



# **Kartläggning av överlappande arbetsmoment vid slutavverkning med drivarprototypen Komatsu X19**

*Charting overlapping work elements during final felling with the  
harwarder prototype Komatsu X19*



**Frida Vesterlund**

**Arbetsrapport 15 2016  
Examensarbete 30hp A2E  
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:  
Ola Lindroos**

---

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



# **Kartläggning av överlappande arbetsmoment vid slutavverkning med drivarprototypen Komatsu X19**

*Charting overlapping work elements during final felling with the  
harwarder prototype Komatsu X19*

**Frida Vesterlund**

**Nyckelord:** *Drivning, maskinsystem, drivare, automation, arbetsmetod, drivningskoncept*

Arbetsrapport 15 2016

Master thesis in Forest Management at the Department of Forest Biomaterials and Technology, 30 hp  
EX0772, Jägmästarprogrammet

Handledare: Ola Lindroos, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi Examinator:  
Urban Bergsten, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

---

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2016

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

## **Förord**

Denna studie är ett examensarbete motsvarande 30 högskolepoäng i skogshushållning med inriktning på skogsteknologi. Studien är utförd vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi på Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå.

Jag vill tacka mina handledare Ola Lindroos (SLU), Jonas Eriksson (Holmen Skog) och maskinförarna som gjort denna studie möjlig.

Umeå, januari 2015

*Frida Vesterlund*

## Sammanfattning

Examensarbetet består av en kvantitativ del, en tidsstudie av drivarprototypen Komatsu X19 med funktion för snabbbyte av skördaraggregat och grip, och en kvalitativ del, en intervju av de två förare som körde drivaren. Kranarbete var den arbetskategori som utfördes i störst utsträckning under de två studerade lasserna med en medelduration på 1 453 s/lass (39 % av den totala tiden). Arbetsmomenten kran ut och kran in hade längst medeldurationer, kran ut utfördes 648 s/lass och kran in 434 s/lass. Under 71,4 % av den produktiva arbetstiden utfördes bara ett arbetsmoment åt gången, som mest utfördes fyra arbetsmoment. Överlapp mellan arbetsmoment, och produktivitetshöjning, skulle kunna ske i högre utsträckning genom utveckling av autonoma funktioner. Lastbärararbetet var arbetskategorin med högst andel överlapp, det utfördes simultant med andra arbetskategorier under 82 % av tiden medan kranarbete skedde simultant med andra kategorier under 55 %. Potentiella tidsbesparingar kunde uppskattas i de avverknings-/lastningscykler och lossningscykler som utfördes. Sammantaget var den uppskattade potentiella tidsbesparingen genom delautomation i avverknings-/lastningscyklerna och lossningscyklerna 5,2 % av totaltiden för lass 1 och 5,5 % för lass 2. I den kvalitativa studien framkom bl.a. vikten av att maskinen skulle bära med sig gripen för att möjliggöra utläggning av massaved över partier med låg bärighet. Även ökad rotationsvidd för hytten, hydraulisk breddning av lastbäraren och en kran med förbättrad rörelsegeometri nära maskinen bedömdes som önskvärt. Ytterligare studier behövs kring automationspotentialen bl.a. när det gäller vilka av förarens arbetsuppgifter som främst bör automatiseras för att förbättra både effektivitet och arbetsmiljö.

*Nyckelord: Drivning, maskinsystem, drivare, automation, arbetsmetod, drivningskoncept*

## Abstract

This report contains a quantitative part, a time study made of the harwarder prototype Komatsu X19 with the possibility to change from grapple head to harvester assembly, and a qualitative part consisting interviews with the two operators driving the machine. Crane operation was the largest operation category during the two studied loads with a mean duration of 1 453 s/load (39 % of the total duration). The work elements crane out and crane in had the longest mean durations, crane out was performed during 648 s/load and crane in 434 s/load. During most of the productive work time, 71.44 %, no overlaps between work elements were performed. However, all of the work elements overlapped with another work element at least once during the study. Four work elements were executed simultaneously at the most. Overlaps between work elements could take place more often, which would result in a reduced time consumption per volume of wood harvested and extracted. Load carrier operation was the operation category executed simultaneously with other operation categories during the largest proportion of its total time (82 %). Crane operation was executed simultaneously with other operation categories during 55 % of its total time. Potential time savings were estimated in the executed harvesting-/loading cycles and unloading cycles. The time saving trough automation of some parts in those cycles were estimated to 5.2 % of the total time for load 1 and 5.5 % for load 2. In the qualitative study the importance of carrying the grapple head on the cab to make it possible to place pulpwood on wet areas with low carrying capacity was one of the things discussed. Increased rotation range for the cab, hydraulic widening of the load carrier and improved crane geometry were also some of the improvements pointed out as desirable by the operators. Further studies are warranted to build on to the detail knowledge of harwarder's work and automation potential to make it possible to draw conclusions about what to automate to improve both work environment and the efficiency.

*Keywords: Logging, extraction, hauling, machine system, harwarder, automation, working method, work element*

## Innehållsförteckning

|  |    |
|--|----|
| Bakgrund .....                                   | 6  |
| Syfte .....                                      | 9  |
| Material och metoder .....                       | 10 |
| Förutsättningar .....                            | 10 |
| Maskintyp.....                                   | 10 |
| Studielokal.....                                 | 12 |
| Förarna .....                                    | 13 |
| Datainsamling.....                               | 13 |
| Kvantitativ studie .....                         | 13 |
| Kvalitativ studie .....                          | 16 |
| Förarens arbetsmetod .....                       | 16 |
| Resultat.....                                    | 18 |
| Kvantitativ studie .....                         | 18 |
| Arbetscykel.....                                 | 18 |
| Överlapp .....                                   | 20 |
| Analys av potential för ökad andel överlapp..... | 24 |
| Kvalitativ studie .....                          | 26 |
| Diskussion .....                                 | 27 |
| Kvantitativ studie .....                         | 27 |
| Metodens styrkor och svagheter.....              | 30 |
| Kvalitativ studie .....                          | 31 |
| Metodens styrkor och svagheter.....              | 32 |
| Framtida studier.....                            | 33 |
| Slutsatser .....                                 | 33 |
| Referenser.....                                  | 34 |
| Personlig kommunikation .....                    | 35 |
| Bilaga 1. ....                                   | 36 |
| Bilaga 2. ....                                   | 40 |
| Avverknings-/ lastningscykel.....                | 40 |
| Lossningscykel.....                              | 42 |

## Bakgrund

Det konventionella tvåmaskinsystemet med engreppsskördare och skotare dominerar idag i det svenska skogsbruket. I detta system avverkar och apterar skördaren träden och lämnar sortimentvis uppdelat virket på marken, vilket gör att ett så kallat skogslager skapas. Skogslagret fraktas till väg med hjälp av en skotare, där ett väglager bildas som sedan hämtas av timmerbil och körs till industri eller terminal. Efter drygt 30 års utveckling av maskinsystemet kan det nu räknas som väl anpassat till de svenska förhållandena, vilket innebär att det är svårt att hitta förbättringar som leder till några större produktivitetshöjningar. Jakten på ökad effektivitet, minskad miljöpåverkan och ökad kvalitet för högre netto i skogsbruket leder till att man nu söker efter utvecklingspotential i andra maskinsystem (Bergqvist, 2010).

Sedan början av mekaniseringen har en idé funnits om en maskin som kan genomföra samtliga arbetsmoment i drivningsarbetet. Man vill alltså ha en maskin som både avverkar, apterar och skotar virket till väg (Ringdahl, et al., 2012, Bergqvist, 2010). Flera versioner har utvecklats i detta koncept under årens lopp och har fått det gemensamma namnet drivare. I början på 1990-talet utvecklades en drivare som kunde genomföra samtliga arbetsmoment i drivningsarbetet men saknade möjlighet till direktlastning. Vid direktlastning lastas stockarna på lastbäraren vid upparbetning istället för att de först läggs på marken för att sedan lastas på lastbäraren. I slutet av 1990-talet utvecklade Valmet en prototyp för en slutavverkningsdrivare med direktlastningsmöjligheter, tack vare ett tilt- och vridbart lastutrymme (Bergqvist, 2010). Detta resulterade i seriemaskinen Valmet 801 Combi år 2001, en drivare med tilt- och vridbart lastutrymme, som under 2000-talet användes i praktiskt drift i 5-10 exemplar (Bergqvist, 2010). Med det justerbara lastutrymmet kunde avverkningsproduktiviteten hos drivaren öka med 6 % i slutavverkning och 20 % i gallring tack vare direktlastning (Wester & Eliasson, 2003).

Drivaren konkurrensförmåga gentemot det konventionella tvåmaskinsystemet har i teoretiska studier visat sig vara relativt okänslig för olika beståndsegenskaper (Lindroos, 2012). Det är en egenskap som saknas hos andra möjliga maskinsystem med direktlastning, exempelvis ”Besten-systemet”, vars samarbetande maskiner endast har fördelar mot det konventionella tvåmaskinsystemet vid väldigt specifika förhållanden (Ringdahl, et al., 2012). I en jämförande studie med det konventionella systemet visade det sig, under basantaganden, att det konventionella systemet endast vara konkurrenskraftig vid låg medelstamvolym (<0,3 m<sup>3</sup>) och långt terrängtransportavstånd (>500 m). Med ett antagande om att 10 % mer tid krävs vid avverkning och lossning med drivarkonceptet än med det konventionella systemet blev drivarkonceptet endast konkurrenskraftig kort terrängtransportavstånd och en medelstamvolym under 0,4 m<sup>3</sup> (<100 m om <0,4 m<sup>3</sup>). Vid högre medelstamvolym än 0,4 m<sup>3</sup> var dock drivarkonceptet mer konkurrenskraftig med detta antagande. Med antagandet om 100 % utnyttjandegrad på maskinen var drivarkonceptet det mest konkurrenskraftiga under alla betingelser (Lindroos, 2012).

En känslighetsanalys visar att drivarkonceptet har potential att vara lönsammare än det konventionella systemet om de fasta maskinkostnaderna är rätt. Om de fasta maskinkostnaderna för drivaren är 17 % högre än för en konventionell skördare finns potential för den att vara mer lönsam i samtliga delar av landet. Om de fasta kostnaderna ligger 30 % över den konventionella skördaren är den mindre lönsam i de norra och mellersta delarna av landet. Vid 44 % högre fasta kostnader är drivaren lika lönsam som



det konventionella systemet i landets södra delar (Ringdahl, et al., 2012). Längre såg man främst drivaren som en konkurrent till det konventionella systemet i gallring, men det finns en viss oenighet om var och när drivaren är lämpligast att användas (Bergqvist, 2010, Ringdahl, et al., 2012, Lindroos, 2012).

Vid direktlastning tvingas man i skotningsfasen till hantering av fler sortiment än i det konventionella systemet. Varje sortiment som tillkommer påverkar produktiviteten negativt för både avverkning och skotning (Brunberg & Arlinger, 2001, Ringdahl, et al., 2012). För drivarkonceptet finns både administrativa fördelar och områden med teknisk förbättringspotential som gör det möjligt för drivaren att konkurrera med den konventionella metoden, trots utmaningen med sortimentshantering. Grundtanken med drivarkonceptet är att direktlastningen ska leda till ett arbetsmoment, lastning, försvinner gentemot den konventionella metoden. Ytterligare en fördel är att bara en maskin behövs vid avverkning, upparbetning och skotning, vilket minskar flyttkostnader.

I det konventionella systemet är skotaren indirekt beroende av skördaren och väntetider kan därför uppstå för skotaren (Lindroos, 2012). Väntetiderna kan minskas genom att exempelvis bygga upp en buffert för skotaren att jobba med i form av ett skogslager (Lindroos, 2009). En interaktion mellan skördare och skotare behöver inte ske vid direktlastning. Avverkningen och skotningen är helt integrerat, systemet är ”hett”, vilket borde leda till minskade väntetider. I och med att skotning och avverkning alltid är i fas med varandra glöms inget virke i snö eller förorenas då det inte läggs på marken. Det finns inte heller något skogslager som riskerar att bli förstört under den varma säsongen och det blir mer tillförlitliga uppgifter om vilka volymer och sortiment som finns i väglagret (Bergqvist, 2010).

Trots många fördelar har efterfrågan av drivare varit begränsad hos entreprenörerna främst på grund av låg produktivitet, vilket man bland annat såg med Valmet 801 Combi (Bergqvist, 2010). För att höja produktiviteten kan framryckningshastigheten, lastvolymen och kapaciteten på kran och aggregat förbättras (Bergqvist, 2010).

Sedan Valmet 801 Combi har Valmet (som numera heter Komatsu) utvecklat prototypen Komatsu X19, som togs i praktiskt bruk i maj 2014. Komatsu X19 är en mer utpräglad slutavverkningsdrivare och är resultatet av ett samarbetsprojekt mellan Komatsu och flertalet svenska skogsbolag. Prototypens chassi och drivlina bygger på Komatsu 895, som är Komatsus största skotare. Ramsystem, hytt, kran, apteringsdator och lastutrymme är hämtat från skördare eller är specialkonstruerade. Lastutrymmet är tilt- och roterbart liksom hytten (Bildström, 2014). Drivaren har en snabbkoppling som gör redskapsbytet (byte mellan skördaraggregat och grip) möjligt utan att föraren behöver lämna hytten. Just redskapen har varit en flaskhals i tidigare drivarversioner, där exempelvis 801 Combin var utrustat med kombiaggregatet Komatsu 330 Duo som hade en låg lastnings- och lossningskapacitet jämfört med konventionella gripar. Den begränsningen ansågs vara anledningen till den uppskattade 5 % lägre skotningsproduktivitet än det konventionella systemet (Asikainen, 2004). Komatsu X19 har högre lastkapacitet samt högre kapacitet på kran och aggregat än Valmet 801 Combi, vilket var några av de utpekade områdena med förbättringspotential hos tidigare drivare.

De första preliminära resultaten visar att modellen Komatsu X19 står sig bättre än tidigare typer av drivare. Den tekniska utnyttjandegraden är hög, liksom produktiviteten. Jämfört

med tidigare drivarversioner har produktiviteten förbättrats vid längre skotningsavstånd och grov skog (Jonsson, 2015).

Teknisk utveckling införlivas löpande i såväl konventionella som nya maskinsystem, och fördelar i ett system kan appliceras på andra system förutsatt att det inte finns några grundläggande begränsningar. Det finns en teoretisk potential för drivaren bara tekniska utmaningar kan lösas. Fram till dess är den faktiska potentialen, som konstruerade och testade drivare uppvisar, inte vad som kan förväntas utifrån teoretiska beräkningarna (Ringdahl, et al., 2012 & Lindroos, 2012).

Utöver teknisk utveckling så finns det utmaningar för föraren att hantera de alltmer komplexa maskinerna, och komplexiteten ökar ju mer maskinerna skall utföra och ju snabbare det skall göras. Därför ses skogsmaskinförare ibland som en flaskhals och en utveckling mot mer självgående maskiner kan därför vara önskvärd. Föraren behöver avlastas både fysiskt och mentalt för att kunna öka produktiviteten (Löfgren, 2013). Det finns mycket kvar att lösa för att komma dit, då arbete med avseende på sådant som utmärks av skicklighet, individuell påverkan och kvalificerat arbete kan vara svåra att skala bort. Det okvalificerade arbetet kan via automation skalas bort, vilket gör att föraren kan fokusera på det kvalificerade arbetet. Det aktuella målet är således inte att helt automatisera drivningsarbetet utan snarare att utveckla olika typer av halvautonoma system där människor fortfarande är involverade, främst i beslutsfattandet (Zylberstein, 1993 & Hellström, et al., 2009).

Automatiserade system möjliggör simultant arbete i högre grad så skogsmaskinförarens uppmärksamhet kan riktas på andra uppgifter medan ett moment utförs autonomt (Bossé & Breton, 2003). Kranrörelse under lastning, lossning och sortering av sortiment, positionering av grip eller skördaraggregat och placering av kran i lämpligt läge under körning är antal arbetsmoment som borde kunna automatiseras helt eller delvis (Hellström, et al., 2009). Om föraren kan rikta uppmärksamheten på andra uppgifter under tiden som arbetsmoment sker autonomt finns möjlighet till att arbetsmoment i större utsträckning ska kunna utföras simultant (det vill säga helt eller delvis överlappande).

För att utforma ett framgångsrikt halvautonomt system där människor fortfarande är involverade måste både tekniska och mänskliga komponenter förstås. Kapaciteten för en maskinkomponent är relativt enkelt att förutsäga jämfört med modellering av det mänskliga beteendet. Det mänskliga beteendet är särskilt viktigt vid arbete i terrängmaskiner, eftersom föraren då har ett stort inflytande på maskinens kapacitet när arbetsförhållandena är mycket varierande. En beskrivning av ett gränssnitt mellan maskin, människa och omgivning kan hjälpa maskinkonstruktörer genom att identifiera viktiga behov för teknisk utveckling (Häggström 2015). Det kan också hjälpa metodutbildare att förklara operatörens arbetsuppgifter bättre (Gellerstedt, 2002 & Zylberstein, 1993).

En viktig del i den tekniska utvecklingen är exempelvis att förstå hur drivararbetet utförs och i vilken omfattning flera arbetsmoment utförs samtidigt. Sådan information är ovanlig för det konventionella systemet och än mer sällsynt för drivare.

## *Syfte*

Syftet med denna studie var att kartlägga drivaren Komatsu X19s arbetscykel för att ta fram delar i drivararbetet med potential till automation samt undersöka vilken effekt automationen skulle ha på den totala tidsåtgången. Studien syftade även till att generellt belysa det studerade drivarkonceptet och arbetsmetoden, utifrån förarnas perspektiv, med fokus på begränsningar och brister.

## **Material och metoder**

För att kartlägga Komatsu X19s arbetscykel genomfördes en kvantitativ tidsstudie med hjälp av insamlat filmmaterial. Även kvalitativa intervjuer med de två förarna genomfördes för att få input till drivarkonceptet och dess tekniska delar, förarens arbetsmetod, förbättringspotential och möjlighet till automation.

### ***Förutsättningar***

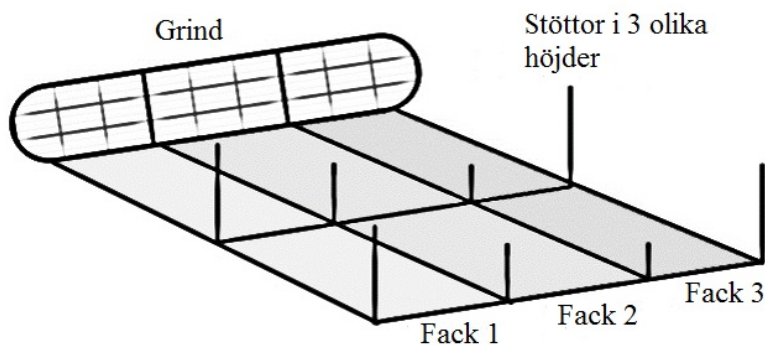
#### **Maskintyp**

Komatsu X19 är en drivare som kan utföra arbetsmoment som annars kräver både skördare och skotare. Den studerade drivaren hade en lastkapacitet på 19 000 kg vilket tillsammans med maskinvikten gav en totalvikt på 46 400 kg. I totalvikten räkas inte aggregatet Komatsu 365 eller gripen Cranab CR360HD med, vilka vägde 1 200 respektive 340 kg. Maskinen hade en nominell bredd på 3 150 mm och en markfrigång på 760 mm. Hytten var roterande med en svängradie på 360 grader med fast kran. Lastbäraren var roterande och tiltbar och mekanisk breddning gjorde lastarean flexibel (Tabell 1).

**Tabell 1.** Tekniska data för drivaren Komatsu X19  
*Table 1. Technical data for the harrower Komatsu X19*

| Maskinbeskrivning            | Data                         | Källa             |
|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| <u>Grund</u>                 |                              |                   |
| Totalvikt (kg)               | 46 400                       | (Annemalm, 2016)  |
| Maskinvikt (kg)              | 27 400                       | (Annemalm, 2016)  |
| Lastkapacitet (kg)           | 19 000                       | (Annemalm, 2016)  |
| Minsta transporthöjd (mm)    | 3 950                        | (Annemalm, 2016)  |
| Maskinbredd (mm)             | 3 150                        | (Annemalm, 2016)  |
| Markfrigång (mm)             | 760                          | (Annemalm, 2016)  |
| <u>Hytt</u>                  |                              |                   |
| Typ                          | Roterande med kran           | (Annemalm, 2016)  |
| Nivellering                  | Automatisk                   | (Annemalm, 2016)  |
| Tiltvinkel fram/bak (°)      | 22/20                        | (Annemalm, 2016)  |
| Tiltvinkel sidled (°)        | 17/17                        | (Annemalm, 2016)  |
| Styrvinkel (°)               | 42                           | (Annemalm, 2016)  |
| Svängradie (°)               | 360                          | (Annemalm, 2016)  |
| <u>Lastbärare</u>            |                              |                   |
| Typ                          | Kontinuerlig rotation        | (Annemalm, 2016)  |
| Area                         | Flexibel. Mekanisk breddning | (Annemalm, 2016)  |
| Tiltvinkel (°)               | ±15                          | (Annemalm, 2016)  |
| <u>Aggregat</u>              |                              |                   |
| Modell                       | Komatsu 365                  | (Komatsu, 2016)   |
| Vikt (kg)                    | Från 1200                    | (Komatsu, 2016)   |
| Matningshastighet (m/s)      | 0,5                          | (Komatsu, 2016)   |
| Fälldiameter, teor. max (mm) | 650                          | (Komatsu, 2016)   |
| <u>Grip</u>                  |                              |                   |
| Modell                       | Cranab CR360HD               | (Cranab AB, 2015) |
| Vikt                         | 340                          | (Cranab AB, 2015) |

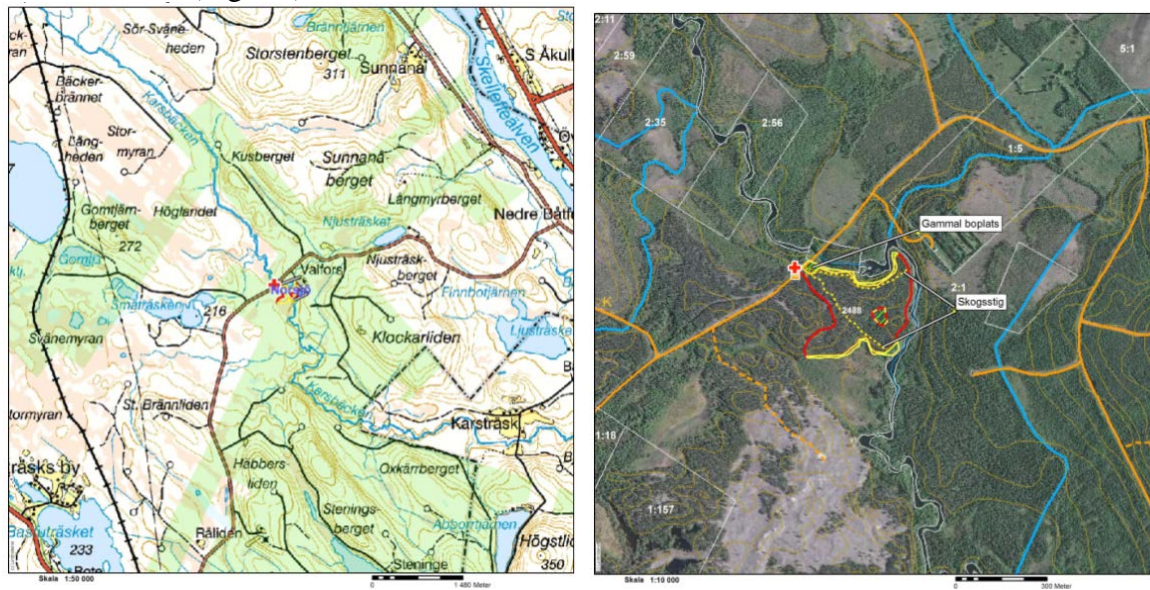
Lastbäraren hade tre sorteringsfack som avgränsades med stöttor av olika höjd (Figur 1). Fack 1 och 3 var justerbara, där kan de yttre stöttorna förflyttas inåt eller utåt beroende på om man vill att fackets utrymme ska bli mindre eller större.



**Figur 1.** Lastbärarens utformning.  
*Figure 1. Load carrier design.*

## Studielokal

Studien genomfördes i ett slutavverkningsbestånd på Holmen Skogs mark i Norsjö distrikt i Västerbotten (Figur 2).



**Figur 2.** Översiktskarta och ortofoto över studielokalens placering.  
*Figure 2. Overview map and orthophoto over the study area.*

Enligt traktdirektivet, som innehåller skattningar för hela beståndet före avverkning, var terrängtransportavståndet 200 m enkel väg. Beståndets medelstamvolym var uppskattad till 0,22 m<sup>3</sup>fub, medan terrängförhållanden (GYL) och trädslagsblandning saknades i traktdirektivet.

Under studien studerades två lass (vändor). Det verkliga transportavståndet mättes inte upp under dessa lass. Drivarens mätdata per trädslag (Tabell 2) samt per lass (Tabell 3) inhämtades för den tid som studien pågick. Föraren läste av lastad volym från skördardatorn i heltal, därav redovisas dessa siffror som ungefärliga tillsammans med medelstamvolymen som baserades på den lastade volymen. Medelstamvolymen för den studerade tiden var betydligt högre (0,43 m<sup>3</sup>fub) än den uppskattade medelstamvolymen över hela beståndet (0,22 m<sup>3</sup>fub)(Tabell 3). Trädslagsblandningen (Tabell 2) resulterade i tre sortiment, talltimmer, klentimmer och barmassaved.

**Tabell 2.** Drivarens mätdata per trädslag

*Table 2. Harwarder measuring data per tree species*

| Data                                | Tall | Gran | Totalt |
|-------------------------------------|------|------|--------|
| Antal stammar (st)                  | 100  | 3    | 103    |
| Volym (m <sup>3</sup> fub)          | 43,4 | 0,3  | 43,7   |
| Medelstamvolym (m <sup>3</sup> fub) | 0,43 | 0,09 | 0,42   |
| Enskilt upparbetade stammar (st)    | 100  | 3    | 103    |

**Tabell 3.** Drivarens mätdata per lass

*Table 3. Harwarder measuring data per load*

| Data   | Lass 1 | Lass 2 | Totalt |
|--|--------|--------|--------|
| Antal stammar (st)                             | 43     | 60     | 103    |
| Ungefärlig volym (m <sup>3</sup> fub)          | 22     | 22     | 44     |
| Ungefärlig medelstamvolym (m <sup>3</sup> fub) | 0,51   | 0,37   | 0,43   |

## Förarna

Förare 1 var en medelålders man, med 35 års erfarenhet av att köra skogsmaskin. Han hade bland annat arbetat med fällare-läggare, skotare, drivaren Valmet 801 combi och tvågreppsskördaren ÖSA 260-706. Föraren beskrev sig själv som en analytiker som inte är rädd för att prova nya saker. Förare 2 var även han en medelålders man, som framförallt hade erfarenhet av att köra skotare men även skördare vid behov. Föraren körde drivaren under en testperiod, hösten 2015. Förare 1 körde drivaren vid tidsstudien och intervjuades medan förare två endast intervjuades.

## Datainsamling

Ett filmmaterial innehållande två lass (två avverknings- och lastningscykler) samlades in i slutet av augusti 2015 med hjälp av 4 videokameror av olika typ och med olika positioneringar (Tabell 4).

**Tabell 4.** Kamerornas typ, positionering och beskrivning av vad filmmaterialet användes till  
*Table 4. Positioning of the 4 cameras, type of camera and description of how the film material was used in the study*

| <b>Kamera</b> | <b>Kameratyp</b> | <b>Positionering</b>                              | <b>Användning</b>                  |
|---------------|------------------|---|------------------------------------|
| 1             | HDV (Canon)      | På marken, <i>filmar hela maskinen</i>            | Kvantitativ studie                 |
| 2             | HDV (GoPro)      | På förarens huvud, <i>filmar det föraren ser</i>  | Beskrivning av förarens arbetssätt |
| 3             | HDV (GoPro)      | I hytten, <i>filmar föraren och hans rörelser</i> | Beskrivning av förarens arbetssätt |
| 4             | HDV (GoPro)      | På hytten, <i>filmar kranarbetet</i>              | Kvantitativ studie                 |

## Kvantitativ studie

Tidsstudien genomfördes manuellt i ELAN (Max Planck Institute for Psycholinguistics, The Netherlands) som är en mjukvara för videotranskription. I tidsstudien användes främst filmen från kamera 4, men vid behov användes även filmen från kamera 1. Under tidsstudien kartlades tidsåtgången för arbetsmoment uppdelat i arbetskategorier beroende på vilken del av drivaren som användes (Tabell 5). Som grund för arbetsmomentindelningen användes arbetsmomenten i Wester & Eliassons (2003) drivarstudie, kompletterat med nya arbetsmoment anpassade till den aktuella drivaren. Tidsstudien genomfördes i två steg. Först märktes alla arbetsmoment för samtliga arbetskategorier ut i filmen och därefter märktes överlappen mellan arbetsmomenten ut. På detta vis skapades rådata över hela studietidens arbetsmoment inklusive överlapp. Rådatat över de två lassen bearbetades sedan var för sig när momenten i arbetscykeln kartlades medan medeltider för de två lassen användes vid kartläggning av överlapp.

**Tabell 5.** Beskrivning av arbetsmoment för tidsstudien

*Table 5. Work elements for the time study*

| <b>Arbetskategori &amp; arbetsmoment</b> | <b>Definition</b>   |
|--|---|
| <u>Kranarbete</u>                        |   |
| <i>Kran ut</i>                           | Började när aggregatet förflyttades från drivaren mot ett träd eller en stock. Slutade när aggregatet rörde vid ett träd eller stock eller när rörelsen avstannade.   |
| <i>Kran in</i>                           | Började när aggregatet förflyttades mot drivaren, endera tom eller med virke. Slutade när virket släpptes eller när rörelsen avstannade.  |
| <i>Positionering</i>                     | Pågick under tiden som kranen användes för att positionera virket på lastbäraren innan apteringskap vid direktlastning samt när positionering av grip på lastbäraren gjordes vid lossning.                        |
| <u>Aggregatarbete</u>                    |   |
| <u>Fällning</u>                          |   |
| <i>Kapning</i>                           | Började när kvistknivarna omfamnade trädet och slutade när trädet föll i backen. Innefattade även kapning och matning som gjordes under tiden då trädet var luften.   |
| <i>Matning</i>                           | Pågick under tiden som svärdet var i rörelse vid upparbetningen. Började när matarhjulen började rulla mot ett träd. Slutade när rörelsen på hjulen avstannat helt. Delades upp i matning av stock 1, 2, 3 och 4. |
| <i>Topp</i>                              | Pågick under tiden som aggregatet öppnades för att släppa toppen.   |
| <i>Sortering</i>                         | Pågick under tiden som aggregatet/gripen användes för att justera virket på lastbäraren eller i vältan.   |
| <i>Grip stäng</i>                        | Pågick under tiden som gripen stängdes för att omfamna virke på lastbäraren.  |
| <i>Grip öppna</i>                        | Pågick under tiden som gripen öppnades för att släppa virket på vältan.   |
| <i>Koppla aggregat</i>                   | Pågick under tiden som aggregatet kopplades på under redskapsbytet.   |
| <i>Lossa aggregat</i>                    | Pågick under tiden som aggregatet lossades under redskapsbytet.   |
| <i>Koppla grip</i>                       | Pågick under tiden som gripen kopplades på under redskapsbytet.   |
| <i>Lossa grip</i>                        | Pågick under tiden som gripen lossades under redskapsbytet.   |
| <u>Lastbärrarbete</u>                    |   |
| <i>Justering lastbärare</i>              | Pågick under tiden som drivarens lastutrymme roterades, tiltades eller på annat sätt var i rörelse.   |
| <u>Körning</u>                           |   |
| <i>Körning tom</i>                       | Pågick under tiden som drivarens hjul rullade från avlägg till bestånd med tom lastbärare.  |
| <i>Körning under lastning</i>            | Pågick under tiden som drivarens hjul rullade under avverkning/lastning.  |
| <i>Körning fullastad</i>                 | Pågick under tiden som drivarens hjul rullade från bestånd till avlägg.   |
| <i>Körning under lossning</i>            | Pågick under tiden som drivarens hjul rullade under lossning.   |
| <u>Övrigt</u>                            |   |
| <i>Störningar</i>                        | Icke produktiv tid. Pågick under tiden där inga andra arbetsmoment inträffade.  |



De egenskaper som drivarens beståndsdelar har var grunden till vilka arbetsmoment som kan genomföras och vilka arbetsmoment som kunde överlappa varandra. Baserat på vilken del av maskinen som används leder detta till att ett arbetsmoment inte kan överlappas av ett annat arbetsmoment i samma kategori (Tabell 5). Dessutom kan inte överlapp ske mellan arbetsmomenten i avverknings- och lossningscyklerna, då de inte pågår under samma tidsperiod (Tabell 6).

**Tabell 6.** Arbetsmoment som kan överlappa helt eller delvis, baserat på vilken arbetskategori arbetsmomentet är placerat i

*Table 6. Work elements which may overlap completely or partly, based on which work category the element is placed in*

| Arbetsmoment                  | Nummer | Överlapp helt/delvis   |                 |
|-------------------------------|--------|------------------------|-----------------|
|                               |        | med nr                 | Arbetskategori  |
| <i>Fällning</i>               | 1      | 4, 8-9, 11-12, 17      | Aggregatarbete  |
| <i>Grip stäng</i>             | 2      | 4, 8-11, 13, 17        | Aggregatarbete  |
| <i>Grip öppna</i>             | 3      | 4, 8-11, 13, 17        | Aggregatarbete  |
| <i>Justering lastbärare</i>   | 4      | 1-3, 5-19              | Lastbärararbete |
| <i>Kapning</i>                | 5      | 4, 8-9, 11-12, 17      | Aggregatarbete  |
| <i>Koppla aggregat</i>        | 6      | 4, 8-11, 17            | Aggregatarbete  |
| <i>Koppla grip</i>            | 7      | 4, 8-11, 17            | Aggregatarbete  |
| <i>Kran in</i>                | 8      | 1-7, 10-16, 18-19      | Kranarbete      |
| <i>Kran ut</i>                | 9      | 1-7, 10-16, 18-19      | Kranarbete      |
| <i>Körning fullastad</i>      | 10     | 2-4, 6-9, 14-15, 17-19 | Körning         |
| <i>Körning tom</i>            | 11     | 1-9, 14-19             | Körning         |
| <i>Körning under lastning</i> | 12     | 1, 4-5, 8-9, 16-19     | Körning         |
| <i>Körning under lossning</i> | 13     | 2-4, 8-9, 17-18        | Körning         |
| <i>Lossa aggregat</i>         | 14     | 4, 8-11, 17            | Aggregatarbete  |
| <i>Lossa grip</i>             | 15     | 4, 8-11, 17            | Aggregatarbete  |
| <i>Matning</i>                | 16     | 4, 8-9, 11-12, 17      | Aggregatarbete  |
| <i>Positionering</i>          | 17     | 1-7, 10-16, 18-19      | Kranarbete      |
| <i>Sortering</i>              | 18     | 4, 8-13, 17            | Aggregatarbete  |
| <i>Topp</i>                   | 19     | 4, 8-12, 17            | Aggregatarbete  |
| <i>Störning</i>               | 20     | -                      | Övrigt          |

Utöver arbetskategorierna och dess underliggande arbetsmoment skapades även några övergripande arbetsmoment för att kunna sammanfatta de två lassen i kronologisk ordning. Dessa arbetsmoment innefattade alla cykler under avverkning/lastning och lossning, men även körning tom, körning fullastad och redskapsbyte (Tabell 7). I dessa övergripande arbetsmoment räknades även den icke produktiva tiden, störningarna, med.

**Tabell 7.** Beskrivning av de övergripande arbetsmomenten i studien  
*Table 7. Description of the general work elements in the study*

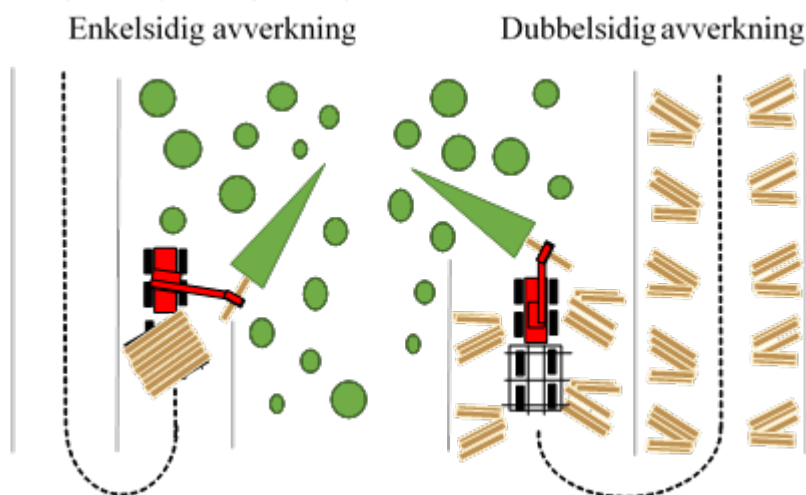
| <b>Övergripande arbetsmoment</b> | <b>Definition</b>  |
|----------------------------------|--|
| Körning tom                      | Pågick under tiden som drivarens hjul rullade från avlägg till bestånd med tom lastbärare.   |
| Körning fullastad                | Pågick under tiden som drivarens hjul rullade från bestånd till avlägg med fullastad lastbärare.   |
| Avverkning/lastning              | Började när hjulen slutat rulla för att justera lastbäraren inför lastning eller när kranen gick ut mot lassets första stam. Slutade när sista stocken är lastad och lastbäraren är justerad för körning från bestånd till avlägg. |
| Lossning                         | Började när hjulen slutat rulla vid avlägg/lastbäraren justeras inför lossning eller när kranen gick mot lasset. Slutade när sista stocken var lossad och hjulen börjar rulla mot beståndet.                                       |
| Redskapsbyte                     | Började när hjulen avstannade inför bytet. Slutade när hjulen började rulla igen.  |

### ***Kvalitativ studie***

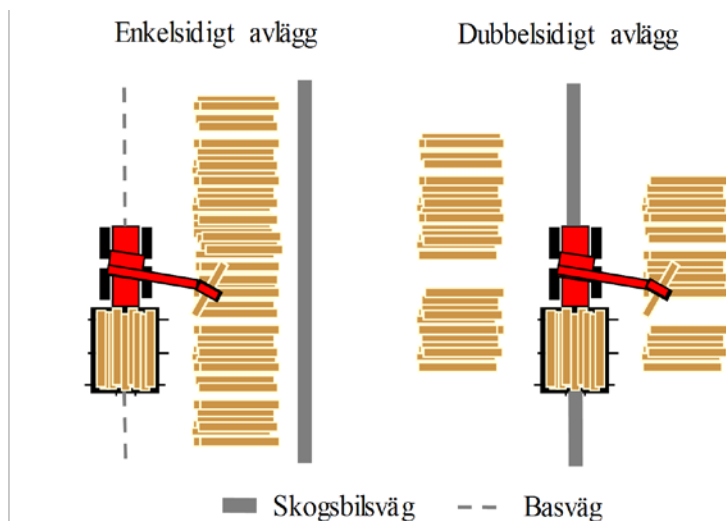
De två förarna fick berätta öppet om tankarna kring en kommande seriemaskin och prototypens Komatsu X19 styrkor och svagheter. Också vad som var speciellt när det gäller manövrering av och dess svårigheter avhandlades. Förarna fick dessutom berätta om tidigare erfarenheter och om de såg något speciellt med den metod som de använder sig av jämfört med andra förare.

### **Förarens arbetsmetod**

Under studien genomfördes redskapsbytet mellan fällaggregat och grip vid avlägg där aggregatet ställdes mot massaved i bakkant för att få rätt vinkel på snabbkopplingsplattan. Väl inne i beståndet användes enkelsidig avverkning med direktlastning (Figur 3) på grund av den begränsande kran- och hyttgeometrin (Lidén, 2015). En alternativ avverkningsmetod till detta hade varit dubbelsidig avverkning (Figur 3). Den arbetsmetoden använde föraren dock bara vid första stickvägen eller om en basväg behövdes tas upp för att komma till slutavverkningsbeståndet. Detta utfördes då utan direktlastning på grund av utrymmesbrist eftersom att man vill undvika att skapa en onödigt bred basväg, vilket denna studie inte berördes av. När lasset var halvfullt roterade föraren lastbäraren ett halvt varv och fyllde upp resten av lasset från motsatt håll för att undvika att den tjockare rotändan på alla stockar hamnade på samma sida. På detta vis fördelades tyngden jämnt över lasset och lutningen av de lastade stockarna planades ut. Båda lassen fylldes via direktlastning vilket gjorde att alla sortiment blandades i lasset. Under studien skedde lossningen enkelsidigt från basväg och alternativet till detta hade varit att lossa dubbelsidigt från skogsbilvägen (Figur 4). Om en breddning av lastbäraren hade behövt ske under studien hade det genomförts manuellt med hjälp av kranen.



**Figur 3.** Enkelsidig avverkning med direktlastning och dubbelsidig avverkning utan direktlastning  
*Figure 3. Single sided felling with direct loading and double sided felling without direct loading*



**Figur 4.** Dubbelsidigt och enkelsidigt avlägg  
*Figure 4. Double sided and single sided roadside landings*

Vid körning med drivaren planerades såväl fällning som styrning av lastbäraren för att kunna utföra så effektiv direktlastning som möjligt. Man har bara en maskin på plats vid avverkning, föraren agerar således skotar- och skördarförare samtidigt och behöver därför planera annorlunda. Man vill undvika att tvingas till lossning under vägen och att köra fast. Vid en fastkörning skulle ytterligare en maskin behövas kallas till platsen för att bärga den fastkörda maskinen, med höga kostnader som följd. Körningen med drivare krävde ofta att en uppdelning av beståndet måste göras, enligt föraren. Går det inte att köra i sluttning med fullt lass måste avverkningen planeras så att det avverkas i sluttning i början på flera lass, som sedan fylls upp till fullt lass på plan mark.

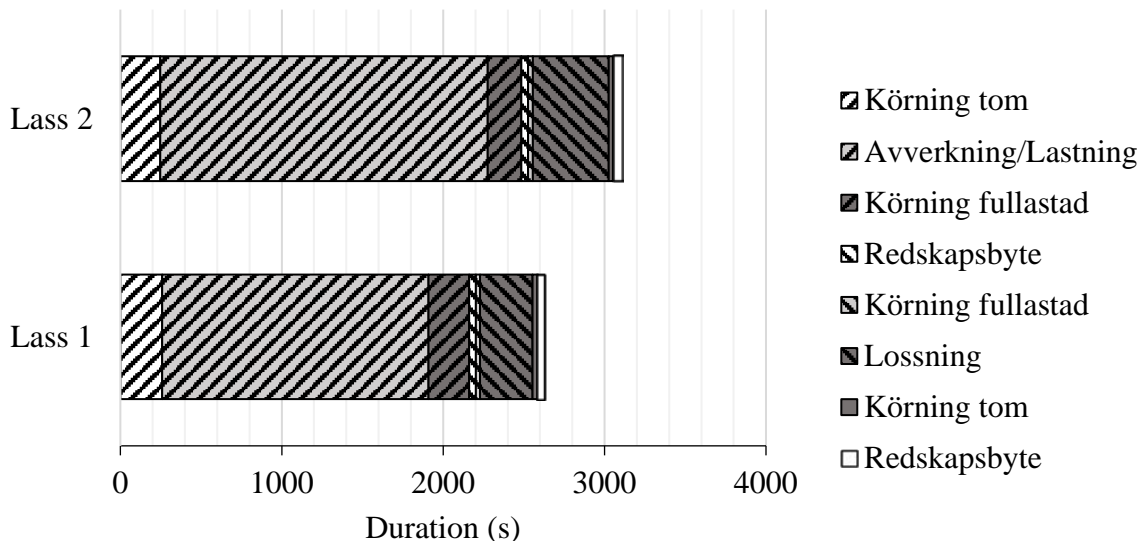
# Resultat

## Kvantitativ studie

### Arbetscykel

Resultaten i denna del är beräknade på durationer (tidsåtgångar) från lass 1 och 2 var för sig.

Avverkning/lastning var de övergripande arbetsmoment av varje lass som tog mest tid. Under lass 1 avverkades och lastades 43 stammar på 1 650,7 s (63 % av tiden) medan 60 stammar avverkades och lastades på 2 030,2 s (65 % av tiden) under lass 2. Lossningen av lass 1 hade en duration på 324,3 s medan durationen under lass 2 var 469,1 s. Durationen var alltså kortare under lass 1 för både avverkning/lastning och lossning. Under de två lasserna skedde redskapsbyte fyra gånger med durationer mellan 40,9- 55,3 s per byte (Figur 5).



**Figur 5.** Studietidens fördelning övergripande arbetsmoments (tabell 7), i kronologisk ordning.  
*Figure 5. Distribution of general work elements for the studied time, in chronological order.*

Produktiviteten för lass 1 var 32,6 m<sup>3</sup>fub/ G<sub>0</sub>-timme, medan den var 26,8 m<sup>3</sup>fub/G<sub>0</sub>-timme för lass 2. Omräknat till produktiviteten per G<sub>15</sub>-timme blev det 27,2 m<sup>3</sup>fub/G<sub>15</sub>-timme för lass 1 och 22,4 m<sup>3</sup>fub/G<sub>15</sub>-timme. Arbetskategori Övrigt utgjorde 7,6 % och 4,7 % av arbetstiden för respektive lass, maskinutnyttjandet för lass 1 var således 92,4 % medan den var 95,3 % för lass 2.

Kranarbetet var den arbetskategori som hade längst duration under både lass 1 och 2 följt av aggregatarbete och körning. Durationen för kranarbetet var 1 242,20 s under lass 1 och 1 664,20 s under lass 2, medan durationen för aggregatarbetet var 843,00 s under lass 1 och 1 194,40 s under lass 2. Sett till tiden per stam var durationen för kranarbetet cirka 1 s längre under lass 1 (28,89 s) än under lass 2 (27,78 s) (Tabell 8).

**Tabell 8.** Total duration och tid per stam för arbetskategorierna under de två lass  
*Table 8. Total duration and time per stem for the five work categories during the two loads*

| Arbetskategori      | Total duration (s) |          | Tid per stam (s) |        |
|---------------------|--------------------|----------|------------------|--------|
|                     | Lass 1             | Lass 2   | Lass 1           | Lass 2 |
| Kranarbete          | 1 242,20           | 1 664,20 | 28,89            | 27,74  |
| Aggregatarbete      | 843,00             | 1 194,40 | 19,60            | 19,91  |
| Lastbäraryarbete    | 220,80             | 292,00   | 5,13             | 4,87   |
| Körning             | 852,40             | 843,50   | 19,82            | 14,06  |
| Övrigt (Störningar) | 199,10             | 146,90   | 4,63             | 2,45   |

Durationen per stam för arbetsmomenten fällning, justering lastbärare, kapning, kran in, kran ut, körning fullastad, körning tom, körning under lastning, lossa aggregat, lossa grip, matning och störningar var längre under lass 2 än under lass 1. Däremot var durationen per stam för arbetsmomenten grip stäng, grip öppna, koppla aggregat, koppla grip, körning under lossning, positionering, sortering och topp lägre under lass 2 än under lass 1. De fyra arbetsmomenten med längst total duration var kran ut (584,70; 712,30 s), kran in (392,50; 474,80 s), matning (300,90; 411,70 s) och positionering (265,00; 477,10 s). Till de arbetsmoment med kortast total duration räknades koppla grip (5,50; 8,80 s), lossa grip (9,70; 8,90 s) och lossa aggregat (12,10; 11,90 s) (Tabell 9).

**Tabell 9.** Total duration och tid per stam för arbetsmomenten under de två lass  
*Table 9. Total duration and time per stem for the 20 work elements during the two loads*

| Arbetsmoment           | Total duration (s) |        | Tid per stam (s) |        |
|------------------------|--------------------|--------|------------------|--------|
|                        | Lass 1             | Lass 2 | Lass 1           | Lass 2 |
| Fällning               | 262,00             | 343,60 | 6,09             | 5,73   |
| Grip stäng             | 65,80              | 127,60 | 1,53             | 2,13   |
| Grip öppna             | 8,10               | 41,40  | 0,19             | 0,69   |
| Justering lastbärare   | 220,80             | 292,00 | 5,13             | 4,87   |
| Kapning                | 127,00             | 154,80 | 2,95             | 2,58   |
| Koppla aggregat        | 10,00              | 18,10  | 0,23             | 0,30   |
| Koppla grip            | 5,50               | 8,80   | 0,13             | 0,15   |
| Kran in                | 392,50             | 474,80 | 9,13             | 7,91   |
| Kran ut                | 584,70             | 712,30 | 13,60            | 11,87  |
| Körning fullastad      | 278,30             | 240,60 | 6,47             | 4,01   |
| Körning tom            | 293,40             | 272,00 | 6,82             | 4,53   |
| Körning under lastning | 271,70             | 301,90 | 6,32             | 5,03   |
| Körning under lossning | 9,00               | 29,00  | 0,21             | 0,48   |
| Lossa aggregat         | 12,10              | 11,90  | 0,28             | 0,20   |
| Lossa grip             | 9,70               | 8,90   | 0,23             | 0,15   |
| Matning                | 300,90             | 411,70 | 7,00             | 6,86   |
| Positionering          | 265,00             | 477,10 | 6,16             | 7,95   |
| Sortering              | 11,80              | 18,30  | 0,27             | 0,31   |
| Störning               | 199,10             | 146,90 | 4,63             | 2,45   |
| Topp                   | 30,10              | 49,30  | 0,70             | 0,82   |

Under lass 1 gav alla 43 stammar minst 2 stockar, medan 39 stammar gav 3 stockar och 29 stammar gav 4 stockar. Under lass 2 gav alla 60 stammar minst 1 stock medan 59 stammar gav 2 stockar, 51 stammar 3 stockar och 17 stammar 4 stockar. Kapningstiden per stock sjönk med ökande stocknummer utan någon större skillnad mellan lassen. Matningen tog längre tid per stock under lass 2, som hade lägre medelstamvolym än lass 1 (Tabell 10).

**Tabell 10.** Medeltiden för matning och kapning av stock 1, 2, 3 och 4 i en stam samt antalet av dessa som producerades under lass 1 och 2

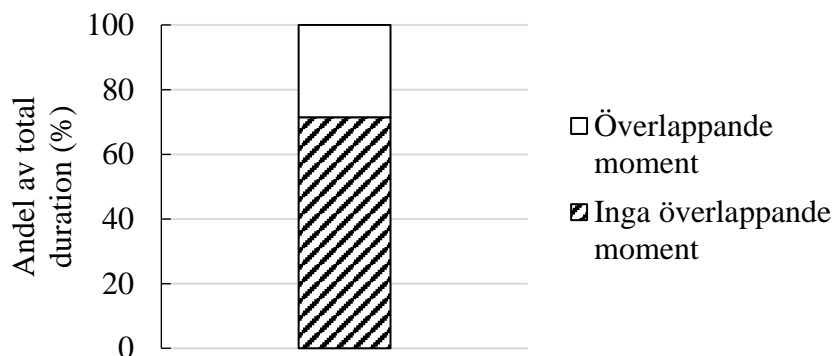
*Table 10. Mean time for feeding and cutting log 1, 2, 3 and 4 from one stem and the produced amount during load 1 and 2*

| Stock (nr) | Antal (st) |        | Matning (s/stock) |        | Kapning (s/stock) |        |
|------------|------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
|            | Lass 1     | Lass 2 | Lass 1            | Lass 2 | Lass 1            | Lass 2 |
| 1          | 43,00      | 60,00  | 1,77              | 2,21   | 0,97              | 0,92   |
| 2          | 43,00      | 59,00  | 1,86              | 2,14   | 0,87              | 0,87   |
| 3          | 39,00      | 51,00  | 2,24              | 2,26   | 0,75              | 0,73   |
| 4          | 29,00      | 17,00  | 2,00              | 2,11   | 0,64              | 0,65   |

## Överlapp

Resultaten i denna del är i huvudsak beräknade på medeldurationer från lass 1 och 2.

Under ett genomsnittlass (2 870,25 s) skedde överlapp under 28,56 % av tiden (Figur 6).



**Figur 6.** Medelvärde för andel överlapp per lass

*Figure 6. Mean proportion of overlap time per load*

Under 71,44 % av den produktiva arbetstiden utfördes bara ett moment åt gången. Att två arbetsmoment överlappade skedde under 26,50 % av tiden, medan tre arbetsmoment överlappade varandra under 2,04 % av tiden och fyra arbetsmoment överlappade endast under 0,02 % av tiden. Som mest utfördes fyra arbetsmoment samtidigt (Tabell 11).

**Tabell 11.** Medelfördelning av tid och andel för överlappande arbetsmoment under ett lass

*Table 11. Average distribution of time and proportion of overlapping work elements during one load*

| Antal simultant pågående arbetsmoment | Duration (s) | Andel (%) |
|---------------------------------------|--------------|-----------|
| 1                                     | 2 050,65     | 71,44     |
| 2                                     | 760,65       | 26,50     |
| 3                                     | 58,50        | 2,04      |
| 4                                     | 0,45         | 0,02      |

Den arbetskategori som till störst andel utfördes med överlapp var lastbärararbete, för vilken 82,16 % av tiden överlappade med annan arbetskategori (Tabell 12). Kranarbete utfördes med 54,51 % överlapp, aggregatarbete med 47,88 % och körning med 23,83 % (Tabell 12).

**Tabell 12.** Medelduration och andel överlapp för de olika arbetskategorierna per lass

*Table 12. Average duration and the overlap proportion for the different work categories per load*

| <b>Arbetskategori</b> | <b>Duration (s)</b> | <b>Överlapp (s)</b> | <b>Andel överlapp (%)</b> |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| Lastbärararbete       | 256,40              | 210,65              | 82,16                     |
| Kranarbete            | 1 453,20            | 792,10              | 54,51                     |
| Aggregatarbete        | 1 018,70            | 487,75              | 47,88                     |
| Körning               | 847,95              | 202,10              | 23,83                     |
| Övrigt (Störningar)   | 173,00              | 0,00                | 0,00                      |

Samtliga arbetsmoment överlappade med minst ett annat arbetsmoment någon gång (Tabell 13). Under 82,16 % av durationen (256,40 s) överlappade justering lastbärare med minst ett annat arbetsmoment. Topp överlappade med andra arbetsmoment under 96,73 % av tiden, kran in 69,19 %, positionering 63,09 och matning 44,77 % (Tabell 13).

**Tabell 13.** Medelduration och andel överlapp för de olika arbetsmomenten per lass samt tilldelat nummer

*Table 13. Average duration and the overlap proportion for the different work elements per load with assigned number*

| <b>Arbetsmoment</b>    | <b>Duration (s)</b> | <b>Överlapp (s)</b> | <b>Andel överlapp (%)</b> |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| Fällning               | 302,80              | 178,80              | 59,05                     |
| Grip stäng             | 96,70               | 42,55               | 44,00                     |
| Grip öppna             | 24,75               | 11,95               | 48,28                     |
| Justering lastbärare   | 256,40              | 210,65              | 82,16                     |
| Kapning                | 140,90              | 35,80               | 25,41                     |
| Koppla aggregat        | 14,05               | 4,85                | 34,52                     |
| Koppla grip            | 7,15                | 3,15                | 44,06                     |
| Kran in                | 433,65              | 300,05              | 69,19                     |
| Kran ut                | 648,50              | 257,95              | 39,78                     |
| Körning fullastad      | 259,45              | 5,90                | 2,27                      |
| Körning tom            | 282,70              | 15,40               | 5,45                      |
| Körning under lastning | 286,80              | 171,15              | 59,68                     |
| Körning under lossning | 19,00               | 9,65                | 50,79                     |
| Lossa aggregat         | 12,00               | 1,10                | 9,17                      |
| Lossa grip             | 9,30                | 4,30                | 46,24                     |
| Matning                | 356,30              | 159,50              | 44,77                     |
| Positionering          | 371,05              | 234,10              | 63,09                     |
| Sortering              | 15,05               | 7,35                | 48,84                     |
| Topp                   | 39,70               | 38,40               | 96,73                     |
| Störning               | 173,00              | 0,00                | 0,00                      |

Under lass 2 utfördes kranarbete och aggregatarbete med mer överlapp än under lass 1. Detta gällde även överlapp per stam där kranarbete utfördes med överlapp under 15,02 s under lass 1 och 15,64 s under lass 2, medan aggregatarbetet utfördes med överlapp under 8,85 s under lass 1 och 9,92 s under lass 2 (Tabell 14). Lastbäraryarbete och körning utfördes också med mer överlapp under lass 2 än under lass 1. Skillnaden jämfört med de andra två arbetskategorierna var att mer överlapp per stam återfanns under lass 2 än lass 1.

**Tabell 14.** Andelen överlapp och överlapp per stam för de olika arbetskategorierna per lass  
*Table 14. The overlap proportion and overlap proportion per stem for the different work categories per load*

| Arbetskategori      | Överlapp<br>(s) |        | Överlapp per<br>stam (s) |        |
|---------------------|-----------------|--------|--------------------------|--------|
|                     | Lass 1          | Lass 2 | Lass 1                   | Lass 2 |
| Kranarbete          | 646,00          | 938,20 | 15,02                    | 15,64  |
| Aggregatarbete      | 380,40          | 595,10 | 8,85                     | 9,92   |
| Lastbäraryarbete    | 188,40          | 232,90 | 4,38                     | 3,88   |
| Körning             | 185,30          | 218,90 | 4,31                     | 3,65   |
| Övrigt (Störningar) | 0,00            | 0,00   | 0,00                     | 0,00   |

Under 2,06 % av tiden (58,95 s) överlappade fler än två arbetsmoment (Tabell 11). Om man ser hur varje arbetsmoment parvis överlappade med andra arbetsmoment får man en komprimerad sammanfattning (Tabell 15) av 49 av de 92 arbetsmomentkombinationer (Bilaga 1) som förekom under de två studerade lasserna. Topp (nr 19) utfördes med överlapp till större delen av tiden, 96,2 %, med kran ut (nr 9). Justering lastbärare (nr 4), kran in (nr 8) och kran ut var de arbetsmoment som utfördes med överlapp av flest antal andra arbetsmoment. Justering lastbärare överlappade under 33,1 % av sin tid med kran in och under 34,3 % med positionering (nr 17) (Tabell 15).



**Tabell 15.** Tiden (s) som ett arbetsmoment (0-20) utförs simultant med ett annat arbetsmoment (0-20)

*Table 15. The duration (s) of two work elements (0-20) performed simultaneous with another*

| Arbetsmoment<br>(Nr*) | Arbetsmoment (Nr*) |     |    |   |    |    |   |   |    |     |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|-----------------------|--------------------|-----|----|---|----|----|---|---|----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
|                       | 0**                | 1   | 2  | 3 | 4  | 5  | 6 | 7 | 8  | 9   | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16  | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1                     | 124                | -   | -  | - | -  | -  | - | - | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 2                     | 54                 | -   | -  | - | -  | -  | - | - | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 3                     | 13                 | -   | -  | - | -  | -  | - | - | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 4                     | 46                 | 11  | 2  | - | -  | -  | - | - | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 5                     | 105                | -   | -  | - | <1 | -  | - | - | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 6                     | 9                  | -   | -  | - | -  | -  | - | - | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 7                     | 4                  | -   | -  | - | -  | -  | - | - | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 8                     | 134                | 135 | 25 | 6 | 85 | <1 | 2 | 1 | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 9                     | 391                | 43  | 3  | 4 | 11 | 9  | 3 | 2 | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 10                    | 248                | -   | -  | - | -  | -  | - | - | 9  | 3   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 11                    | 267                | -   | -  | - | 1  | -  | - | - | 8  | 7   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 12                    | 116                | 12  | -  | - | 15 | -  | - | - | 31 | 129 | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 13                    | 9                  | -   | 1  | - | 4  | -  | - | - | 6  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 14                    | 11                 | -   | -  | - | -  | -  | - | - | -  | 1   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 15                    | 5                  | -   | -  | - | -  | -  | - | - | -  | 4   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 16                    | 197                | -   | -  | - | 36 | -  | - | - | 32 | <1  | -  | -  | 1  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 17                    | 137                | -   | 14 | 2 | 88 | 26 | - | - | -  | -   | -  | -  | 1  | 1  | -  | -  | 112 | -  | -  | -  | -  |
| 18                    | 8                  | -   | -  | - | <1 | -  | - | - | 1  | 4   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | 3  | -  | -  |
| 19                    | 1                  | -   | -  | - | 1  | -  | - | - | -  | 38  | -  | -  | 2  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |
| 20                    | 173                | -   | -  | - | -  | -  | - | - | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  |

\*Arbetsmomentens tilldelade nummer (Nr) hittas i tabell 6.

\*\*Tiden per lass där arbetsmomentet inte sker simultant med något annat arbetsmoment.

## Analys av potential för ökad andel överlapp

### Avverknings-/lastningscykler

Under studien genomfördes 103 avverknings-/lastningscykler, medeldurationen för dessa var 34,8 s. De arbetsmoment som uppskattades ha störst möjlighet att öka produktiviteten genom att öka tiden för simultant arbete i denna cykel var fällning, kran in, kran ut, justering lastbärare och körning under lastning (Tabell 17).

**Tabell 17.** Arbetsmomentens medelduration och andel överlapp under en avverknings-/lastningscykel

*Table 17. Work elements mean duration and overlapping parts during one felling-/loading cycle*

| Arbetsmoment              | Duration (s) |                        |                     | Andel överlapp (%) |                        |                     |
|---------------------------|--------------|------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|---------------------|
|                           | Medel        | Standard-<br>avvikelse | Medel-<br>avvikelse | Medel              | Standard-<br>avvikelse | Medel-<br>avvikelse |
| Fällning                  | 5,8          | 1,4                    | 0,9                 | 59                 | 11                     | 9                   |
| Kran in                   | 5,2          | 2,1                    | 1,5                 | 87                 | 14                     | 11                  |
| Kran ut                   | 8,7          | 2,7                    | 2,1                 | 48                 | 21                     | 18                  |
| Justering<br>lastbärare   | 4,3          | 3,5                    | 2,1                 | 82                 | 28                     | 20                  |
| Körning under<br>lastning | 5,5          | 5,3                    | 3,9                 | 51                 | 40                     | 36                  |

Den potentiella tidsbesparingen/cykel var störst för arbetsmomentet kran ut där 4,4 s kunde sparas per avverknings-/lastningscykel om momentet skedde helt simultant med andra arbetsmoment. Tidsbesparingen skulle under samma premisser vara 2,4 s för arbetsmomentet fällning och 2,2 s för körning under lastning. Justering lastbärarens tidsbesparing skulle vara 0,7 s per avverknings-/lastningscykel (Tabell 18). Den uppskattade tidsbesparingen för dessa moment var 2,6 s/cykel (Tabell 18) vilket motsvarar ungefär 7,5 % av den totala cykeltiden.

**Tabell 18.** Arbetsmomentens potentiella tidsbesparing/cykel genom ökning av sin andel överlapp till 100 % samt författarens uppskattning av möjlig tidsbesparing/cykel

*Table 18. The work elements' potential time save/cycle, by increasing the overlapping parts to 100 %, and the possible savings estimated by the author (Bilaga 2)*

| Arbetsmoment           | Tidsbesparing/ cykel (s) |            | Standard-<br>avvikelse | Medel-<br>avvikelse |
|------------------------|--------------------------|------------|------------------------|---------------------|
|                        | Potentiell               | Uppskattad |                        |                     |
| Fällning               | 2,4                      | 0,5        | 0,8                    | 0,6                 |
| Kran in                | 0,7                      | 0,4        | 0,9                    | 0,7                 |
| Kran ut                | 4,4                      | 1          | 1,9                    | 1,4                 |
| Justering lastbärare   | 0,7                      | 0,2        | 2,0                    | 0,9                 |
| Körning under lastning | 2,2                      | 0,5        | 4,1                    | 2,6                 |
| <i>SUMMA</i>           | -                        | 2,6        | -                      | -                   |

Under 93 % av avverknings-/lastningscyklerna behövde lastbäraren justeras. De cykler där justering lastbärare utfördes helt simultant med andra arbetsmoment var 5,4 s kortare, än de cykler där justering lastbärare delvis skedde simultant med andra arbetsmoment (Tabell 19).

**Tabell 19.** Lastnings-/avverkningscyklernas medeltider då justering lastbärare utfördes helt eller delvis simultant med andra arbetsmoment

*Table 19. Mean times of the loading-/felling cycles when the rotation/tilt of the carrier was done simultaneously partly or fully with other work elements*

| Momentets utförande | Antal cykler | Medelvärde (s) | P-värde | Standard-avvikelse | Medelfel |
|---------------------|--------------|----------------|---------|--------------------|----------|
| Delvis simultant    | 51           | 38,0           | } 0,002 | 9,1                | 1,3      |
| Helt simultant      | 46           | 32,6           |         | 7,1                | 1,0      |

### Lossningscykler

Under studien genomfördes 55 lossningscykler och medeldurationen för dessa var 14,1 s. De arbetsmoment som uppskattades ha störst möjlighet att öka produktiviteten genom att öka tiden för simultant arbete i denna cykel var kran in, kran ut, justering lastbärare och körning under lossning (Tabell 20).

**Tabell 20.** Arbetsmomentens medelduration och andel överlapp under en lossningscykel

*Table 20. Work elements mean duration and overlapping parts during one unloading cycle*

| Arbetsmoment           | Duration (s) |                    |                 | Andel överlapp (%) |                    |                 |
|------------------------|--------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-----------------|
|                        | Medel        | Standard-avvikelse | Medel-avvikelse | Medel              | Standard-avvikelse | Medel-avvikelse |
| Kran in                | 4,8          | 2,1                | 1,6             | 36                 | 27                 | 23              |
| Kran ut                | 4,7          | 2,0                | 1,4             | 5                  | 7                  | 6               |
| Körning under lossning | 0,7          | 2,3                | 1,3             | 5                  | 17                 | 9               |
| Justering lastbärare   | 0,7          | 1,0                | 0,9             | 34                 | 46                 | 43              |

Den potentiella tidsbesparingen/cykel var störst för arbetsmomentet kran ut där 4,5 s kunde sparas per lossningscykel om momentet skedde helt simultant med andra arbetsmoment. Tidsbesparingen skulle under samma premisser vara 3,0 s för arbetsmomentet kran in och 0,3 s för körning under lastning. Justering lastbärarens tidsbesparing skulle vara 0,1 s per lossningscykel (Tabell 21). Den uppskattade tidsbesparingen för dessa moment var 0,6 s/cykel (Tabell 21) vilket motsvarar ungefär 4,3 % av den totala cykeltiden.

**Tabell 21.** Arbetsmomentens potentiella tidsbesparing/cykel genom ökning av sin andel överlapp till 100 % samt författarens uppskattning av möjlig tidsbesparing/cykel

*Table 21. The work elements' potential time save/cycle, by increasing the overlapping parts to 100 %, and the possible savings estimated by the author (Bilaga 2)*

| Arbetsmoment           | Tidsbesparing/ cykel (s) |            | Standard-avvikelse | Medel-avvikelse |
|------------------------|--------------------------|------------|--------------------|-----------------|
|                        | Potentiell               | Uppskattad |                    |                 |
| Kran in                | 3,0                      | 0,2        | 1,6                | 1,2             |
| Kran ut                | 4,5                      | 0,3        | 1,9                | 1,4             |
| Körning under lossning | 0,3                      | 0,1        | 1,2                | 0,6             |
| Justering lastbärare   | 0,1                      | 0          | 0,2                | 0,1             |
| <i>SUMMA</i>           | -                        | 0,6        | -                  | -               |

Sammantaget var den uppskattade potentiella tidsbesparingen genom ökat överlapp i avverknings-/lastningscyklerna och lossningscyklerna 5,2 % tidsbesparing för lass 1 och 5,5 % för lass 2.

## Kvalitativ studie

Under intervjuerna med förarna framkom en rad områden med förbättringspotential. Bland dessa fanns hydraulisk breddning på lastbäraren, fler och större sorteringsfack, ökad svängradie på aggregat och förbättrat snabbfäste för redskapsbytet (Tabell 16).

**Tabell 16.** Möjliga förbättringar hos de olika beståndsdelarna kran, bärare, aggregat, hytt och dator med kommentarer

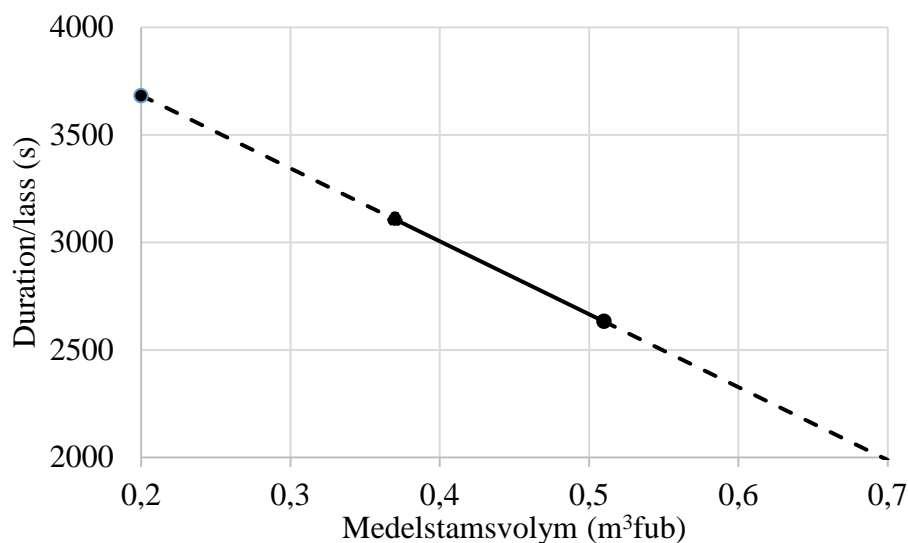
Table 16. Potential improvements on crane, carrier, assembly, cab and computer with comments

| Beståndsdel | Förbättringar   | Kommentar   |
|-------------|---|---|
| Kran        | Vikarmskran   | Möjliggör avverkning närmare maskin, högre lyfthöjd, minskar krantiden.   |
|             | Ökad kapacitet  | Klarar av aggregatet som används i dagsläget bättre. Kräver kraftigare svängkrans, ökad vikt                                      |
|             | Ökad lyfthöjd<br>Annan placering                        | Mindre begränsande vid direktlastning i lutning<br>Mindre skymmande, dubbelsidig avverkning kan ske i högre grad                  |
| Lastbärare  | Hydraulisk breddning                                    | Minskar tiden, stickvägsbredden och skotningen vid uppstart och även tiden vid avslut   |
|             | Rotation på pedal och spak                              | Möjliggör mer överlapp, ger valmöjlighet till föraren   |
|             | Fler och större fack (högre stöttor)                    | Förbättrad sortimentshantering, mindre tid vid lastning och lossning  |
| Aggregat    | Ökad svängradie   | Möjliggör avverkning närmare maskin, minskar krantiden  |
|             | Tiltvinkel/ låsning på tiltlänk                         | Underlättar vid redskapsbyte, gör att aggregatet inte tippar åt fel håll med fästet från maskinen                                 |
|             | Byte av sida för såglådan                               | Minskar risken att såga i marken vid enkelsidig avverkning i lutning  |
| Aggregat    | Förbättrat snabbfäste                                   | Mindre trögt vid kyla, snabbare byte  |
|             | Mindre aggregat   | Mindre slitage på kran om den inte blir kraftigare  |
| Hytt        | Förbättrad nivellering/ möjlighet att ställa in hyttilt | Mindre störningar vid körning i lutning   |
|             | Ökad rotation   | Dubbelsidig avverkning kan ske i högre grad   |
|             | Gripfäste på huv  | Tidigare redskapsbyte- mindre slitage på kran, lättare att hantera avlastning vid passager över blötare områden och fastkörningar |
| Dator       | Starkare svängkrans                                     | Ökad stabilitet   |
|             | ”Drivarprogram” med redskapsbyte                        | Enklare och snabbare redskapsbyte   |

## Diskussion

### *Kvantitativ studie*

I studien utfördes det övergripande arbetsmomentet avverkning/lastning under 63 % av tiden för last 1 och 65 % av tiden för last 2. Det är något lägre än Wester & Eliassons (2003) 70 % avverkning/lastning, men i både studierna utförs avverkning/lastning under merparten av studietiden. Vid skotning i det konventionella tvåmaskinssystemet är lastning även det mest tidskrävande arbetsmomentet (Manner, 2015, Nordfjell et al., 2003). Det fanns en stor skillnad i antalet stammar som avverkades och lastades under de två lasserna även om de utgjorde samma totalvolym. Under lass 1 avverkades och lastades 43 stammar medan det under last 2 avverkades och lastades 60 stammar. Tiden för avverkning och lastning tog av denna anledning längre tid under lass 2 än under lass 1. Det övergripande arbetsmomentet lossning utfördes också under längre tid för last 2 än för last 1, vilket även det troligen hade att göra med antalet stammar. Redskapsbyten är ovanliga vid drivning och tidsstudier på detta är sällsynt. Under denna studie utfördes redskapsbytena på 40,9s för lass 1 och 55,3 s för lass 2. Medelstamsvolymen var större under lass 1 än lass 2 vilket resulterade i att den totala durationen för lass 1 var lägre (2632 s) än för lass 2 (3107 s). Om förändringen i tid är linjär gentemot medelstamsvolymen skulle ett lass i ett bestånd med medelstamsvolymen 0,2 m<sup>3</sup>fub ta ca 3700 s och ca 2000 s vid en medelstamsvolym på 0,7 m<sup>3</sup>fub (Figur 7).



**Figur 7.** Duration/lass vid olika medelstamsvolymer under studien (heldragen linje) och vid extrapolerad högre och lägre medelstamsvolym (streckad linje).

*Figure 7. Duration/load during different mean stem volume during the study (solid line) and extrapolation of higher and lower mean stem volumes (dashed line).*

Resultatet visar en produktivitet på 32,6 m<sup>3</sup>fub/ G<sub>0</sub>-timme för lass 1 och 26,8 m<sup>3</sup>fub/G<sub>0</sub>-timme för lass 2. Troligen berodde det på att medelstamsvolymen var 0,51 m<sup>3</sup>fub för lass 1 och 0,37 m<sup>3</sup>fub för lass 2 (Tabell 2). Högre medelstamsvolym skulle således leda till högre produktivitet. Enligt Bergkvist (2010) ökar medelproduktiviteten (m<sup>3</sup>fub/G<sub>15</sub>-timme) för drivare med ökad medelstam både vid gallring och slutavverkning. I en studie av Wester & Eliasson (2003) var produktiviteten 10,9 m<sup>3</sup>fub/G<sub>0</sub>-timme. När Wester & Eliasson (2003) studerade produktiviteten i slutavverkning med drivare hanterade de överlapp genom

prioritering av arbetsmoment. Studien genomfördes i ett grandominerat bestånd (80 %) med inslag av tall (1 %) och björk (19 %) med en medelstamvolym på 0,22 m<sup>3</sup>fub. De avverkade träden sorterades i 4 sortiment. Drivaren i studien bestod av en modifierad Hemek skotare utrustad med ett modifierat Pogen 1.0 kombinationsaggregat (grip/fällaggregat) monterat på en FMG185, tvågreppsskördarkran, med räckvidden 9 m och roterande lastbärare (Wester & Eliasson, 2003).

Kranarbete var den arbetskategori med längst duration under både lass 1 och 2 följt av aggregatarbete och körning. Kranarbete utfördes under 54,51 % av tiden simultant med andra arbetsmoment medan denna siffra var 47,88 % för aggregatarbete. De flesta arbetsmoment kopplade till avverkning och lastning hade längre duration under lass 2 än under lass 1. Detta beror troligen på att ett högre stamantal avverkades under lass 2 då flera arbetsmoment sker repetitivt för varje stam.

Tiden för kapning per stock var lägre vid toppstock än rotstock utan någon större skillnad mellan lassen. Detta är en följd av att träden smalnar av och att den första stocken således har en högre stamdiameter än exempelvis den fjärde stocken på en stam. En skillnad mellan lassen hade kunnat förväntas då lass 2 utgjordes av stammar med lägre volym och således även lägre diameter vilket borde ha lett till lägre kapningstider. Arbetsmomentet matning tog däremot längre tid per stock under lass 2 än under lass 1.

Under ett genomsnittlass skedde överlapp under 28,56 % av tiden, så under större delen av den produktiva arbetstiden utfördes således ett arbetsmoment åt gången. Det är inte helt oväntat resultat med tanke på att det finns ett begränsat antal arbetsmoment som kan överlappa med varandra. Som mest utfördes fyra arbetsmoment samtidigt. När arbetsmoment utfördes med överlapp var det främst mellan två moment åt gången (Tabell 11), vilket inte heller är helt oväntat då inget arbetsmoment utfördes autonomt i studien. Varje utfört arbetsmoment kräver förarens uppmärksamhet, vilket troligen leder till att de överlapp som utförs mellan fler än två arbetsmoment sker under kortare stunder än överlapp mellan två arbetsmoment vilket resulterar i dessa andelar. Trots att inte alla arbetsmoment kan överlappa med varandra förekom 92 arbetsmomentskombinationer under de två lassen där samtliga arbetsmoment överlappade med minst ett annat arbetsmoment någon gång (Bilaga 1). Det finns arbetsmomentskombinationer som har teoretisk potential att överlappa helt vid skotning (Andersson, 2015). I denna studie förekom ingen arbetsmomentskombination som överlappade helt. Topp är det enda arbetsmomentet som närmade sig 100 % överlapp med kran ut. Topp överlappade med andra arbetsmoment under 96,73 % av sin duration, kran in 69,19 %, positionering 63,09 % och matning 44,77 %.

Den arbetskategori som till störst andel överlappade med annan arbetskategori var lastbäraryrke som under 82,16 % av tiden överlappade med annan arbetskategori. Lastbäraryrke utfördes till största delen simultant med kranarbetets tre arbetsmoment (se Tabell 6) vid överlapp. Positionering var det arbetsmoment som justering lastbärare utfördes simultant med mer än något annat arbetsmoment, de utfördes simultant under 34 % av justering lastbäraryrkes duration. Justering av lastbärare sker också för att positionera virket vid direktlastning så det är inte helt oväntat att dessa två sammanfaller till så stor del.

Vid justering av lastbäraren måste förarens uppmärksamhet riktas mot lastbäraren, vilket inte är möjligt om föraren utför arbetsmoment där lastbäraren är utanför förarens synfält. Det kan vara en anledning till att fällning och justering lastbärare överlappade i liten grad (Tabell 15) under denna studie trots att det redan under fällningsmomentet borde vara möjligt att veta önskvärd riktning på lastbäraren för lastning. När justering lastbärare utfördes var det till stor del simultant med kran in (Tabell 15). Även om det skedde med mycket överlapp är det möjligt att det uppstår en väntetid för kran in där den antingen är stillastående eller sker med långsam kranrörelse medan lastbäraren roteras på grund av att den inte kunnat justeras tidigare i cykeln.

Justering av lastbärare är ett arbetsmoment som bör vara relativt enkelt att automatisera och vars automation efterfrågas av förare. Den potentiella tidsvinsten med en automation av detta arbetsmoment var enligt denna studie vara 0,8 s per avverknings-/lastningscykel (Tabell 18) och 0,1 s per lossningscykel (Tabell 21). Det fanns en tendens till att minskningen skulle bli något större om justering lastbärare kunde ske helt simultant med andra arbetsmoment under avverknings-/lastningscykeln (Tabell 19). Om momentet justering lastbärare automatiseras så att det kan utföras med överlapp i större utsträckning samt utföras när föraren har fokus på annat håll kan alltså produktiviteten ökas.

Andelen överlapp och produktiviteten kan ökas genom flera olika åtgärder. Det kan ske genom maskinutveckling där exempelvis framryckningshastigheten ökas, vilket minskar tiden för samtliga arbetsmoment kopplade till körning. Potential fanns för körning under lastning och körning under lossning att öka sina överlapp (Tabell 18 och 21). Med ökade möjligheter för att arbeta dubbelsidigt och att en framtida maskin klarar av en hastighetsökning kan produktiviteten ökas ytterligare. Enligt Andersson (2015) ger 50 % ökad kranhastighet samma tidsreduktion som en fördubblad körhastighet vid 350 m skotningsavstånd. Detta är något som kan tas i beaktande vid vidare utveckling av drivaren då en ökning av framryckningshastigheten kan vara riskabelt när man ser till maskinens hållbarhet och förarnas arbetsmiljö. Högre kranhastigheter kan exempelvis åstadkommas med kranpetsstyrning (Andersson, 2015).

Kran in skulle kunna påverka produktiviteten genom ökad andel överlapp (Tabell 18 och 21) genom att justering lastbärare utförs tidigare i cykeln och genom en ökad kranhastighet i och med kranpetsstyrning. Med John Deeres kranpetsstyrning ökar produktiviteten mellan 3-10 % (Löfgren, 2013) medan man i en maskinsimulator visade på en produktivitetsökning på mellan 3-30 % (Löfgren, 2005).

Kranpetsstyrning kräver sensorer och styrprogram för kranen som sedan fungerar som ett viktigt steg mot att automatisera flera arbetsmoment (Löfgren, 2005). Med en kranpetsstyrning på kran ut skulle effekten av automationen kunna ökas genom att tillföra en kran till maskinen. I en studie av Jundén et al. (2013) såg man att produktiviteten skulle kunna öka med ca 20 % om man använder sig av två kranar som utförde momenten kran ut, kran in, fällning och topp (hela trädet släpptes) autonomt jämfört med om man bara använde en kran utan automation i gallring (Jundén et al., 2013).

En uppskattning över vad som är möjligt att bespara i tid under avverkning-/lastning och lossning gjordes av författaren. För de två studerade lassen var den uppskattade tidsbesparingen 5,2–5,5 %. Denna siffra bör vara högre än potentialen hos tvåmaskinsystemet som är ett mer utvecklat system.

### Metodens styrkor och svagheter

Datat för tidsstudien samlades in med hjälp av 4 kameror. Kamerornas felkällor (Tabell 22) togs i efterhand fram genom att filma en klocka med alla kameror samtidigt under en timmes tid. Alla kamerorna hade näst intill lika stora felkällor gentemot det använda tidtagaruret och kunde därför ses som jämförbara. Kamera 1 hade den största felmarginalen där en timmes filmning blev till 59 minuter och 53 sekunders filmmaterial. Detta skulle kunna förklaras av att kamera 1 var av en annan typ än de andra kamerorna.

**Tabell 22.** Felkällorna hos de 4 kamerorna

*Table 22. Time error on the 4 cameras*

| Kamera | Felkälla |       |
|--------|----------|-------|
|        | (s/tim)  | (%)   |
| 1      | -7       | - 0,2 |
| 2      | -6       | - 0,2 |
| 3      | -6       | - 0,2 |
| 4      | -6       | - 0,2 |

Förarens erfarenhet och arbetsmetod påverkar produktivitet och tidsåtgång (Nurminen et al., 2006) och kan antas påverka hur många av arbetsmomenten som överlappade i studien. Hade studien genomförts på en förare med mindre erfarenhet hade troligen utrymmet för potentiell ökning av överlapp varit större. En automation hade således verkat mer lönsam och om föraren haft mer erfarenhet hade man sett motsatt effekt. Ett exempel på detta är att John Deeres kranspetsstyrning sägs öka produktiviteten 3 % för en duktig skotarförare medan det för en mindre duktig förare ökar produktiviteten med 10 % (Löfgren, 2013)

Tidsstudien genomfördes efter datainsamlingen i ett videotranskriptionsprogram, mjukvaran var alltså inte anpassad till ändamålet. Svagheten med detta var att datat krävde mycket efterarbete. Transkriptionsprogrammet skapade tider med en tusendels sekunds noggrannhet utifrån de manuellt utplacerade durationerna för varje arbetsmoment. Noggrannheten i utplaceringen kan inte räknas vara så stor och därför avrundades rådatat till tiondels sekunder innan det bearbetades vidare. Avrundningen resulterade i en sekunds skillnad mellan den totala studietiden på det filmade materialet och summan av alla durationer från transkriptionsprogrammet vilket kan ses som acceptabelt.

Vid insamling av data manuellt som i denna filmtidsstudie tenderar datasetet att bli litet bland annat på grund av att det är ett tidskrävande efterarbete som behöver utföras. Önskvärt i denna rapport hade varit ett större dataset. Det hade dock varit för tidskrävande att utöka det manuellt i denna studie just på grund av efterarbetet för att få fram rådata, automatiskt insamlat data hade av denna anledning kunnat vara ett alternativ (e.g. som i Manner, 2015, Eriksson & Lindroos, 2014).

Under tidsstudien delades arbetsmomenten in i arbetskategorier baserat på vilket beståndsdel av maskinen som används för att utföra momentet, med antagandet att två moment i samma kategori inte kan överlappa med varandra. För att kunna notera överlapp mellan arbetskategorierna krävdes en större uppdelning av arbetsmoment än vad man normalt (e.g. som i Wester & Eliasson) brukar. Det kan krävas avbrott för att information i bland annat terrängen ska kunna inhämtas av föraren men även för att bedömning av trädslag, önskade kvaliteter och skador på stammen. I denna studie visas dessa avbrott



som icke produktiv tid med avseende på maskinutnyttjande, även om det kan finnas meningsskiljaktigheter kring huruvida denna typ av avbrott är produktivt arbete.

I en tidsstudie där arbetsmoment prioriteras före andra (e.g. Wester & Eliasson, 2003, Nurminen et al., 2006 m.fl.) noteras bara det moment som är högst prioriterat vid överlapp. Genom prioriteringar undviker man att hantera överlapp och förenklar på så vis arbetet med att bestämma vilket som är det pågående arbetsmomentet. Utan prioriteringar, som i denna rapport, inkluderas alla arbetsmoment. Hänsyn tas då till överlapp, vilket kan resultera i en bredare helhetsbild där information om arbetsmoment som sker simultant inte går förlorat. De 92 arbetsmomentkombinationerna tyder dock på att det finns många olika sätt att arbeta på vilket gör det svårt att sammanställa en standardcykel med hänsyn till alla överlappande moment. Det är därför svårt att jämföra denna studie med andra, på grund av att det bara några få tidsstudier är gjorda utan prioriteringar (e.g. Manner, 2015).

Resultaten baseras på ett relativt smalt data med avseende på antalet lass, förare och bestånd. De två lassen hade stora skillnader, inte när det gäller sortiment men beträffande avverkad medelstamvolym och därmed antalet stammar. Med stor skillnad i medelstamvolym kunde tidsmässiga skillnader mellan lassen antas bero på detta. Många arbetsmoment i avverkning och lastningscykeln sker repetitivt för varje avverkad stam. Tack vare ett relativt högt stamantal fanns en bredd i tidsmässiga variationer hos de olika arbetsmomenten som kunde användas i kartläggningen av drivarens arbetscykel. Med ett större material skulle möjligen fler arbetsmomentkombinationer kartläggas. Det verkliga terrängtransportavståndet uppmättes aldrig under studien vilket gör att produktivitetssiffrorna inte kan kopplas till annat än skillnaden i medelstamvolym mellan de två lassen.

### ***Kvalitativ studie***

Generellt förändras skogsmaskinförarens arbetsmetod med beståndsegenskaper och maskinens utformning (Eriksson, 2014). När det gäller beståndets egenskaper styr bland annat ytstruktur, lutning, fuktighet och beståndets form i kombination med storlek, förarens metodval. Då risning i väg inte sker vid direktlastning kan en låg markfuktigheten vara viktig för att undvika markpåverkan i form av körskador. En rädsla för fastkörning finns också, då det bara är en maskin på plats och den har ingen grip att snabbt tömma lasten med om maskinen börjar gå ner sig vid körning i blötare bestånd. Om maskinen skulle bära med sig gripen genom att ha ett gripfäste på huven skulle arbetet med att göra säkrare passager med massaved över blötare partier även underlättas.

Växling av aggregat sker i dagsläget vid avlägg. Möjligheten att flytta runt i beståndet minskar om byte sker ute i beståndet med en bytesplats på marken. Skogsmaskinföraren vill gärna ha aggregatet på vid dagens början och slut för att kunna utnyttja hydraulikuppvärmning. För att växling ska kunna ske ute i beståndet måste både grip och aggregat köras ut vid öppning av beståndet vilket leder till ett extra arbetsmoment när sista lasset körts ut och man måste återgå till beståndet för att hämta aggregatet som lämnats kvar. Ett gripfäste på huven hade således även underlättat vid aggregatbyte i beståndet.

I arbetet med drivaren avverkar man enkelsidigt på grund av att kran- och hyttgeometrin inte tillåter dubbelsidig avverkning, även om dubbelsidig avverkning hade lett till ökad produktivitet och mindre körning under lastning. En ökad rotation på hytt hade således lett till mindre begränsning i metodvalet. Tillsammans med lutning påverkar kranens lyfthöjd

hur maskinen kan framföras i beståndet och för en lyckad direktlastning måste drivaren köras upp eller backas nedför branta sluttningar. Kranens lyfthöjd och geometri hade kunnat lösas med en annan typ och placering av kran vilket även hade minskat kranens skymmande effekt. Förarnas förslag på typ av kran var vikarmskran som utöver lyfthöjden även möjliggör avverkning närmare maskinen, vilket skulle leda till mindre krantid.

Direktlastning är drivarens styrka då inget skogslager skapas, inget virke kan därmed försvinna i snö och mindre virke riskerar att hamna i fel välta förutsatt att det går att sortera virket så pass bra på lasset att sortimenten kan hållas isär. Lastningen är det mest tidskrävande delen vid skotning i det konventionella systemet (Nordfjell et al., 2003, Manner, 2015), vilket gör att direktlastning bör vara en tidsvinst.

Det finns svårigheter med att hantera ett stort antal sortiment på lasset på ett sådant sätt att lossningen inte blir allt för tidskrävande. En skillnad gentemot det konventionella maskinsystemet är att körning sker i större utsträckning vid lossning på grund av att man inte kan välja att ha sortimentsrena lass utan tvingas till avläggssortering. Bättre sorteringsmöjligheter på lasset vore således att föredra, exempelvis genom fler och större fack genom högre stöttor. Med bättre sorteringsmöjligheter på lasset skulle det vara möjligt att minska omfattningen av arbetsmomenten sortering och positionering. Möjligheten att lossa vid ett dubbelsidigt avlägg hade varit gynnsamt då det kan minska tiden för körning under lossning vid hantering av flera sortiment. I dagsläget görs förhållandevis breda stickvägar på grund av en bred lastbärare som vid ankomsten till ett bestånd breddas manuellt från transportläget med hjälp av kran. Lösningen på detta hade kunnat vara en lastbärare med hydraulisk breddning.

Lastvolymen kan även ökas, vilket skulle ge en högre produktivitet, men det skulle troligen bli svårare att hantera bestånd med hög fuktighet eller lutning med mycket vikt på lasset. Små ökningarna skulle såklart kunna göra skillnad de med, och det är kanske det Bergqvist (2010) syftar till när hon omnämner just detta tillsammans med ökad kapacitet på kran och aggregat som områden med förbättringspotential.

Även några möjliga tekniska utvecklingsområden genom automation framkom under intervjuerna. Förarna upplevde att styrningen av maskinen blev spegelvänd om inte hyttens rotation genomfördes i kombination med inbromsning vilket de ansåg var något som borde ha skett automatiskt utan att inbromsning ska behöva ske. Justering skulle även kunnat ske automatiskt genom att lastbäraren automatiskt roterades och tiltades exempelvis när föraren gasade, istället för att justering sker manuellt innan föraren kör under lastning eller efter att föraren lastat sista stocken och skulle börja köra mot avlägg.

### **Metodens styrkor och svagheter**

Föraren i tidsstudien hade vid tiden för datainsamlingen arbetat med drivaren i över ett år och man skulle kunna säga att han arbetade med en genomtänkt arbetsmetod, vilket var gynnsamt då metodiken skulle belysas tillsammans med drivarens styrkor och svagheter.

Intervjuer genomfördes med två förare för att få större bredd främst när det gäller arbetsmetod men även drivarens styrkor och svagheter. Intervjuerna hölls helt kvalitativa, inga strukturerade frågor ställdes utan samtalet fick gå fritt med restriktioner på ämnet.

## ***Framtida studier***

När Häggström et al. (2015) i en tidigare studie studerat förarnas ögonrörelser, visade det sig att föraren ständigt söker information i omgivningen av olika slag beroende på vilket arbetsmoment föraren står inför. Olika arbetsmoment kräver alltså olika mycket information för att kunna genomföras. Positionering och upparbetning är exempel på två arbetsmoment som kräver mycket information (Häggström, et al., 2015). För vidare automation och vägen mot "en förarlös maskin" krävs mer information om förarens arbetsmetod när det gäller beslutsfattande och informationsinhämtning.

Utveckling av arbetsmetoden är något som behövs allt eftersom tekniken utvecklas. Med tillkommande automationer bör vi veta hur förarens arbetsuppgifter förändras och kunna anpassa metoden efter det. Det kan finnas svårigheter i att applicera en arbetsmetod anpassad till direktlastning och drivarkonceptet. Om direktlastning exempelvis utesluts i beståndsöppningen finns möjlighet till risning i större utsträckning. Vid drivning i bestånd med högre markfuktighet kan detta anses vara en fördel då eventuella körskador kan undvikas eller minskas. I framtida studier bör man titta vidare på en arbetsmetod anpassad till direktlastning och automationer och studera hur man bör förhålla sig till olika beståndsegenskaper. Detta kan exempelvis göras genom simuleringar.

Drivarkonceptet innebär en mer varierad körning än den konventionella metoden, vilket av förarna har upplevts som positivt. De upplever framförallt att vanligt skördarbete lätt blir monotont och saknar naturliga avbrott, lossningen fungerar i detta fall som ett avbrott. Det vore intressant att se hur konceptet påverkar föraren ur arbetsmiljösynpunkt jämfört med det konventionella maskinsystemet.

Vid direktlastning tvingas man att hantera fler sortiment än vid konventionell skotning. Kunskap om hur antalet sortiment påverkar direktlastningen och avläggssorteringen skulle underlätta urvalet av lämpliga bestånd för drivaren att verka i.

I denna studie tas ingen hänsyn till hur mycket moment teoretiskt kan överlappa utan förutsätter att de moment som kan överlappa också kan överlappa med varandra helt och hållet. Detta stämmer givetvis inte utan det finns begränsningar som avgör i vilken omfattning moment kan överlappa med varandra. Vilka dessa begränsningar är och vilka moment som kan överlappa med varandra helt eller delvis i teorin vore intressant för vidare studier.

## ***Slutsatser***

- Under större delen av tiden utfördes ett arbetsmoment åt gången, som mest utfördes 4 arbetsmoment simultant.
- Det finns förbättringar och automatisering av funktioner som kan ge effektivare direktlastning och arbetsmetod.
- Sammantaget var den uppskattade potentiella tidsbesparingen i avverknings-/lastningscyklerna och lossningscyklerna 5,2 % tidsbesparing för lass 1 och 5,5 % för lass 2.

## Referenser

- Andersson, A. (2015). En analysmodell för tidsåtgång vid skotning med Komatsuskotare. *Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi*, arbetsrapport 27.
- Asikainen, A. (2004). Integration of Work Tasks and Supply Chains in Wood Harvesting-Cost Savings or Complex Solutions. *International Journal of Forest Engineering*, 15(2): 11-17.
- Bergqvist, I. (2010). Drivare i svenskt skogsbruk - Erfarenheter och möjligheter till utveckling. *Skogforsk*, redogörelse nr 1.
- Bildström, M. (2014). Stordrivare testas i Norsjöskogarna. *Skogen*, Nr. 9: 40.
- Bossé, E. & Breton, R. (2003). The cognitive costs and benefits of automation. *Defence Research and Development* (RTO-MP-088.). Québec.
- Brunberg, T. & Arlinger, J. (2001). Vad kostar det att sortera virket i skogen?. *Skogforsk*, resultat nr 3.
- Cranab AB. (2015). Gripare och gripsågar för professionellt skogsbruk. *Cranab AB*, Vindeln.
- Eriksson, E. (2014). Vad påverkar maskinförarens val av gallringsmetod? En studie om införandet av slingerkörning vid Holmen skog. *Institutionen för Skogens biomaterial och teknologi*, arbetsrapport 10.
- Eriksson, M. och Lindroos, O. (2014). Productivity of harvesters and forwarders in CTL operations in Northern Sweden based on large follow-up datasets. *International Journal of Forest Engineering* 25(3):179-200.
- Gellerstedt, S. (2002). Operation of the Single-Grip Harvester: Motor-Sensory and Cognitive Work. *International Journal of Forest Engineering*, 13(2): 35-47.
- Hellström, T., Lärkeryd, P., Nordfjell, T. & Ringdahl, O. (2009). Autonomous Forest Vehicles: Historic, envisioned, and state-of-the-art. *International Journal of Forest Engineering*, 20(1):31-38.
- Häggström, C., Englund, M. & Lindroos, O. (2015). Examining the gaze behaviors of harvester operators: an eye-tracking study. *International Journal of Forest Engineering*, 26(2): 96-113.
- Jonsson, R. (2015). Nya drivaren överraskar positivt. *Skogforsk*. [Online] Available at: <http://www.skogforsk.se/nyheter/2015/nya-drivaren-overraskar/> [Använd 14 01 2016].
- Jundén, L., Bergström, D., Servin, M., and Bergsten, U. (2013). Simulation of boomcorridor thinning using a double-crane system and different levels of automation. *International Journal of Forest Engineering*, 24(1):16-23.

Komatsu. (2016). Komatsu 365- Produktbroschyr. *Komatsu*, Umeå.

Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. (1994). Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus - Mechanized cutting and forest haulage. Helsingfors: Metsäteho Tiedotus.

Lindroos, O. (2009). Bestensystemets konkurrensförmåga – jämfört med vanlig skördare-skotaresystem. *Sveriges lantbruksuniversitet*, Fakta Skog nr 10.

Lindroos, O. (2012). Evaluation of Technical and organizational Approaches for Directly Loading Logs in Mechanized Cut-to-Length Harvesting. *Forest Science*, 58(4): 326-341.

Löfgren, B. (2013) Så blir skogsmaskinerna snabbare och skonsammare. *Skogforsk: Vision*, vol. 3 ss. 10-12.

Löfgren, B. (2005). Kranspetsstyrning ger snabbare inläring. *Skogforsk*, resultat nr 24.

Manner, J. (2015). Automatic and Experimental Methods to Studying Forwarding Work. *Institution of Forest Biomaterials and Technology*, Doctoral thesis nr 128.

Nordfjell, T., Athanassiadis, D. & Talbot, B. (2003). Fuel consumption in forwarders. *International journal of forest engineering*, 14(2):11-20.

Nurminen, T., Korpunen, H & Uusitalo, J. (2006). Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica* 40(2): 335–363.

Ringdahl, O., Hellström, T. & Lindroos, O. (2012). Potentials of possible machine systems for directly loading logs in cut-to-length harvesting. *Canadian Journal of Forest Research*, 42(5): 970-985.

Wester, F. & Eliasson, L. (2003). Productivity in Final Felling and Thinning for a Combined Harvester- Forwarder (Harwarder). *International Journal of Forest Engineering*, 14(2):45-51.

Zylberstein, M. (1993). Informationsergonomi i skogs- och jordbruksmaskiner. *Jordbrukstekniska institutet*, rapport 154.

### ***Personlig kommunikation***

Annemalm, P. (2016). *Komatsu*. Mailkontakt, 2016-01-18.

Jonsson, R. (2016). *Skogforsk*. Telefonkontakt, 2016-03-30.

Lidén, A. (2015). Maskinförare, *Holmen Skog*. Intervju, 2015-08-20.

Norrman, E. (2015). Maskinförare, *SCA skog*. Intervju, 2015-11-6.

## Bilaga 1.

**Tabell B1.1.** De 92 arbetsmomentkombinationer som förekommer under studietiden och den totala durationen för dem under lass 1 och 2  
*Table B1.1. The 92 combinations of work elements performed simultaneously and the total duration for them during load 1 and 2*

| Antal överlapp | Arbetsmoment 1         | Arbetsmoment 2 | Arbetsmoment 3 | Arbetsmoment 4 | Total duration (s) |               |
|----------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|---------------|
|                |                        |                |                |                | <i>Lass 1</i>      | <i>Lass 2</i> |
| 0              | Fällning               | 0              | 0              | 0              | 112,20             | 135,80        |
| 0              | Grip stäng             | 0              | 0              | 0              | 35,70              | 72,60         |
| 0              | Grip öppna             | 0              | 0              | 0              | 0,00               | 25,60         |
| 0              | Justering lastbärare   | 0              | 0              | 0              | 32,40              | 58,70         |
| 0              | Kapning                | 0              | 0              | 0              | 101,90             | 108,30        |
| 0              | Koppla aggregat        | 0              | 0              | 0              | 4,30               | 14,10         |
| 0              | Koppla grip            | 0              | 0              | 0              | 3,50               | 4,50          |
| 0              | Kran in                | 0              | 0              | 0              | 129,10             | 138,10        |
| 0              | Kran ut                | 0              | 0              | 0              | 365,90             | 415,20        |
| 0              | Körning fullastad      | 0              | 0              | 0              | 268,70             | 226,80        |
| 0              | Körning tom            | 0              | 0              | 0              | 283,20             | 251,40        |
| 0              | Körning under lastning | 0              | 0              | 0              | 109,40             | 121,90        |
| 0              | Körning under lossning | 0              | 0              | 0              | 5,80               | 12,90         |
| 0              | Lossa aggregat         | 0              | 0              | 0              | 10,40              | 11,40         |
| 0              | Lossa grip             | 0              | 0              | 0              | 4,90               | 5,10          |
| 0              | Matning                | 0              | 0              | 0              | 182,50             | 211,10        |
| 0              | Positionering          | 0              | 0              | 0              | 101,20             | 172,70        |
| 0              | Sortering              | 0              | 0              | 0              | 5,80               | 9,60          |
| 0              | Störning               | 0              | 0              | 0              | 199,10             | 146,90        |
| 0              | Topp                   | 0              | 0              | 0              | 1,40               | 1,20          |

**Tabell B1.1** Tabell 1 fortsättning  
*Table B1.1 Table 1 continued*

| <b>Antal överlapp</b> | <b>Arbetsmoment 1</b>  | <b>Arbetsmoment 2</b> | <b>Arbetsmoment 3</b> | <b>Arbetsmoment 4</b> | <b>Total duration<br/>(s)</b> |        |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------|
| 1                     | Kran in                | Fällning              | 0                     | 0                     | 95,90                         | 129,80 |
| 1                     | Kran ut                | Fällning              | 0                     | 0                     | 30,10                         | 55,70  |
| 1                     | Kran in                | Grip stäng            | 0                     | 0                     | 24,30                         | 21,60  |
| 1                     | Kran ut                | Grip stäng            | 0                     | 0                     | 2,80                          | 2,20   |
| 1                     | Positionering          | Grip stäng            | 0                     | 0                     | 1,80                          | 25,40  |
| 1                     | Kran in                | Grip öppna            | 0                     | 0                     | 6,70                          | 5,80   |
| 1                     | Kran ut                | Grip öppna            | 0                     | 0                     | 1,40                          | 6,40   |
| 1                     | Positionering          | Grip öppna            | 0                     | 0                     | 0,00                          | 3,60   |
| 1                     | Fällning               | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 0,00                          | 0,20   |
| 1                     | Grip stäng             | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 0,00                          | 0,40   |
| 1                     | Kapning                | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 0,30                          | 0,20   |
| 1                     | Kran in                | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 55,50                         | 56,90  |
| 1                     | Kran ut                | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 10,30                         | 7,80   |
| 1                     | Körning tom            | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 0,10                          | 0,90   |
| 1                     | Körning under lastning | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 17,30                         | 0,00   |
| 1                     | Körning under lossning | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 0,00                          | 3,60   |
| 1                     | Matning                | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 9,70                          | 19,50  |
| 1                     | Positionering          | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 59,80                         | 90,60  |
| 1                     | Sortering              | Justering lastbärare  | 0                     | 0                     | 0,20                          | 0,00   |
| 1                     | Kran in                | Kapning               | 0                     | 0                     | 0,00                          | 0,60   |
| 1                     | Kran ut                | Kapning               | 0                     | 0                     | 5,30                          | 12,80  |
| 1                     | Positionering          | Kapning               | 0                     | 0                     | 19,10                         | 32,80  |
| 1                     | Kran in                | Koppla aggregat       | 0                     | 0                     | 2,30                          | 1,50   |

**Tabell B1.1.** Tabell 1 fortsättning  
*Table B1.1. Table 1 continued*

| <b>Antal överlapp</b> | <b>Arbetsmoment 1</b> | <b>Arbetsmoment 2</b>  | <b>Arbetsmoment 3</b> | <b>Arbetsmoment 4</b> | <b>Total duration<br/>(s)</b> |        |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------|
| 1                     | Kran ut               | Koppla aggregat        | 0                     | 0                     | 3,40                          | 2,50   |
| 1                     | Kran in               | Koppla grip            | 0                     | 0                     | 0,00                          | 1,40   |
| 1                     | Kran ut               | Koppla grip            | 0                     | 0                     | 2,00                          | 2,90   |
| 1                     | Kran in               | Körning fullastad      | 0                     | 0                     | 6,10                          | 11,60  |
| 1                     | Kran ut               | Körning fullastad      | 0                     | 0                     | 3,50                          | 2,20   |
| 1                     | Kran in               | Körning tom            | 0                     | 0                     | 1,70                          | 12,90  |
| 1                     | Kran ut               | Körning tom            | 0                     | 0                     | 7,00                          | 6,30   |
| 1                     | Fällning              | Körning under lastning | 0                     | 0                     | 0,00                          | 0,60   |
| 1                     | Kran in               | Körning under lastning | 0                     | 0                     | 11,50                         | 18,40  |
| 1                     | Kran ut               | Körning under lastning | 0                     | 0                     | 110,20                        | 142,80 |
| 1                     | Matning               | Körning under lastning | 0                     | 0                     | 0,60                          | 0,00   |
| 1                     | Positionering         | Körning under lastning | 0                     | 0                     | 0,00                          | 1,00   |
| 1                     | Topp                  | Körning under lastning | 0                     | 0                     | 0,00                          | 0,40   |
| 1                     | Grip stäng            | Körning under lossning | 0                     | 0                     | 0,00                          | 0,40   |
| 1                     | Kran in               | Körning under lossning | 0                     | 0                     | 3,00                          | 4,60   |
| 1                     | Positionering         | Körning under lossning | 0                     | 0                     | 0,00                          | 1,50   |
| 1                     | Kran ut               | Lossa aggregat         | 0                     | 0                     | 1,70                          | 0,50   |
| 1                     | Kran ut               | Lossa grip             | 0                     | 0                     | 4,80                          | 3,80   |
| 1                     | Kran in               | Matning                | 0                     | 0                     | 18,00                         | 26,40  |
| 1                     | Kran ut               | Matning                | 0                     | 0                     | 0,60                          | 0,20   |
| 1                     | Positionering         | Matning                | 0                     | 0                     | 74,50                         | 126,10 |
| 1                     | Kran in               | Sortering              | 0                     | 0                     | 1,00                          | 0,10   |
| 1                     | Kran ut               | Sortering              | 0                     | 0                     | 4,20                          | 3,20   |
| 1                     | Positionering         | Sortering              | 0                     | 0                     | 0,00                          | 5,40   |



**Tabell B1.1.** Tabell 1 fortsättning  
*Table B1.1. Table 1 continued*

| <b>Antal överlapp</b> | <b>Arbetsmoment 1</b> | <b>Arbetsmoment 2</b>  | <b>Arbetsmoment 3</b>  | <b>Arbetsmoment 4</b> | <b>Total duration(s)</b> |       |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------|
| 1                     | Kran ut               | Topp                   | 0                      | 0                     | 26,70                    | 44,40 |
| 2                     | Kran in               | Fällning               | Justering lastbärare   | 0                     | 9,60                     | 12,10 |
| 2                     | Positionering         | Fällning               | Justering lastbärare   | 0                     | 0,00                     | 0,30  |
| 2                     | Kran in               | Grip stäng             | Justering lastbärare   | 0                     | 1,20                     | 1,70  |
| 2                     | Positionering         | Grip stäng             | Justering lastbärare   | 0                     | 0,00                     | 0,70  |
| 2                     | Positionering         | Kapning                | Justering lastbärare   | 0                     | 0,30                     | 0,00  |
| 2                     | Kran in               | Körning tom            | Justering lastbärare   | 0                     | 1,40                     | 0,50  |
| 2                     | Kran in               | Körning under lastning | Justering lastbärare   | 0                     | 4,10                     | 4,20  |
| 2                     | Kran ut               | Körning under lastning | Justering lastbärare   | 0                     | 2,10                     | 0,00  |
| 2                     | Positionering         | Körning under lastning | Justering lastbärare   | 0                     | 0,00                     | 0,70  |
| 2                     | Grip stäng            | Körning under lossning | Justering lastbärare   | 0                     | 0,00                     | 0,60  |
| 2                     | Kran in               | Körning under lossning | Justering lastbärare   | 0                     | 0,20                     | 3,40  |
| 2                     | Kran in               | Matning                | Justering lastbärare   | 0                     | 5,50                     | 13,00 |
| 2                     | Positionering         | Matning                | Justering lastbärare   | 0                     | 8,30                     | 15,40 |
| 2                     | Kran ut               | Sortering              | Justering lastbärare   | 0                     | 0,60                     | 0,00  |
| 2                     | Kran ut               | Topp                   | Justering lastbärare   | 0                     | 1,00                     | 0,60  |
| 2                     | Kran in               | Fällning               | Körning under lastning | 0                     | 14,00                    | 9,10  |
| 2                     | Kran ut               | Kapning                | Körning under lastning | 0                     | 0,10                     | 0,10  |
| 2                     | Kran in               | Matning                | Körning under lastning | 0                     | 1,10                     | 0,00  |
| 2                     | Kran ut               | Topp                   | Körning under lastning | 0                     | 0,40                     | 2,70  |
| 2                     | Kran in               | Grip stäng             | Körning under lossning | 0                     | 0,00                     | 1,10  |
| 2                     | Positionering         | Grip stäng             | Körning under lossning | 0                     | 0,00                     | 0,90  |
| 3                     | Kran in               | Fällning               | Körning under lastning | Justering lastbärare  | 0,20                     | 0,00  |
| 3                     | Kran in               | Matning                | Körning under lastning | Justering lastbärare  | 0,10                     | 0,00  |
| 3                     | Kran ut               | Topp                   | Körning under lastning | Justering lastbärare  | 0,60                     | 0,00  |

## Bilaga 2. Beräkning av möjliga tidsbesparingar

### Avverknings-/ lastningscykel

#### Fällning

Under studien utfördes Fällning simultant med arbetsmomenten Kran in, Kran ut, Justering lastbärare och Körning under lastning (Tabell 15). Det är således dessa moment som kommer påverkas när arbetsmomentet Fällning förändras. Under i genomsnitt 2,4 s av cykeln överlappar inte fällning med något annat moment (Potentiell tidsbesparing i Tabell 18). All denna tid kan inte överlappas av andra arbetsmoment utan att något i arbetsmomentet automatiseras. Detta beror på att Fällning är ett av de mest kvalificerade arbetsmomenten där stora delar kräver förarens fullständiga uppmärksamhet. Kan man genom kranpetsstyrning positionera aggregatet mot stammen öppnar det upp för att förarens uppmärksamhet kan riktas på annat, såsom att Justera lastbäraren i ett tidigare skede än normalt, parallellt med Fällningsmomentet. Tidsbesparingen för detta uppskattas till 0,1 s (Tabell B2.1) vilket motsvarar ca 2,5 % av Justering lastbärare duration per cykel (Tabell 16) och ca 30 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Justering lastbärare (Tabell 17). Den uppskattade tidsbesparingen kan anses som rimlig då lastbäraren inte alltid behöver justeras i fällnings-skedet och när det väl görs kan en precis justering för lastning inte göras. En precis justering kan göras först efter att trädets fällts helt och man har en känd placering för rotändan och vet trädets vinkel gentemot lastbäraren.

**Tabell B2.116.** Tidsbesparing/ cykel när arbetsmoment 1-5 förändras, läses kolumnvis  
*Table B2.1. Time savings/ cycle when the work elements 1-5 changes, read by column*

| Arbetsmoment           | Tidsbesparing/cykel (s) |            |          |                      |                        |
|------------------------|-------------------------|------------|----------|----------------------|------------------------|
|                        | Fällning                | Kran in    | Kran ut  | Justering lastbärare | Körning under lastning |
| Fällning               | -                       | 0          | 0,3      | 0,05                 | 0                      |
| Kran in                | 0,2                     | -          | 0        | 0,05                 | 0,1                    |
| Kran ut                | 0,2                     | 0          | -        | 0                    | 0,3                    |
| Justering lastbärare   | 0,1                     | 0,3        | 0,2      | -                    | 0,1                    |
| Körning under lastning | 0                       | 0,1        | 0,3      | 0                    | -                      |
| Positionering          | 0                       | 0          | 0        | 0,1                  | 0                      |
| Topp                   | 0                       | 0          | 0,2      | 0                    | 0                      |
| <b>SUMMA</b>           | <b>0,5</b>              | <b>0,4</b> | <b>1</b> | <b>0,2</b>           | <b>0,5</b>             |

Med ökad precision i positioneringen mot stammen borde hastighet i kranrörelsen kunna ökas något. Kran ut skulle därför också påverkas positivt av en sådan åtgärd.

Tidsbesparingen för detta uppskattas till 0,2 s (Tabell B2.1) vilket motsvarar drygt 2 % av durationen för kran ut per cykel (Tabell 16) och ca 5 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Kran ut (Tabell 17). I och med att Justering av lastbärare delvis kan ske i ett tidigare skede borde även hastigheten i Kran in-rörelsen kunna ökas något. Detta beror på att det troligen finns en väntetid mot Justering lastbärare som gör att kranrörelsen normalt sker långsamt eller avstannar vid Kran in. Tidsbesparingen uppskattas till 0,2 s (Tabell B2.1) vilket motsvarar ca 4 % av durationen för Kran in per cykel (Tabell 16) och ca 30 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Kran in (Tabell 17). Uppskattningarna av tidsbesparingarna i Kran in- och Kran ut-rörelserna kan anses som rimliga då ökad kranhastighet bör ge större påverkan

procentuellt. Detta beror på att ökad kranhastighet påverkar hela arbetsmomentet medan bara en liten del av kran ut kan påverkas vid förändring av fällningsmomentet som det beskrivs här.

### **Kran in**

Kran in utfördes främst simultant med Fällning, Justering lastbärare, Körning under lastning och Matning under studien (Tabell 15). Kan Kran in-rörelsen automatiseras bör arbetsmomentet i större utsträckning kunna ske simultant med Justering lastbärare då det blir mindre fokus på okvalificerat arbete. Tidsbesparingen uppskattas till 0,3 s (Tabell B2.1) vilket motsvarar ca 7 % av durationen för Justering lastbärare per cykel (Tabell 16) och ca 40 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Kran in (Tabell 17). I detta skede är rotändans placering och det liggande trädets vinkel gentemot lastbäraren kända och en precis justering av lastbäraren är möjlig inför lastning. Därför kan en större ökning av det simultant pågående arbetet förväntas än vid avskalning av okvalificerat arbete under fällning. Körning under lastning kan även förväntas utföras simultant med Kran in i något större utsträckning. Tidsbesparingen uppskattas till 0,1 s (Tabell B2.1) vilket motsvarar ca 2 % av durationen för Körning under lastning per cykel (Tabell 16) och ca 5 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Körning under lastning (Tabell 17).

### **Kran ut**

Kran ut utfördes främst simultant med Fällning, Justering lastbärare, Körning under lastning och Topp under studien (Tabell 15). Det är således främst dessa moment som kommer påverkas när arbetsmomentet Kran ut förändras. Kan man genom kranspetsstyrning rikta kranspetsen mot en trädstam kan gripen öppnas för att släppa toppen simultant med kran ut i större utsträckning. Tidsbesparingen uppskattas till 0,2 s (Tabell B2.1) vilket är ca 20 % av durationen för topp per cykel om 50 stammar avverkas under 1 lass (Tabell 15). Denna tidsbesparing kräver att topp kan ske simultant med mer än 1 arbetsmoment. Det ska vara möjligt genom att kran ut, körning under lastning och topp kan ske simultant i större utsträckning med kran ut automatiserat. Tidsbesparingen för Körning under lastning uppskattas i detta fall till 0,3 s (Tabell B2.1) vilket är ca 5,5 % av arbetsmomentets duration per cykel (Tabell 16) och ca 14 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Körning under lastning (Tabell 17).

### **Justering lastbärare**

Justering lastbärare utfördes främst simultant med Kran in, Kran ut, Matning, Positionering och Körning under lastning under studien (Tabell 15). Justering lastbärare skedde även simultant med Fällning under en del av tiden. Av dessa arbetsmoment kan Fällning, Kran in och Positionering ses som de mest kvalificerade arbetsuppgifterna. Därför skulle man genom en automation av Justering lastbärare öppna upp för ökad andel simultant arbetet med just dessa moment. Tidsbesparingen för fällning uppskattas i detta fall till 0,05 s (Tabell B2.1) vilket är ca 1 % av arbetsmomentets duration per cykel (Tabell 16) och ca 2 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Fällning (Tabell 17). Tidsbesparingen för Kran in uppskattas till 0,05 s (Tabell B2.1) vilket är ca 1 % av arbetsmomentets duration per cykel (Tabell 16) och ca 7 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Kran in (Tabell 17). Tidsbesparingen för Positionering uppskattas till 0,1 s (Tabell B2.1) vilket är ca 1 % av arbetsmomentets duration per lass om 50 stammar avverkas (Tabell 15).

## Körning under lastning

Körning under lastning utfördes främst simultant med Fällning, Justering lastbärare, Kran in och Kran ut under studien (Tabell 15). Det är således främst dessa moment som kommer påverkas när arbetsmomentet Körning under lastning förändras. Om maskinen skulle vara mer självgående och exempelvis styrs av kranrörelser eller avstånd till nästa träd skulle framförallt Kran in och Kran ut påverkas genom att utföras mer simultant med Körning under lastning. Tidsbesparingen för Kran in uppskattas till 0,1 s (Tabell B2.1) vilket är ca 2 % av arbetsmomentets duration per cykel (Tabell 16) och ca 14 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Kran in (Tabell 17). Tidsbesparingen för Kran ut uppskattas även den till 0,3 s (Tabell B2.1) vilket är ca 3,5 % av arbetsmomentets duration per cykel (Tabell 16) och ca 7 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Kran in (Tabell 17). Anledningen till att potentialen är större för Kran ut är att det redan sker simultant med körning under lastning i störst utsträckning (Tabell 15) och att både kran ut och körning under lastning är rörelser för att nå nästa träd vilket gör det naturligt att de har stora möjligheter att ske simultant i större utsträckning bara okvalificerat arbete kan skalas bort från någon av dem. Tidsbesparingen för Justering lastbärare uppskattas till 0,1 s vilket är ca 2 % av arbetsmomentets duration per cykel (Tabell 16) och ca 14 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Justering lastbärare (Tabell 17).

## Lossningscykel

### Kran in

Kran in utfördes främst simultant med Grip stäng, Grip öppna, Justering lastbärare och Körning under lossning under lossningscyklerna (Tabell 15, Tabell 19). Kan kran in rörelsen ske mer självgående öppnar det upp för en tidsbesparing genom ökad andel simultant pågående arbetsmoment främst av Grip stäng, Grip öppna och Körning under lossning. Tidsbesparingen för Grip stäng uppskattas till 0,1 s (Tabell B2.2) vilket är ca 2 % av arbetsmomentets duration per cykel om 22 cykler utförs per lass (Tabell 15). Denna tidsbesparing ska kunna göras delvis genom en mer självgående kran in-rörelse, men även bättre sorterade fack. Tidsbesparingen för Grip öppna uppskattades till 0,05 s (Tabell B2.2) vilket motsvarar ca 5 % av arbetsmomentets duration per cykel om 22 cykler utförs per lass (Tabell 15). Grip öppna kan ses som ett kvalificerat arbetsmoment då det kräver finesse att skapa en rak vält som inte riskerar att tippa. Tidsbesparingen för Körning under lossning uppskattades till 0,05 s (Tabell B2.2) vilket motsvarar ca 7 % av arbetsmomentets duration per cykel (Tabell 19) och ca 17 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för Körning under lossning.

**Tabell B2.2.** Tidsbesparing/ cykel när arbetsmoment 1-4 förändras, läses kolumnvis  
*Table B2.2. Time savings/ cycle when the work elements 1-5 changes, read by column*

| Arbetsmoment           | Tidsbesparing/cykel (s) |            |                        |                      |
|------------------------|-------------------------|------------|------------------------|----------------------|
|                        | Kran in                 | Kran ut    | Körning under lossning | Justering lastbärare |
| Kran in                | -                       | 0          | 0,1                    | 0                    |
| Kran ut                | 0                       | -          | 0                      | 0                    |
| Körning under lossning | 0,05                    | 0          | -                      | 0                    |
| Grip stäng             | 0,1                     | 0,25       | 0                      | 0                    |
| Grip öppna             | 0,05                    | 0,05       | 0                      | 0                    |
| <b>SUMMA</b>           | <b>0,2</b>              | <b>0,3</b> | <b>0,1</b>             | <b>0</b>             |

### **Kran ut**

Kran ut utfördes främst simultant med Grip stäng, Grip öppna och Justering lastbärare under lossningscyklerna (Tabell 15; Tabell 19). Kan Kran ut-rörelsen bli mer självgående skulle en tidsbesparing kunna bli av att moment kan ske simultant med Kran ut i större utsträckning. Tidsbesparingen för Grip stäng uppskattas till 0,25 s (Tabell B2.2) vilket är ca 5 % av arbetsmomentets duration per cykel om 22 cykler utförs per lass (Tabell 15). Delar av tidsbesparingen ligger även i arbetsmetoden och sorteringen vid lastning. Är man säker på att man kan ta en full grip av samma sortiment kan överlappen öka. Tidsbesparingen för Grip öppna uppskattades till 0,05 s (Tabell B2.2) vilket motsvarar ca 5 % av arbetsmomentets duration per cykel om 22 cykler utförs per lass (Tabell 15). Denna tidsbesparing kan vara tveksam på det kräver kvalificerat arbete för att skapa en rak vältan.

### **Körning under lossning**

Körning under lossning utfördes främst simultant med Justering lastbärare och Kran in under lossningscyklerna (Tabell 15). Om Körning under lossning var mer självgående skulle en tidsbesparing på 0,1 s (Tabell B2.2) kunna göras på Kran in vilket motsvarar 2 % av arbetsmomentets duration per cykel (Tabell 19) och 3 % av det som anges som den potentiella tidsbesparingen för kran in (Tabell 20). Kran in kan ses som en mindre kvalificerad arbetsuppgift än körning under lossning då lastbärarens position utifrån kranpetsen alltid bör vara känd jämfört med maskinens placering utifrån vältan och de olika sortimenten på vältan. Detta gör att det kan vara svårt att se en större tidsbesparing för Kran in vid automation av Körning under lossning.

### **Justering lastbärare**

Justering lastbärare sker i liten utsträckning (Tabell 19) och överlappar redan med andra arbetsmoment till 34 % (Tabell 19) vilket gör att momentet endast sker utan överlapp under 0,1 s per lossningscykel (Tabell 20). Detta gör att tidsbesparingen kan ses som marginell under lossningscykeln för just Justering lastbärare, av denna anledning har inte några tidsbesparingar antagits kunna göras för detta moment.