32	1,6	1,6
40				4,08	3,20	0,0	<b>0,0</b>
41		1748 0,15		21,02	18,66	93,6	83,1
42			654 0,79	44,16	62,74	10,4	<b>10,4</b>
43			783 0,53	36,04	46,07	17,0	17,0
44			1389 0,81	44,72	63,89	21,7	21,7
45		3868 0,14		19,18	16,93	228,5	<b>201,7</b>
46		482 0,11		16,34	14,30	33,7	29,5
47		3039 0,09		14,40	12,51	243,0	211,1
48			132 0,37	30,99	35,72	3,7	<b>3,7</b>
Summa	16415 m <sup>3</sup> fub	14124 m <sup>3</sup> fub	5098 m <sup>3</sup> fub			1835	1655

\*vol = volym (m<sup>3</sup>fub), \*\*m-st = medelstamsvolym (m<sup>3</sup>fub), \*Fetstil = byte av aggregat