



# Kandidatarbete i skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap

2015:9

## Tidsstudier och analyser av det interna transportarbetet av rundvirke och sågade produkter på ett sågverk

-En fallstudie på Rörvik Timber Tvärskog AB

*Time studies and analyses of the internal transport of  
roundwood and sawn products at a sawmill  
-A case study at Rörvik Timber Tvärskog AB*



Jacob Forsberg & Kasper Romuk-Wodoracki



# Kandidatarbete i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,  
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Jacob Forsberg & Kasper Romuk-Wodoracki
Titel, Sv	Tidsstudier och analyser av det interna transportarbetet av rundvirke och sågade produkter på ett sågverk. - En fallstudie på Rörvik Timber Tvärskog AB.
Titel, Eng	<i>Time study and analysis of the internal transport of roundwood and sawn products at a sawmill.- A case study at Rörvik Timber Tvärskog AB.</i>
Nyckelord/ Keywords	Hjullastare, truckar, internlogistik, produktivitet, timmerplan, virkespaket.  <i>Wheel loader, forklifts, internal logistics, productivity, timber yard, wood package.</i>
Handledare/Supervisor	<i>Dan Bergström, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi</i>
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2015

## SAMMANFATTNING

Internlogistik och materialhantering är viktiga delar av ett sågverks verksamhet. Rörvik Timber Tvärskog AB var intresserade av att få en bättre uppfattning om internlogistiken och om truckarnas och hjullastarnas prestation.

Rörvik Timber Tvärskog AB är ett mindre gransågverk som ingår i koncernen Rörvik Timber AB och deras årliga sågade volym är 121 000 m<sup>3</sup>.

Syftet var att med en tidsstudie och en beskrivning av maskinernas arbete, modellera produktivetsfunktioner för maskinerna och analysera arbetet på sågverket samt föreslå förbättringsförslag för det interna transportarbetet.

De maskiner som studerats är två hjullastare med frontmonterad timmergrip som hanterar rundvirke på timmerplanen. De två andra maskinerna var gaffeltruckar som transporterar virkespaket mellan olika avdelningar. Beskrivningen av transportarbetet och tidsstudien utfördes under sammanlagt sju dagar med cirka fyra timmars mättid per maskin. Resultaten från tidsstudien visar att av den totala mättiden för hjullastarna så utgör transportarbetet 80 % respektive 91 %. För truckarna är motsvarande siffror 67 % och 72 %.

Produktivetsfunktioner för respektive maskin har gjorts som beskriver produktivitet beroende på medeltransportavstånd och transporterad volym. Med funktionerna har en teoretisk arbetskapacitet för respektive maskin beräknats och de har jämförts med det utförda transportarbetet under 2014. Den jämförelsen indikerade att det finns en överkapacitet hos de två hjullastarna. Under arbetet har ett antal förbättringsförslag gjorts, t.ex. automatisering av utmaning av vagnar från virkestorkarna och införande av ”korrigeringsväggar” och dessa har analyserats med funktionerna. De framtagna funktionerna kan användas för att skatta produktivitet för dessa typer av maskiner som utför liknade arbetsuppgifter.

*Nyckelord: Internlogistik, sågverk, produktivitet, tidsstudie, timmerplan.*

## SUMMARY

Internal logistics and handling of material are important parts of a sawmills business. Rörvik Timber Tvärskog AB were interested in getting a better understanding of their inbound logistics and the machines.

Rörvik Timber Tvärskog AB is a spruce specialized sawmill within the Rörvik Timber AB group and the yearly volume of sawn wood is 121 000 m<sup>3</sup>.

The purpose of this study was to describe the transport work and create productivity models for the machines at the sawmill and analyze their performance and suggest possible improvements.

The machines that were studied were two wheel loaders with a front mounted grapple that handles the timber at the timber yard. The other two machines were forklifts that transport wood packages between different units. The description and the time study were executed during seven days with circa four hours of measured time per machine. The results from the time study shows that, out of the total measured time, the wheel loaders spend respectively 80 % and 91 % on transport work. For the forklifts the corresponding numbers are 67 % and 72 %.

The productivity functions for the machines has been constructed to describe productivity depending on the average transport distance and the transported volume. With the functions a theoretical working capacity for each machine has been estimated and compared to the work executed during 2014. That comparison indicated that the wheel loaders has an overcapacity. During the study a number of suggestions for improvements has been made, for example automatization of output of wagons from the wood kilns and adoption of “correctional walls” to the timber yard and analyzed with the functions. The functions can be used to estimate the productivity for these types of machines with these types of tasks.

*Key words: Inbound logistics, sawmill, productivity, time study, timber yard.*

## **Förord**

Detta kandidatarbete har utförts i samarbete med Rörvik Timber AB på deras sågverk i Tvärskog. Vi är mycket tacksamma att vi fått göra vårt kandidatarbete åt Rörvik då vi lärt oss väldigt mycket och fått en väldigt bra möjlighet att få komma ut och se sågverksindustrin i verkligheten. Vi vill rikta ett stort tack vår handledare på Rörvik, VD Thomas Gustafsson för att vi har fått göra vårt arbete i Tvärskog och för hans engagemang i både projektplanen och själva arbetet. Vi vill också tacka produktionsledare Pontus Karlsson som hjälpt oss med alla praktiska delar i samband med våra fältstudier och sett till att vi fått tillgång till sågverkets dataunderlag. I övrigt vill vi rikta ett stort tack till all personal i Tvärskog som varit mycket tillmötesgående och ett extra tack till maskinförarna som studerats under arbetet. Till sist vill vi tacka vår handledare på SLU, Dan Bergström som ständigt varit tillgänglig för konsultation och hjälp under arbetet.

# 1 INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Materialadministrativa och logistiska kostnader har blivit en allt större del av företags totala kostnader (Pewe 1993). För att ha en hög lönsamhet och kunna leverera produkter i rätt tid och till en låg kostnad måste man på ett effektivt vis kunna styra sina materialflöden (Lumsden 1998). Med det avses antingen materialflöden inom ett företag eller integrerade materialflöden genom flera företag (Jonsson, Mattsson 2011). En korrekt och effektiv materialhantering är viktigt för sågverk då en felaktig placering av material leder till en lägre produktivitet och en ökad bränsleförbrukning (Lundahl 2009).

Efter ett antal år med lågkonjunktur och en minskad efterfrågan på sågade trävaror har svenska sågverk haft tuffa villkor för att nå lönsamhet (Skogsindustrierna, 2012 & 2013). Enligt de senaste rapporterna ökar användningen av träprodukter globalt och man spår en trolig ökning av efterfrågan på sågade trävaror även under de kommande åren (Skogsindustrierna, 2014).

Utvecklingen har också gällt för Rörvik Timber Tvärskog AB som dessutom fått ett ökat inflöde av importvirke från Ryssland och Norge vilket gör att förutsättningarna för en hög sysselsättningsgrad den närmaste tiden är goda (Thomas. Gustafsson. VD. Rörvik Timber Tvärskog AB. Pers. komm). Med denna förväntade utvecklingskurva samt en målsättning om hög lönsamhet vill sågverket se över sin internlogistik och sin maskinpark för att få en uppfattning om potentiella förbättringsområden.

## 1.2 Företagsbeskrivning

Rörvik Timber AB är en koncern som bedriver träförädling med nio stycken produktionsenheter belägna i Småland och Östergötland. Av dessa är sju stycken sågverk, en industri för tryckimpregnering och en för stallströ. Hela koncernen har en produktionskapacitet på 950 000 m<sup>3</sup> sågad trävara per år (Rörvik Timber AB 2015). I koncernen ingår också inköpsorganisationen Rörvik Skog AB vars uppgift är att förse industrierna med råvara, och som har sin huvudsakliga verksamhet i Småland och Västergötland (Rörvik Timber AB 2015). Rörvik Timber AB har också två stycken försäljningsbolag Rörvik Timber Sales AB och Neils Ulrich Pedersen A/S som säljer företagets produkter (Rörvik Timber AB 2015). Huvuddelen av produkterna säljs på den inhemska marknaden därutöver är Danmark, Storbritannien och Tyskland stora marknader (Rörvik Timber AB 2015).

Koncernens övergripande affärsidé och mål är att långsiktigt skapa värde för sina ägare genom en hög lönsamhet, att utveckla sina produkter efter kundernas krav samt ha en bra arbetsmiljö för sina anställda. Strategier för att nå detta är bland annat att genom ett nära samarbete med kunder för att utveckla sina sortiment och produkter samt genom en ökad produkt- och processutveckling få ett mer optimalt utnyttjande av råvaran. Man vill också arbeta för att vara en långsiktig affärspartner för skogsägare och leverantörer i sina

upptagningsområden (rtimber.se 2015). Detta arbete gjordes på Rörvik Timber Tvärskog AB som är ett renodlat gransågverk beläget Tvärskog mellan Nybro och Kalmar, sågverket har en sågad volym per år på 121 000 m<sup>3</sup> (rtimber.se 2015).

### 1.3 Tidigare forskning inom internlogistik

Berglund (2014) har gjort en fallstudie på Kåge såg och där studerat internlogistiken på sågverket. Studien består av tre huvuddelar där den första är en nulägesanalys av sågverkets timmerplan samt ett förslag till ny timmerplanslayout. Den andra delen behandlar maskinparkens kapacitet, maskinernas arbetsfördelning och kostnader. Den tredje delen görs en investeringskalkyl för beslutsstödsystemet GPS-Timber. Både arbetsmetodiken och resultaten har varit viktiga underlag och för utformningen av detta arbete.

Wahlström Bergstedt & Kollberg (2014) har genom att använda simuleringsverktyget ExtendSim gjort simuleringar som visar hur lång kötid det blir för ankommande virkestransporter om man ändrar förutsättningarna för hur timmertruckarna arbetar. Denna studie ger en bra inblick i hur olika maskinförutsättningar påverkar materialflödet på ett sågverk.

Öhman (2013) har i en rapport producerad för Träcentrum Norr tagit fram en simuleringsmodell för att optimera pakethantering på sågverk. Modellen beskriver ett antal olika arbetssätt för att hantera virkespaket på sågverk och simuleringarna ger teoretiska resultat om vad de får för effekter på transportarbete för truckarna. Denna rapport är väldigt intressant då den både beskriver vilka faktorer som tros påverka truckarnas arbete och att den redogör för olika arbetssätt med virkespaket och lager.

Aronsson & Karlsson (2013) har gjort en studie om effektivisering av interna materialflöden i producerande industrier samt en processkartläggning där materialflöden inom företaget beskrivs. Utifrån den har man identifierat ett antal problemområden och försökt applicera olika ”arbetsfilosofier” exempelvis lean production för att effektivisera arbetet. I denna studie tillverkar företaget gjutgods men eftersom logistiska problem är ganska lika inom många tillverkningsindustrier är resultaten och frågeställningarna i denna studie intressanta för detta arbete.

Rudner & Rääf (2012) har studerat teoretiska modeller för att effektivisera internlogistik inne på industriområden. De beskriver olika teorier och modeller för internlogistik, lagerhantering med mera. Precis som Aronsson & Karlssons (2013) studie görs också denna på en metallindustri och inte på ett sågverk men principen är i många avseenden densamma.

Jonsson & Mattson (2005) har i ett forskningsprojekt på Lunds tekniska högskola gjort en kartläggning av vilka olika materialplaneringsmetoder som används av svenska företag. Detta projekt gav en överblick av vilka metoder man kan använda sig av för att planera sina materialflöden och vilka fördelar och nackdelar de har i förhållande till varandra och i vilka typer av företag respektive metod kan vara lämplig.

## 1.4 Syfte och målsättning

Syftet med arbete kan delas upp i tre stycken delsyften:

- Att beskriva vad Rörvik Timber Tvärskog AB har för kapacitet i sin nuvarande maskinpark för förflyttning av gods samt tidsstudera och beskriva olika truckar och hjullastares arbete.
- Att utifrån tidsstudien modellera produktivitetfunktioner för de olika maskinerna.
- Att utföra jämförande analyser på truckarnas och hjullastarnas arbete utifrån förändringar i påverkande faktorer som medeltransportavstånd och lastkapacitet.

Målet är att fylla den kunskapslucka om interlogistik som finns på sågverket och ge en så bra bild som möjligt av rådande förhållanden och potentiella förbättringsområden.

Förhoppningsvis kan kartläggningen av nuvarande maskinkapacitet, produktivitetfunktionerna och övriga analyser användas av företaget som underlag i framtida effektiviseringsarbete och investeringsbedömningar.

## 1.5 Avgränsningar

För att arbetet ska vara rimligt att genomföra med de tidsramar som finns och för att ge en bra möjlighet att sätta sig in i området ordentligt har följande avgränsningar gjorts:

- Att enbart studera interlogistiken på sågverket i Tvärskog trots att behovet förmodligen finns på flera av koncernens sågverk.
- Att inte studera alla maskiner utan prioritera de som företaget var mest intresserade av, vilket var de två hjullastarna som hanterar timmer samt två gaffeltruckar som hanterar virke efter råsortering och justerverk.



## 2 MATERIAL OCH METODER

### 2.1 Förberedande litteraturstudie

En litteraturstudie utfördes för att fastställa vilken arbetsstudiemetodik som skulle tillämpas. Det finns fyra olika typer av arbetsstudier: tidsstudie, frekvensstudie, elementärtidssystem och tidformel (Olhager 2000). För modellering av produktivitetsfunktioner lämpade sig en kontinuerlig tidsstudie bäst eftersom den både ger data om tidsåtgång för olika moment och fördelningen av total mättid på respektive moment då arbetet mäts löpande under hela observationstiden (Ola Lindroos. Forskare. SLU. Pers. komm). För att få mer kunskap om hur man ställer upp en tidsstudie studerades Berglund (2014) arbete där en tidsstudie på hjullastare har gjorts. I boken Olhager (2000) finns ett kapitel som beskriver teori och arbetsgång för arbetsstudier som var ett bra underlag för att få mer kunskap om ämnet.

### 2.2 Förstudie

I samråd med ledningen på Rörvik Timber Tvärskog AB beslutades det att studien skulle göras på fyra stycken av sågverkets maskiner. De maskiner som kom att studeras är de två hjullastare som arbetar på timmerplanen Ljungby L20 nr 1 och Ljungby L20 nr 2 (Figur 1) samt två gaffeltruckar. Svetruck 1260 nr 3 som arbetar med virke efter råsortering och Svetruck 1260 nr 4 (Figur 2) som arbetar med virke efter torkning och justerverk.



**Figur 1.** Hjullastare Ljungby L20.

*Figure 1.* Wheel loader Ljungby L20.



**Figur 2.** Gaffeltruck Svertruck 1260.

**Figure 2.** Forklift Svertruck 1260.

Till att börja med genomfördes en förstudie för att få en grundläggande förståelse för det arbete som maskinerna som ingår i undersökningen utför. Förstudien genomfördes under första dagen av fältstudierna genom att åka med maskinerna och studera deras arbete, under tiden genomfördes en ostrukturerad intervju med maskinförarna där de ombads förklara och berätta om sina arbetsuppgifter. Under studien ställdes så många frågor som möjligt om de olika arbetsmoment som utfördes och vad det fanns för eventuella andra aspekter som påverkade arbetet. Förstudien gav också tillfälle att få en god grund för samarbete och dialog med förarna samt mer ingående förklara hur arbetsstudien skulle genomföras och syftet med den.

## **2.3 Tidsstudie**

### **2.3.1 Konstruktion**

Med de kunskaper om hur arbetet för respektive maskin ser ut som inhämtats under förstudien gjordes en sammanställning av vilka olika arbetsmoment som fanns för de olika maskinerna. För att kunna göra en tidsstudie som ger det data som behövs för fortsatta analyser jämfördes databehovet med de arbetsmoment som identifierats för att se om mätning av de momenten skulle uppfylla databehovet. Med detta som grund togs en momentindelning för tidsstudien fram, där definierades vilka moment som skulle ingå i studien och deras början och slut (tabell 1, 2 och 3). När alla moment var klara och definierade för de fyra maskinerna matades de in i en Allegro tidsstudiedator som kom att användas för att utföra tidsstudien.

### 2.3.2 Genomförande

Då det bara fanns tillgång till en tidsstudiedator under arbetet och då tiden för fältarbete var begränsad fick studien genomföras med olika mätintervall. Längden för varje mätning varierade också något på grund av att maskinerna hade överlappande raster och de inföll vid lite olika tider. Ett större stillestånd på mätstationen gjorde också att studielängden fick anpassas något då man i samråd med maskinföraren kom fram till att mätning under den tiden skulle ge en missvisande bild av det dagliga arbetet. Totalt mättes varje maskin cirka fyra timmar. Tiden registrerades i centiminuter<sup>1</sup> i tidsstudiedatorn och tilldelades ett av de inprogrammerade momenten. Studiemannen åkte i maskinen för att det bedömdes svårt och farligt att kunna observera maskinen från sidan hela tiden då den rör sig över ett stort område med mycket byggnader och andra fordon. Möjligheten att få en så precis bedömning som möjligt av momentens början och slut blir också störst om studiemannen sitter i maskinen. Efter varje mätning exporterades data från tidsstudiedatorn till en PC i textformat och bearbetades sedan i Microsoft Excel.

### 2.3.3 Momentindelning

**Tabell 1.** Beskrivning av arbetsmoment för Hjullastare 1 och 2 som använts i tidsstudien  
*Table 1. Describing the operations measured in the time study for wheel loader nr 1 and 2*

Nr	Moment	Beskrivning
1	Hämta virke vid fack/välta	Momentet börjar när maskinens grip kommer i kontakt med virket och avslut när maskinen backar för att påbörja förflyttning.
2	Körning med virke	Momentet börjar när moment 1 avslutas och slutar när maskinen påbörjar avlämningsmomentet.
3	Avlämna virke	Momentet börjar när maskingripens bakdel når in över kanten på sågbordet eller mätbordet eller över första stocken i avlämningsvältn. Momentet avslutas när maskinen börjar backa för att påbörja förflyttning.
4	Tomkörning	Momentet börjar när maskinen börjar backa avlämningsplatsen och avslutas när ett nytt arbetsmoment börjar.
5	Ommättningsfacket	Momentet börjar när gripen kommer i kontakt med virket i ommättningsfacket. Momentet avslutas när maskinen påbörjar förflyttning.
6	Fixa virke i fack	Momentet börjar när gripen kommer i kontakt med virket som ska fixas. Momentet avslutas när maskinen påbörjar förflyttning.
7	Övrigt arbete	Moment som inte passar in i något av ovanstående moment. T.ex. kommunikation med annan personal eller att maskinföraren tankar maskinen.

<sup>1</sup> En minut utgörs av 60 sekunder medan en centiminut är en hundraedels minut alltså 0,6 sekunder.

**Tabell 2.** Beskrivning av de moment som använts vid tidsstudie för Svedtruck nr 3

*Table 2. Description of operations measured in the time study for Svedtruck nr 3*

<b>Nr</b>	<b>Moment</b>	<b>Beskrivning</b>
1	Hämta	Momentet börjar när gafflarnas spets går in under objektet som ska lyftas. Momentet avslutas när trucken påbörjar förflyttning med lasten.
2	Köra med last	Momentet börjar när trucken börjar rulla med lasten. Momentet avslutas när lasten går in över avlastningsområdet
3	Avlämna last	Momentet börjar när lasten går in över avlastningsområdet. Momentet avslutas när gafflarnas spets är helt utanför lasten.
4	Tomkörning	Momentet påbörjas när gafflarnas spets är helt utanför lasten. Momentet avslutas när nytt moment påbörjas.
5	Torkarbetet	Momentet börjar när trucken stå stilla för att föraren ska gå ut och förbereda paket för torkning alternativt knuffa in torkvagnen i torken.
6	Övrigt arbete	Moment som inte kan hänföras något annat moment. T.ex. kommunikation med annan personal eller tankning.

**Tabell 3.** Beskrivning av de moment som använts vid tidsstudie för Svedtruck nr 4

*Table 3. Description of operations measured in the time study for Svedtruck nr 4*

<b>Nr</b>	<b>Moment</b>	<b>Beskrivning</b>
1	Hämta	Momentet börjar när gafflarnas spets går in under objektet som ska lyftas. Momentet avslutas när trucken påbörjar förflyttning med lasten.
2	Köra med last	Momentet börjar när trucken börjar rulla med lasten. Momentet avslutas när lasten går in över avlastningsområdet
3	Avlämna last	Momentet börjar när lasten går in över avlastningsområdet. Momentet avslutas när gafflarnas spets är helt utanför lasten.
4	Tomkörning	Momentet påbörjas när gafflarnas spets är helt utanför lasten. Momentet avslutas när nytt moment påbörjas.
5	Lägga klossar på paket efter justerverk	Momentet börjar när trucken stå stilla för att föraren ska gå ut och för att lägga på klossarna. Momentet avslutas när trucken börjar rulla efter utfört arbete.
6	Övrigt arbete	Moment som inte kan hänföras något annat moment. T.ex. kommunikation med annan personal eller tankning.

## 2.4 Medelhastighetsberäkning

För att mäta medelhastigheten användes ett antal sträckor som de olika maskinerna regelbundet körde. Med ett tidtagarur togs tiden för maskinerna att åka dessa sträckor och för varje tidtagning angavs vilken sträcka som körts och om maskinen hade last eller inte. Dessa mätningar gjordes från marken då det är väldigt svårt att anteckna i maskinerna. De sträckor som maskinerna körts mättes sedan med måttband och därefter kunde medelhastigheten för

lastad respektive olastad körning beräknas genom att dividera körd sträcka per mätning med tidsåtgång per mätning.

## 2.5 Kartläggning av materialflöden och arbetsmetodik

Underlag till en materialflödesbeskrivning erhöles främst genom förstudien och arbetsbeskrivningen samt att från sidan studera maskinernas arbete. Under förstudien erhöles mycket kunskap om maskinernas arbetsmetodik och vilka problemområden som finns, detta antecknades kontinuerligt efter studietillfällena för att kunna användas som underlag till frågeställningar i analyser och förbättringsförslag.

## 2.6 Sekundärdata

Från sågverket erhöles data om inmätta volymer under 2014 och från deras produktionsuppföljningssystem hämtades data om vilka volymer som passerat sågverkets olika processer under varje månad för år 2014. Sågverket bistod också med data om antal körtimmar och bränsleförbrukning för alla deras maskiner från år 2014. Det samlades också in maskinspecifika data som gripstorlek för timmermaskinerna och timkostnader för respektive maskin. Data om mätstationens kapacitet och arbete erhöles genom att ta personlig kontakt med virkesmätaren från VMF syd.

## 2.7 Beräkningsunderlag till produktivitetfunktioner

### 2.7.1 Uträkning 1: Maximal gripvolym för Hjullastare 1

Hjullastare 1 har en griparea på  $2,8 \text{ m}^2$  och för att beräkna hur många stockar som ryms i den gjordes en cirkel i Microsoft Power Point med radien  $9,45 \text{ cm}$  vilket motsvarar en mindre skalbild av gripens radie som är  $9,45 \text{ dm}$  (formel för griparea:  $9,45^2 \times \pi = 280 \text{ dm}^2 = 2,80 \text{ m}^2$ )

Griparean på Hjullastare 2 är  $2,5 \text{ m}^2$  vilket ger en radie på  $8,92 \text{ dm}$  ( $8,92^2 \times \pi = 250 \text{ dm}^2 = 2,50 \text{ m}^2$ ).

För att beräkna medeldiameter för de timmerstockar som hanteras på sågverket användes data från sågverket som visade att  $187\,077,32 \text{ m}^3$  fub mätts in under 2014. Det totala antalet stockar var  $799\,765$  stycken och då ger kvoten  $187\,077,32/799\,765 = 0,23 \text{ m}^3$  fub per stock. Genom att göra en matematisk förenkling och anta att en stock har formen av en cylinder kan en medeldiameter beräknas genom att lösa ut diametern  $d^2$  ur ekvationen  $((d^2 \times \pi) / 4) \times \text{stocklängd} = 0,23 \text{ m}^3$  fub. Medellängden för en stock gavs av virkesmätaren från VMF syd och var  $4,6$  meter.

$$((d^2 \times \pi) / 4) \times 4,6 = 0,23$$

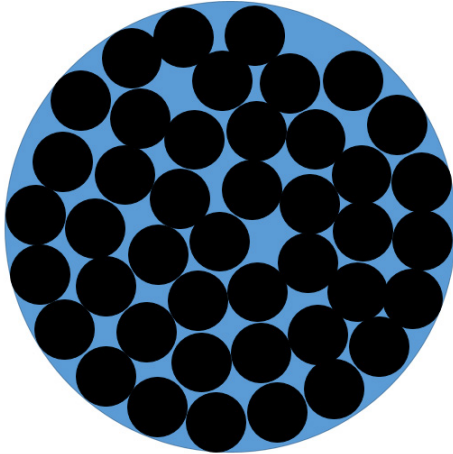
$$((d^2 \times \pi) / 4) = 0,23/4,6 = 0,05$$

$$(d^2 \times \pi) = 0,05 \times 4 = 0,2$$

$$d^2 = 0,2 / \pi = 0,0636$$

$$d = \sqrt{0,0636} = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

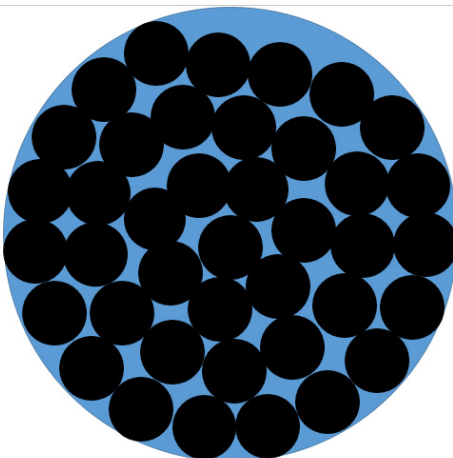
För att få en grov uppskattning av hur många stockar med medeldiameter på 25 cm som maximalt kan gripas med Hjullastare 1 har skalenliga cirklar för stockars cirkelarea placerats i en cirkel motsvarande cirkelarean (figur 3). Figur 3 visar att 45 stycken stockar skulle rymmas i en full grip, och med en volym på 0,23 m<sup>3</sup>fub per stock skulle den totala volymen per full grip bli 0,23 x 45 = 10,35 m<sup>3</sup>fub/grip.



**Figur 3.** Illustration av skattning av hur många stockar med 25 cm diameter som ryms i Hjullastare 1 grip.  
*Figure 3. Illustration of the number of logs with 25 cm in diameter that fits in the timber grab of Wheel loader 1.*

### 2.7.2 Uträkning 2: Maximal gripvolym för Hjullastare 2

Precis som för Hjullastare 1 med görs samma beräkning av volym per full grip för Hjullastare 2 som har en griparea på 2,5 m<sup>2</sup>. Den blå cirkelns diameter blir då 8,92 cm (8,92 dm i verkligheten) och de svarta stockarna är precis som innan 2,5 cm. Figur 4 visar att det ryms 40 stycken stockar i en full grip och med medelvolymen 0,23 m<sup>3</sup>fub per stock blir totala volymen per grip 0,23x40 = 9,2 m<sup>3</sup>fub/grip.



**Figur 4.** Illustration av skattning av hur många stockar med 25 cm diameter som ryms i Hjullastare 2 grip.  
*Figure 4. Illustration of the number of logs that fits in the timber grab of wheel loader 2.*

### 2.7.3 Uträkning nr 3: Beräkning av flyttad volym per körning för gaffeltruckar

Under tidsstudien noterades hur många paket som förflyttades av gaffeltruckarna, genom att dividera antalet paket med antalet cykler erhöles en genomsnittlig volym per körning. För Truck 3 var antalet paket 121 och antalet cykler 119 det ger 1,02 paket per cykel. Motsvarande siffror för Truck 4 var 162 paket på 97 cykler vilket ger 1,67 paket per cykel. Ett paket motsvarar i genomsnitt ca 5 m<sup>3</sup>.

### 2.7.4 Uträkning nr 4: Skattning av medeltransportavstånd för alla maskiner

För att bygga vidare mot en färdig produktivitetfunktion behövs ett medeltransportavstånd för hjullastarna och truckarna. Ett medeltransportavstånd har skattats genom att mäta ett antal avstånd som maskinerna ofta åker. Utifrån det skattades medeltransportavståndet till 80 meter för hjullastarna, 75 meter för Truck 3 och 140 meter för Truck 4.

### 2.7.5 Uträkning nr 4: Beräkning av hanterade volymer för hjullastarna 2014

Det första hanteringsmomentet är att virket ska lyftas från omätt timmerplan till mätbordet. Ett avdrag måste göras för det virke som lastbilarna lossar direkt på mätbordet och därmed inte behöver hanteras av hjullastarna. Enligt virkesmätaren lossar åtminstone 60 % av lastbilarna på timmerplanen och inte på mätbordet varpå hanterad volym från omätt timmerplan till mätbord beräknades till:  $187\,077,32 \times 0,60 = 112\,246,39 \text{ m}^3\text{fub}$ .

När virket passerat mätstationen hamnar det i olika mätfack, därifrån kan det antingen flyttas till en vält på den inmätta timmerplanen eller direkt till sågintaget (figur 5). Det görs ett antagande att det är cirka 5 % av virket som flyttas direkt till sågintaget och hanterad volym från mätfack till vält beräknades till  $187\,077,32 \text{ m}^3\text{fub} \times 0,95 = 177\,723,45 \text{ m}^3\text{fub}$ . Denna volym motsvarar även den hanterade volymen från inmätt timmerplan till sågintag. Hanterad volym från mätfack till sågintag blir då  $187\,077,32 \times 0,05 = 9\,353,86 \text{ m}^3\text{fub}$ .

Det sista hanteringsmomentet blir att förflytta virket från den inmätta timmerplanen till sågen. Alla hanterade volymer summeras för att få totalt hanterade volymer för 2014.

$$112\,246,39 + 177\,723,45 + 9\,353,86 + 177\,723,45 = 477\,047,15 \text{ m}^3\text{fub år 2014}$$

## 3 RESULTAT OCH ANALYSER

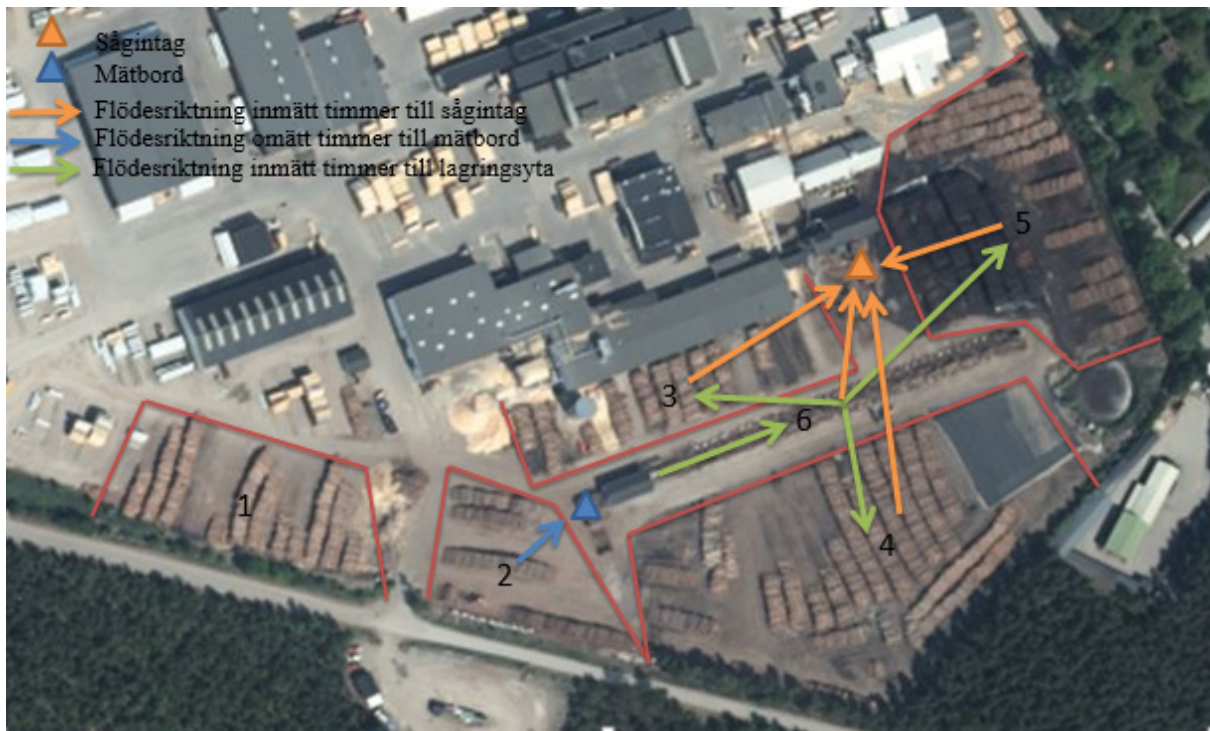
### 3.1 Nulägesbeskrivning

#### 3.1.1 Indelning av timmerplaner och flödesbeskrivning för timmer

Figur 5 visar att det finns flera olika alternativa lagringsytor och att virket kan förflyttas på olika vägar till sågintaget. Lageryta 1 är till för talltimmer som anlänt till sågverket, eftersom Rörvik Timber Tvärskog inte sågar tall utan bara gran förvaras virket på denna timmerplan tills det skickas till koncernens tallsågverk i Rörvik (figur 5). Lageryta 2 är timmerplanen där timmer som levereras till sågen läggs innan det körs till mätstationen, den blå pilen i diagrammet visar att omätt timmer flyttas till mätstationen som är utmärkt med den blå triangeln. När timret passerat mätstationen åker det ut på mätbanan som är utmärkt med lageryta 6 där det släpps av mätbanan ner i rätt fack. Därifrån kan timret antingen flyttas till något av områdena tre, fyra, fem eller direkt till sågintaget, dessa olika förflyttningalternativ visas med de gröna pilarna. För att timret ska kunna flyttas direkt från fack till sågintag krävs att det är inom det dimensionsspänn som sågas för tillfället och att det finns plats på sågbordet.

Lageryta 4 används i första hand som lagringsplats för virke som inte kan sågas direkt utan behöver korrigeras, det handlar om virke som är för långt eller för grovt och måste kapas manuellt eller svarvas för att kunna sågas. Virke som klassats ner till vrak och timmer som inte trillar av mätbanan i rätt fack, utan åker på mätbanan ända ner till sista facket som kallas ”omsorteringsfacket”, läggs också på lageryta 4. Den nyasfalterade delen av lageryta 4 används för vattenlagring av virke sommartid, den nyttjas under övrig tid av året som extra lagringsplats när det blir fullt på andra lagringsytor. Både lageryta 3 och 5 har numrerade vältor för alla olika dimensionsklasser som man sorterar timret i, där lagras timret i väntan på att det ska sågas. I västra delen av lageryta 5 finns precis som på lageryta 4 en yta som under sommaren nyttjas för att bevattna virket, vilket syns tydligt med de mörka vältorna på den aktuella bilden. De orangea pilarna visar de flöden av timmer som går från lagerytorna tre, fyra och fem till sågintaget som markeras med den orangea triangeln.





**Figur 5.** Flödesschema för sågtimmer och avgränsning mellan olika lagerytor. © Lantmäteriet, i2014/764

1) Lageryta för talltimmer som ska skickas till Rörviks sågverk. 2) Lageryta för omänt virke. 3) Lageryta för inmätt timmer. 4) Lageryta för inmätt timmer. 5) Lageryta för inmätt timmer. 6) Mätbana med 40 stycken fack.

**Figure 5.** Flowchart for sawlogs and demarcation of inventory areas. 1) Inventory area for pinelogs that shall be sent to the sawmill in Rörvik. 2) Inventory area for ungauged wood. 3) Inventory area for gauged wood. 4) Inventory area for gauged wood. 5) Inventory area for gauged wood. 6) Gaugeline with 40 slots.

### 3.1.2 Beskrivning av arbetsmetodik på timmerplanen

Virke som anländer till sågverket med lastbil lossas av lastbilsförarna själva med bilens kran i de allra flesta fall. Det läggs antingen i en vält på lageryta 2 eller direkt på mätstationens mätbord. Virke som lossats på lageryta 2 lyfts med hjullastare till mätbordet för inmätning, det är i första hand Hjullastare 1 som har ansvar för detta. När det är byte mellan olika virkespartier får maskinföraren gå ut och plocka bort vältlapparna och gå in med dessa till virkesmätaren. Han märker också upp den sista stocken i varje parti med röd sprayfärg för att undvika förväxlingar mellan olika leverantörer. Timret passerar genom mätstationen som har en genomsnittlig produktivitet på cirka 400 stockar/timme enligt virkesmätaren. Timret faller sedan ut i olika fack efter mätbanan baserat på vilken längd, dimension och kvalitet det har klassats i.

Facken utefter mätbanan är numrerade från nummer 1 till 40 och sedan finns det motsvarande numrerings för vältorna ute på lagerytorna tre, fyra och fem så maskinföraren vet direkt vart virket i ett visst fack ska köras. Uppgiften att förflytta virke från fack till vältor delas på av Hjullastare 1 och 2, och sedan har Hjullastare 2 det primära ansvaret att flytta virke från vältor eller mätfack till sågintaget. Arbetsfördelningen som beskrivs ovan är i första hand en övergripande uppdelning och en viss flexibilitet finns. T.ex. att förarna täcker upp för varandra om någon är uppenbart närmre utför den uppgiften även om den egentligen brukar utföras av den andra föraren.

### **3.1.3 Beskrivning av problemområden med timmerhantering och timmerplanen**

En aspekt som ofta diskuterades var att flera områden på timmerplanerna saknar asfaltsbeläggning, dessa områden är spåriga och ojämna vilket leder till att maskinerna måste köra långsammare. Samt att arbetsmiljön för maskinförarna blir sämre då ett ojämnt underlag leder till mer skakningar. Att virket lagras på ytor som inte är asfalterade leder också till en ökad risk att få in grus i virket som orsakar problem inne i sågen med ökat slitage på barktrumman och sågklingorna.

Det fack på mätbanan som kallas ”ommättningsfacket” dit virke som inte faller av mätbanan i rätt fack hamnar är enligt maskinförarna ett problem som tar en hel del tid. Virke som hamnar i det facket samlas upp i en separat vält som man ungefär en gång i veckan kör genom mätstationen igen för att få virket rätt sorterat. Det blir dubbelt arbete med allt virke som hamnar i ”ommättningsfacket” vilket de som arbetar ute på timmerplan tycker känns onödigt.

En ytterligare aspekt som förarna också anser kan vara ett problem är att virke hamnar fel i mätfacken när de faller av mätbanan, virket kan hamna snett i facket eller diagonalt under mätbanan, vilket leder till att stockar som kommer efter också hamnar fel. Maskinförarna måste då lägga mer tid på att korrigera virket och lägga det jämt igen innan de kan lyfta upp det för att köra iväg. Problemet anses vara större för kortare virke och att längre virke generellt lägger sig bättre i facken, exempelvis anses sex-meters stockarna fungera väldigt bra i detta avseende.

### **3.1.4 Indelning av lagerytor och beskrivning av arbetsmetodik för Truck 3**

Truck 3's huvudsakliga arbetsuppgift är att flytta paket från råsorteringen till någon av virkestorkarna på området. Detta kan göras med ett lyft men oftast görs det genom att paketen får mellanlagras i någon av lagerytorna (figur 6).

Andra uppgifter är att ta av truckklossarna på paket som ska in i virkestorkarna samt att lägga bågar uppe på dessa för att hålla ihop paketen inne i torken. Vidare hämtar Truck 3 bågar och vagnar efter virkestorkarna för att kunna använda de när nya paket ska in i virkestorkarna. Det finns även paket som går direkt till utlastningsområdet från råsorteringen. Truck 3 lägger även tid på att fylla på med ströhäckar till råsorteringen.



Figur 6. Arbetsområde för Truck 3.

© Lantmäteriet, i2014/764

Figure 6. Working area for Forklift 3.

### 3.1.5 Problemområden för Truck 3

Problem uppstår när lagret blir så fullt att paket byggs in och därmed inte blir åtkomliga utan att andra paket flyttas först. Det är tidsödande att behöva göra lyft för att flytta paket inom lagerområdet. Det optimala är att alla paket går rakt från råsoreringen till virkestorkarna men det är sällan det sker.

Paket som ska till kammartorkarna hamnar ibland på lager bara ett par timmar innan det hämtas för att köras till kammartork och om detta kan undvikas genom bättre informationsflöde mellan inomhus- och utomhuspersonal är det förstås att föredra.

### 3.1.6 Indelning av lagerytor och beskrivning av arbetsmetodik för Truck 4

I figur 7 visas arbetsområdet för Truck 4 när han arbetar med att tömma torkarna och flytta paket till justerverket, utlastning eller lager.

Förutom dessa uppgifter utför trucken arbete med att ta av bågarna från paket som varit i torken samt att ta ut den tomma vagnen ur torken.

I figur 8 visas arbetsområdet för Truck 4 när den arbetar med att hämta paket som justerats och flytta de till utlastning, vidareförädling eller lager. En återkommande uppgift utöver de föregående är att lägga truckklossar på paket som kommer från justerverket för att kunna stapla paketen på varandra.



**Figur 7.** Arbetsområde före justerverk för Truck 4.  
*Figure 7.* Working area before final grading for Forklift 4.

© Lantmäteriet, i2014/764



**Figur 8.** Arbetsområde efter justerverk för Truck 4.  
*Figure 8.* Working area after final grading for Forklift 4.

© Lantmäteriet, i2014/764

### 3.1.7 Problemområden för Truck 4

Att det saknas asfaltsbeläggning i bildens övre högra hörn gör att trucken måste sakta in på väg mot övergången mellan asfalt och grus och leder även till att trucken måste dra ner på

hastigheten för att inte tappa last eller skaka sönder den. Ett annat moment som kanske kan effektiviseras är att föraren måste hoppa ur trucken för att mata fram vagnarna från virkestorkarna (se mer om detta i förbättringsförslag under diskussionsdelen).

## 3.2 Resultat från tidsstudien

### 3.2.1 Resultat från tidsstudien för Hjullastare 1 och 2

Hjullastare 1 spenderade 80 % av sin tid på momenten Hämta virke, Köra med virke, Avlämna virke, Tomkörning. Tiden som lades på Fixa virke i facken och Ommättningsfacket tar sammanlagt upp endast 3 % av den totala tiden (Tabell 4).

Hjullastare 2 lade i likhet med Hjullastare 1 merparten av sin tid 91 % på momenten Hämta virke, Köra med virke, Avlämna virke, Tomkörning. Tiden som lades på Fixa virke i facken och Ommättningsfacket tar upp 7 % av den totala tiden för Hjullastare 2 till skillnad från Hjullastare 1's 3 % (Tabell 4).

Momentet Ommättningsfacket var enligt förarna ett problemområde men Hjullastare 1 lade bara 2 % och Hjullastare 2 bara 1 % av tiden på momentet (Tabell 4).

**Tabell 4.** Resultaten från tidsstudien för Hjullastare 1 och 2  
*Table 4. The results from the time study at Wheel loader 1 and 2*

Maskin	Moment	Minuter totalt	Andel %	Antal moment	Minuter /moment	SD <sup>x</sup> (min)
<b>Hjullastare 1</b>						
	Hämta virke	23,36	11 %	93	0,25	0,19
	Köra med virke	57,51	27 %	96	0,60	0,29
	Avlämna virke	28,34	13 %	96	0,30	0,23
	Tomkörning	62,16	29 %	105	0,59	0,35
	Fixa virke i facken	2,59	1 %	10	0,26	0,15
	Ommättningsfacket	4,33	2 %	8	0,54	0,46
	Övrigt	36,67	17 %	10	3,67	3,37
<b>Summa</b>		<b>214,96</b>	<b>100 %</b>	<b>418</b>		
<b>Hjullastare 2</b>						
	Hämta virke	24,88	10 %	114	0,22	0,09
	Köra med virke	84,38	35 %	117	0,72	0,24
	Avlämna virke	32,60	13 %	114	0,29	0,27
	Tomkörning	79,71	33 %	119	0,67	0,42
	Fixa virke i facken	14,51	6 %	18	0,81	0,90
	Ommättningsfacket	3,43	1 %	4	0,86	0,79
	Övrigt	4,78	2 %	6	0,80	0,40
<b>Summa</b>		<b>244,29</b>	<b>100 %</b>	<b>492</b>		

<sup>x</sup> SD är en förkortning av engelskans standard deviation som betyder standardavvikelse.

Resultat från en sammanställning av tidsåtgången för all Övrig tid visar att Hjullastare 1 har en betydligt högre total tid på det momentet jämfört med Hjullastare 2 (tabell 5 och 6). Det beror i första hand på att Hjullastare 1 sköter arbetet i anslutning till mätstationen.

Arbetsuppgifterna: tekniskt fel på mätbanan, hämta vältlapp och ge till virkesmätaren, städa bark under mätbordet och märka sista stocken i ett parti är kopplade till mätstationen och de utgör tillsammans 62 % av all övrig tid för Hjullastare 1 (tabell 5 och 6).

**Tabell 5.** Sammanställning av all Övrig tid för Hjullastare 1  
*Table 5. The time spent on Övrig tid for Wheel loader 1*

Anledning	Total tidsåtgång (min)	% Av övrig tid	% Av total tid
Städa timmerplan	10,17	28 %	4,7 %
Tekniskt fel på mätbanan	4,61	13 %	2,1 %
Korrigera välta utan att hämta virke	1,34	4 %	0,6 %
Kommunikation med lastbilsförare	2,11	6 %	1 %
Hämta vältlapp och ge till virkesmätare	13,28	36 %	6,2 %
Städa bark under mätbordet	3,67	10 %	1,7 %
Märka sista stocken i ett parti	0,95	3 %	0,4 %
<b>Summa</b>	<b>36,13</b>	<b>100 %</b>	<b>16,8 %</b>

**Tabell 6.** Tidsfördelning i minuter för all Övrig tid för Hjullastare 2  
*Table 6. The time spent in minutes on Övrig tid for Wheel loader 2*

Anledning	Total tidsåtgång (min)	% Av övrig tid	% Av total tid
Plocka upp tappad stock	0,35	7 %	0,1 %
Skjuta på virke på sågbordet	3,31	69 %	1,3 %
Fixa underlägg till mätfack	1,12	24 %	0,5 %
<b>Summa</b>	<b>4,78</b>	<b>100 %</b>	<b>1,96 %</b>

Tabell 7 redovisar de medelhastigheter som uppmäts för respektive maskin under studien samt dess standardavvikelser (SD). Dessa medelhastigheter har använts som underlag i produktivitetfunktionerna.

**Tabell 7.** Medelhastigheter i km/h för Hjullastare 1 och 2  
*Table 7. The average speed in km/h for Wheel loader 1 and 2*

Maskin	Medelhastighet Km/h (lastad)	Medelhastighet Km/h (tom)	SD Km/h (Lastad)	SD Km/h (Tom)	Antal mätningar (lastad)	Antal mätningar (tom)
Hjullastare 1	10,61	12,54	2,86	3,11	32	25
Hjullastare 2	10,78	14,23	3,61	5,06	33	32

### 3.2.2 Tidsstudieresultat Truck 3 och 4

Resultaten från tidsstudien visar att Truck 3 lade 67 % av sin tid på momenten Köra med last, Tomkörning, Avlämna och Hämta. Torkarbete, Övrigt och Övriga lyft tar upp 33 % av den totala mättiden (Tabell 8).

Truck 4 lade 72 % av sin tid på momenten Köra med last, Tomkörning, Hämta och Avlämna medan de momenten med lägre total tidsåtgång var Lägga klossar och Övrigt och Övriga lyft. (Tabell 8).

**Tabell 8.** Resultaten från tidsstudien för truck 3 och 4  
**Table 8.** The results from the time study at forklift 3 and 4

Maskin	Moment	Minuter totalt	Andel %	Antal moment	Minuter /moment	SD min
<b>Truck 3</b>						
	Hämta	17,98	6 %	119	0,15	0,06
	Köra med last	83,51	30 %	119	0,70	0,23
	Avlämna	26,00	9 %	119	0,22	0,12
	Tomkörning	62,93	22 %	119	0,53	0,23
	Torkarbete	30,88	11 %	22	1,40	0,42
	Övrigt	7,59	3 %	7	1,1	0,94
	Övriga lyft	54,94	19 %	41	1,34	0,62
<b>Summa</b>		<b>283,83</b>	<b>100 %</b>	<b>546</b>		
<b>Truck 4</b>						
	Hämta	13,11	5 %	97	0,14	0,07
	Köra med last	100,3	39 %	97	1,03	0,62
	Avlämna	19,23	7 %	97	0,20	0,08
	Tomkörning	55,54	21 %	97	0,57	0,41
	Lägga klossar	23,07	9 %	24	0,96	0,43
	Övrigt	9,43	4 %	11	0,86	0,64
	Övriga lyft	39,18	15 %	23	1,70	1,15
<b>Summa</b>		<b>259,86</b>	<b>100 %</b>	<b>446</b>		

I tabell 9 redovisas de hastigheter som använts för att konstruera produktivitetfunktionerna för gaffeltruckarna.

**Tabell 9.** Medelhastigheter i km/h för Truck 3 och 4  
**Table 9.** The average speed in km/h for Forklifts 3 and 4.

Maskin	Medelhastighet Km/h (lastad)	Medelhastighet Km/h (tom)	SD Km/h (Lastad)	SD Km/h (Tom)	Antal mätningar lastad	Antal mätningar tom
Truck 3	6,22	9,43	3,01	3,27	37	31
Truck 4	8,64	13,43	2,60	4,03	33	33

### 3.3 Produktivitetfunktioner och analyser

#### 3.3.1 Generell funktion

Följande funktion konstruerades för skattning av maskinernas arbete. Funktionen bygger på ett enkelt linjärt samband där olika moment med olika tidsåtgång används för att skatta tidsåtgången för en arbetscykel.

$$Y = (H + (S/V_{\text{lastad}}) + A + (S/V_{\text{tom}}))x(1/TU)$$

Y = Tidsåtgång i minuter per arbetscykel (från hämta en last till att hämta en ny last) inklusive icke produktivt arbete.

H = Tidsåtgång för att hämta upp last i minuter.

$V_{\text{lastad}}$  = Körhastighet med last i meter/minut.

S = Medeltransportavstånd i meter.

A = Tidsåtgång för att avlämna last i minuter.

$V_{tom}$  = Körhastighet utan last i meter/minut.

TU = Teknisk utnyttjandegrad d.v.s. hur stor andel av den totala tiden maskinen lägger på produktivt arbete.

### 3.3.2 Funktionen med värden för Hjullastare 1 och 2

Den genomsnittliga tidsåtgången för att gripa virke (H) för Hjullastare 1 är 0,22 minuter och för att avlämna virke (A) 0,30 minuter. Medelhastigheten för körning med last är 179,67 m/min. För körning utan last är medelhastigheten 209,1 m/min. Resultaten från tidsstudien visar att Hjullastare 1 lägger 80 % av tiden på att förflytta virke, TU i funktionen blir då 0,8. Hjullastare 2 har en tidsåtgång på 0,22 min för att hämta upp virke och 0,29 minuter för att avlämna virke. Hjullastare 2 har en medelhastighet med last på 179,67 m/min och 237,16 m/min utan last, TU för maskinen är 0,91. Produktivitetfunktionen kan då skrivas med numeriska värden där bara medeltransportavståndet (S) är variabelt.

Funktion för Hjullastare 1.

$$Y = (0,25 + (S/176,83) + 0,30 + (S/209,0)) \times (1/0,80)$$

Funktion för Hjullastare 2.

$$Y = (0,22 + (S/179,67) + 0,29 + (S/237,16)) \times (1/0,91)$$

### 3.3.3 Funktionen med värden för truck 3 och 4

Den genomsnittliga tiden som Truck 3 lägger på momentet Hämta last är 0,151 minuter och 0,218 minuter på att Lämna last. Truck 4 lägger i genomsnitt 0,135 minuter på att Hämta last och 0,198 minuter på att Lämna last. Teknisk utnyttjandegrad (TU) för Truck 3 är 67 % och 72 % för Truck 4. Medelhastigheterna för Truck 3 mättes till 6,225 km/h (103,748 m/min) med last och 9,425 km/h (157,083 m/min) utan last emedan medelhastigheterna för Truck 4 mättes till 8,636 km/h (143,936 m/min) med last och 13,427 km/h (223,784) utan last.

Funktion för Truck 3.

$$Y = (0,151 + (S/103,748) + 0,218 + (S/157,083)) \times (1/0,67)$$

Funktion för Truck 4.

$$Y = 0,135 + (S/143,936) + 0,198 + (S/223,784) \times (1/0,72)$$

### 3.3.4 Produktivitetstabeller och transportkapacitet för Hjullastare 1 och 2

Genom att använda produktivitetfunktionerna har nedanstående tabell 10 och 11 gjorts som redovisar produktiviteten vid olika medeltransportavstånd och fyllnadsgrad i gripen.



Tabellerna visar att produktiviteten är exponentiellt avtagande vid länge medeltransportavstånd och exponentiellt ökande med ökad fyllnadsgrad.

**Tabell 10.** Produktivitet i m<sup>3</sup>fub/h för Hjullastare 1 beroende på gripens fyllnadsgrad i % och medeltransportavstånd i meter

*Table 10. Productivity in m<sup>3</sup>fub/h for the Wheel loader 1 depending on the degree of filling in the claws in percent and the average transport distance in meters*

Fyllnadsgrad	Medeltransportavstånd (m)						
	60	80	100	120	140	160	180
40 %	168,9	143,5	124,7	110,2	98,8	89,5	81,8
50 %	211,2	179,3	155,8	137,8	123,5	111,9	102,3
60 %	253,4	215,2	187,0	165,3	148,2	134,2	122,7
70 %	295,6	251,1	218,2	192,9	172,9	156,6	143,2
80 %	337,8	286,9	249,3	220,5	197,6	179,0	163,6
90 %	380,1	322,8	280,5	248,0	222,3	201,4	184,1
100 %	422,3	358,7	311,7	275,6	247,0	223,7	204,5

**Tabell 11.** Produktivitet i m<sup>3</sup>fub/h för Hjullastare 2 beroende på gripens fyllnadsgrad i % och medeltransportavstånd i meter

*Table 1. Productivity in m<sup>3</sup>fub/h for the Wheel loader 2 depending on the degree of filling in the claws in percent and the average transport distance in meters*

Fyllnadsgrad	Medeltransportavstånd (m)						
	60	80	100	120	140	160	180
40 %	183,2	155,4	135,0	119,3	106,9	96,8	88,5
50 %	229,0	194,3	168,8	149,2	133,6	121,0	110,6
60 %	274,8	233,2	202,5	179,0	160,3	145,2	132,7
70 %	320,6	272,0	236,3	208,8	187,1	169,4	154,8
80 %	366,3	310,9	270,0	238,6	213,8	193,6	177,0
90 %	412,1	349,8	303,8	268,5	240,5	217,9	199,0
100 %	457,9	388,6	337,5	298,3	267,3	242,0	221,2

### 3.3.5 Transportkapacitet för Hjullastare 1 och 2

Transportkapaciteten har baserats på 80 meters medeltransportavstånd (se uträkning 4 i material och metoder), 70 % fyllnadsgrad i gripen (se beräkning av maximal grip i uträkning 1 och 2 i material och metoder) och 2014 års körtid.

Hjullastare 1: 2145 h/år x 251,06 m<sup>3</sup> fub/h = 538 523,7 m<sup>3</sup> fub/år

Hjullastare 2: 2231 h/år x 272,03 m<sup>3</sup> fub/h = 606 898,93 m<sup>3</sup> fub/år

Hjullastare 1+2 = 1 145 422,63 m<sup>3</sup> fub/år

### 3.3.6 Produktivitetstabell och transportkapacitet för Truck 3 och Truck 4

Tabell 12 och 13 redovisar truckarnas produktivitet vid olika medeltransportavstånd och olika antal paket per körning. Precis som för hjullastarna är produktiviteten exponentiellt avtagande med ökande medeltransportavstånd och exponentiellt ökande med ökat antal paket.

**Tabell 12.** Produktiviteten i m<sup>3</sup> / h för Truck 3 beroende på antal paket per körning och medeltransportavståndet i meter

*Table 12. The productivity in m<sup>3</sup>/h for Forklift 3 depending on the number of packages it carries per trip and mean transport distance in meters*

Antal paket	Medeltransportavstånd (m)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	179,4	154,8	136,2	121,6	109,8	100,1	91,9	85	79,1
2	358,8	309,7	272,4	243,2	219,6	200,2	183,9	170,1	158,2
3	538,2	464,5	408,6	364,7	329,4	300,2	275,8	255,1	237,2

**Tabell 13.** Produktiviteten i m<sup>3</sup>/h för Truck 4 beroende på antal paket per körning och medeltransportavståndet i meter

*Table 13. The productivity in m<sup>3</sup>/h for Forklift 4 depending on the number of packages it carries per trip and*

Antal paket	Medeltransportavstånd (m)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	247,5	216,2	192,0	172,6	156,8	143,7	132,6	123,0	114,8
2	495,0	432,5	384,0	345,3	313,7	287,4	265,1	246,1	229,6
3	742,4	648,7	576,0	517,9	470,5	431,0	397,7	369,1	344,4

*mean transport distance in meters*

### 3.3.7 Transportkapacitet för Truck 3 och Truck 4

Transportkapacitet för Truck 3 med 75 meter medeltransportavstånd: Under 2014 flyttade

Truck 3: 117,32 m<sup>3</sup>/h x 2266 körtimmar = 265 847,1 m<sup>3</sup>/år.

Transportkapacitet för Truck 4 med 140 meter medeltransportavstånd: Under 2014 flyttade

Truck 4: 169,05 x 3191 körtimmar = 539 438,6 m<sup>3</sup>/år.

## 4 DISKUSSION

### 4.1 Huvudsakliga resultat

Under kartläggningen av maskinernas arbete framkom ett antal problemområden som försvårar arbetet för maskinförarna. De problemområden som identifierats är att vissa ytor saknar asfaltsbeläggning, att virke hamnar i omsorteringsfacket och att paket ibland byggs in på lager.

Från tidsstudien är de huvudsakliga resultaten att Hjullastare 1 lägger 80 % av tiden på momenten Hämta, Köra, Avlämna och Tomkörning medan Hjullastare 2 lägger 91 %. Att Hjullastare 1 lägger mindre tid på transportarbete beror främst på att den har flera övriga arbetsuppgifter som framförallt är kopplade till mätstationen. Medelvärdena för momenten Hämta, Köra, Avlämna och Tomkörning är väldigt lika för de båda hjullastarna. Det tyder på att det inte finns någon stor skillnad i de två maskinernas arbetsätt för de momenten.

Tidsstudiens resultat för truckarna visar att det inte finns några större skillnader mellan tidsåtgången för de olika momenten. Det som skiljer är momentet Avlämna, där Truck 4 generellt är snabbare än Truck 3. Truck 4 har mycket längre transportavstånd än Truck 3 och detta är tydligt i resultatet från tidsstudien där man ser att Truck 4 lägger mer tid per moment Köra med last än Truck 3. Andelen tid som Truck 3 lägger på momenten Hämta, Avlämna, Körning och Tomkörning är 67 % och motsvarande värde för Truck 4 är 72 %. Att truckarna har en lägre tidsandel för transportarbete än hjullastarna beror på att de utför flera andra nödvändiga arbetsuppgifter t.ex. köra ströhäckar och torkvagnar.

Med underlag från mätningarna i tidsstudien, medelhastighetsberäkningarna och skattningen av medeltransportavstånd konstruerades en produktivitetsfunktion som beskriver maskinernas arbete i cykler per timme. Produktiviteten per timme kan sedan beräknas genom att anta maskinernas genomsnittliga last per cykel. Från tidsstudien hämtades konstanter till funktionen för hämta last och avlämna last. För hjullastarnas funktioner har momentet Hämta virke en standardavvikelse på 0,19 minuter för Hjullastare 1 och 0,09 minuter för Hjullastare 2. Standardavvikelsen för avlämningsmomentet är 0,27 minuter respektive 0,23 minuter. Det tyder på att det finns en större osäkerhet i konstanten för avlämning då dess standardavvikelser är större. Produktivitetsfunktionen består av två konstanter för medelhastighet, för Hjullastare 1 är hastighetens standardavvikelse för lastad körning 2,86 km/h och 3,11 km/h för tomkörning. För Hjullastare 2 är standardavvikelsen 3,61 km/h för lastad körhastighet och 5,06 km/h vid tomkörning. Dessa standardavvikelser tyder på att det finns en större osäkerhet i tomkörningen än den lastade körningen. Generellt för båda maskinernas funktioner är att osäkerheten bör vara större i konstanterna för medelhastigheter då de har tagits fram med betydligt färre observationer än konstanterna för hämta och avlämna virke.

Truckarnas standardavvikelse på momentet Hämta är 0,06 minuter för Truck 3 och 0,07 minuter för Truck 4. Standardavvikelsen för momentet Avlämna är 0,12 minuter för Truck 3 respektive 0,08 minuter för Truck 4. Truck 3 har en standardavvikelse på 3,01 km/h för lastad

körning medan motsvarande siffra för Truck 4 är 2,6 km/h. Standardavvikelsen för medelhastigheten vid tomkörning är 3,27 km/h för Truck 3 medan Truck 4 har en standardavvikelse på 4,03 km/h. I likhet med hjullastarna har truckarna en större standardavvikelse på medelhastigheterna för tomkörning.

Genom att använda produktivetsfunktionen har produktivitetstabeller för maskinerna gjorts som visar produktivitet vid olika last och olika medeltransportavstånd. Kapaciteten för de båda hjullastarna tillsammans har beräknats till 1 145 422,63 m<sup>3</sup>fub/år och den volym som beräknats hanterats under 2014 är 477 047,15 m<sup>3</sup>fub. Resultatet antyder att det finns en överkapacitet hos hjullastarna i förhållande till det transportarbete de utför.

Truckarnas kapacitet beräknades till 265 847,1 m<sup>3</sup>/år för Truck 3 och 539 438,6 m<sup>3</sup>/år för Truck 4. Att beräkna en hanterad volym per år för truckarna är väldigt svårt då det inte gått att få fram uppgifter om vilka volymer som förflyttats var och hur många gånger varje paket har förflyttats. Därför har ingen sådan beräkning gjorts då resultatet skulle bli svårt att använda.

## 4.2 Analyser och förbättringsförslag

### 4.2.1 Analys av förbättringspotential genom att införa en eller två ”korrigeringsväggar” på timmerplanen

Observationer under tidsstudien visar att hjullastarna lägger en hel del extra tid på att korrigera virket de avlämnat på mätbordet eller sågbordet. Hjullastarna får då en högre tidsåtgång för momentet Avlämna virke och det leder till en lägre produktivitet. Genom att införskaffa två ”korrigeringsväggar” som bland annat används på Kåge såg utanför Skellefteå (Berglund 2014), skulle tiden för att korrigera avlämnat virke kunna minskas.

”Korrigeringsväggen” är en metallplatta som är fastmonterad vinkelrätt mot marken, hjullastarna använder den genom att pressa virket i gripen mot plattan och därmed jämna till kanterna. Följande beräkning är till för att ge en uppfattning om vilka vinster man skulle kunna få genom att införskaffa två ”korrigeringsväggar”. Lämpligen bör en av ”korrigeringsväggarna” placeras i anslutning till mätbordet och den andra i anslutning till sågbordet.

Medelvärde per avlämningsmoment för hjullastarna är 0,30 respektive 0,29 minuter om man gör ett antagande att ”korrigeringsväggen” kommer kunna minska den tiden med 20 % ger det följande produktivitetsökning.

$0,30 \times 0,8 = 0,24$  minuter/avlämning för Hjullastare 1.

$0,290 \times 0,80 = 0,23$  minuter/avlämning för Hjullastare 2.

0,24 och 0,23 minuter sätts in i respektive maskins produktivetsfunktion med medeltransportavstånd 80 meter.

$Y = (0,25 + (80/176,83)) + 0,24 + (80/209,0) \times (1/0,80) = 1,66$  min/cykel

$Y = (0,22 + (80/179,67)) + 0,23 + (80/237,16) \times (1/0,91) = 1,35$  min/cykel

Förutsatt 70 % fyllnadsgrad i medelgripen blir produktiviteten för Hjullastare 1 262,42 m<sup>3</sup>fub/h och för Hjullastare 2 blir den 286,22 m<sup>3</sup>fub/h. Jämfört med den tidigare

produktiviteten vid samma medeltransportavstånd och samma fyllnadsgrad blir produktivitetensökningen 4,3 % för Hjulastare 1 och 5 % för Hjulastare 2.

#### **4.2.2 Analys av kostnadsminskning genom att fler lastbilar lossar direkt på mätbordet**

Som nämns i stycket om problemområden med arbetet på timmerplan lossar lastbilarna ofta sitt virke på lagringsyta 2 (figur 5) fast det egentligen hade kunnat läggas direkt på mätbordet. Om lastbilarna lossar direkt på mätbordet behöver inte hjullastaren lyfta virket från lagringsyta 2 till mätbordet och man får ett hanteringsmoment mindre. Anledningen till att lastbilarna ofta lossar på timmerplanen är att de bedömer att mätbordet är för fullt och att de inte ska kunna lägga på hela sitt lass. Enligt virkesmätaren kan mätbordet maximalt transportera ca 40 m<sup>3</sup> på transportkedjorna. Om det läggs på för mycket virke orkar inte hydraulmotorn driva runt kedjorna och virkesmätaren måste använda mätstationens kran för att lyfta fram virke till enstegsmätaren till dess att kedjorna orkar gå igen. Det gör att mätstationens produktivitet blir lägre eftersom ingen inmätning kan ske när virkesmätaren hanterar kranen.

Istället för att lastbilar som anländer till sågen när det ligger virke på mätbordet lossar på lagringsyta 2 ska de åka fram till den röda rutan som symboliserar avlastningspositionen vid mätbordet (figur 9). Där ska de lossa så mycket virke som är möjligt (maximalt 40 m<sup>3</sup>) och lägga resterande del av lasset på motsatt sida om bilen i den blå rutan (figur 9). Lastbilsföraren behöver aldrig gå ur kranhytten för att flytta bilen utan hela lossningen kan ske från samma plats. Lastbilsföraren ska i första hand välja att lossa sitt virke i ruta nummer ett och om den är upptagen i nummer två. I förslaget ingår också att man istället för att lägga virket med ändarna i N/S riktning som övriga välter på timmerplanen, lägga det i Ö/V riktning enligt utformningen på den blå rutan. Vinsten med det är att vältan inte blockerar vägen mellan lossningsplatsen och resterande välter i så stor utsträckning. Det finns ännu en vinst i att ha vältriiktningen i Ö/V riktning och det är att hjullastaren kommer från rätt håll för att hämta virke i vältan oavsett vilken sida om mätstationen den kommer från. Virket som ligger i den provisoriska vältan bör hämtas upp av hjullastaren så fort som möjligt efter att lastbilen lämnat lossningsområdet och lyftas upp på mätbordet så det alltid finns utrymme för nästkommande lastbil. Nedan följer en kortare analys av förslagets tänkbara problemområden och hänsynstaganden för att kunna appliceras.

En faktor som kan påverka den föreslagna arbetsmetodiken är om virket som anländer till sågverket kommer i mindre partier från privata markägare eller i stora partier som exempelvis båtlast. Om det är små partier från olika leverantörer kan de inte blandas på mätbordet utan att sista stocken märks och att vältlappen tas in till virkesmätaren, det arbetet sköter hjullastarföraren och det kan vara svårt att lägga över det på lastbilsförarna. Arbetsmetoden är alltså olämplig att använda för väldigt små partier. Den bör i första hand användas för virkeslast som ingår i ett parti som är under inmätning, inte början eller slutet på partiet. För de större båtlast som utgör en del av sågverkets virkesinflöde bör arbetsmetoden fungera bättre då hela lasten ingår i samma parti och stora volymer kan mätas in utan att några partibyten behöver göras.

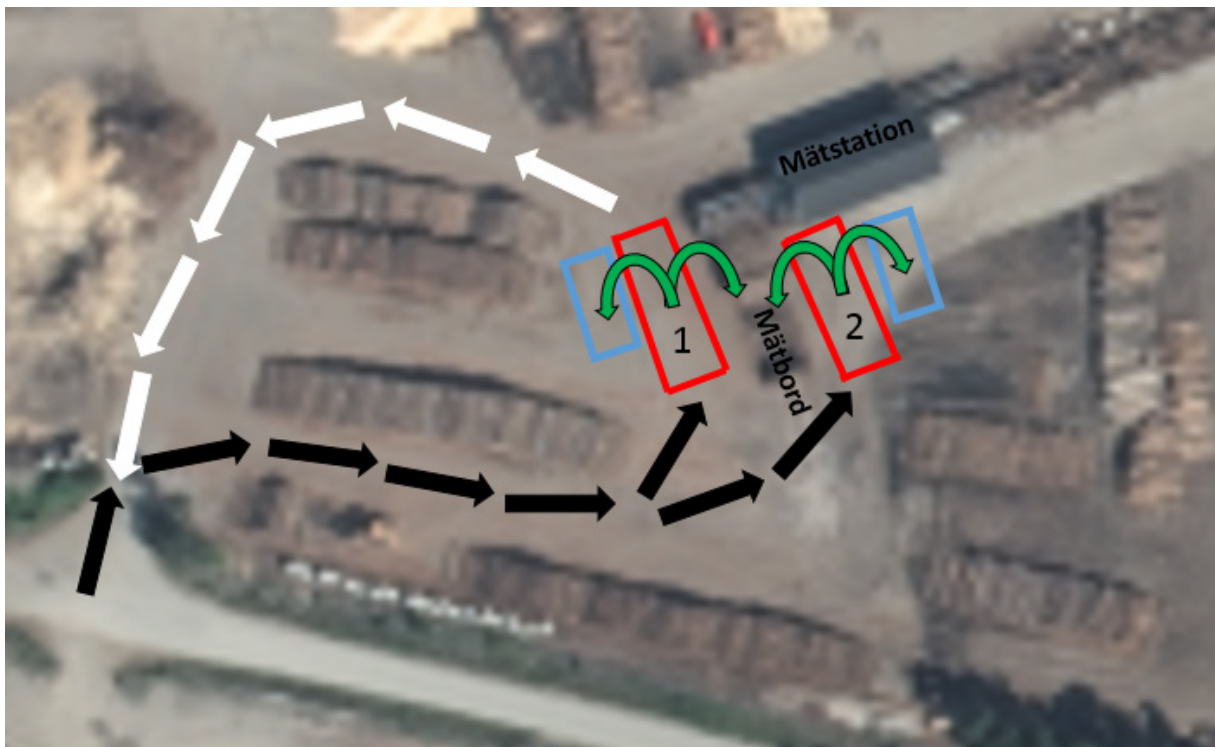
Den provisoriska vältan som stundtals kommer finnas på timmerplan skulle kunna vara ett problem om den ligger i vägen för hjullastare och andra maskiner som ska passera mellan den

och mätstationen. Det problemet bör inte vara så stort eftersom vältan så snabbt som möjligt ska köras bort och målsättningen är att rutan ska vara tom, en lastbil med kran har också betydligt större möjligheter att göra högre vältor jämfört med en hjullastare. En högre vältor rymmer större volymer utan att ta upp mer area och då bör det inte vara några problem att få plats med virket i den provisoriska vältan utan att det stör övrig trafik på timmerplanen.

Enligt virkesmätarens uppskattning lossas idag åtminstone 60 % av lastbilarna sitt virke på timmerplanen, nedanstående beräkning är en grov uppskattning av de ekonomiska vinsterna om man med den nya metoden lyckas minska den andelen till 40 %.

Den totala inmätta volymen under 2014 var 187 077,32 m<sup>3</sup>fub. Det virke som lossas på timmerplanen måste lyftas till mätbordet av hjullastarna som då får en hanterad volym på  $(187\,077,32 \times 0,60) = 112\,246,4$  m<sup>3</sup>fub/år. Om det förutsätts att allt virket ska förflyttas med Hjullastare 1 och vi använder dess produktivitet vid 80 meters medeltransportavstånd och 70 % fyllnadsgrad i gripen kommer det att krävas cirka  $((112\,246,4 \text{ m}^3\text{fub/år}) / (251,06 \text{ m}^3\text{fub/h})) = 447,09$  timmar för att göra det arbetet. Timantalet multiplicerar med timkostnaden för maskin 1 ger den totala kostnaden för att utföra transportarbetet från timmerplan till mätbordet  $(447,09 \times 656 \text{ kr/h}) = 293\,291$  kr.

Om andelen lossat virke på timmerplan skulle minska med 20 % blir volymen som måste hanteras av hjullastarna  $187\,077,32 \times 0,40 = 78\,830,9$  m<sup>3</sup>fub/år. För att göra det arbetet med Hjullastare 1 krävs  $(78\,830,9 / 251,06) = 314$  timmar. Den totala kostnaden för transportarbetet blir då  $314 \text{ h} \times 656 \text{ kr/h} = 205\,978,93$  kr. Den ekonomiska vinsten om man lyckas sänka andelen lossat timmer på timmerplan med 20 % blir  $(293\,291 - 205\,978,93) = 87\,312,06$  kr.



**Figur 9.** Körstråk och lossningspositioner för lastbilar som anländer till sågverket i det nya förslaget.

© Lantmäteriet, i2014/764

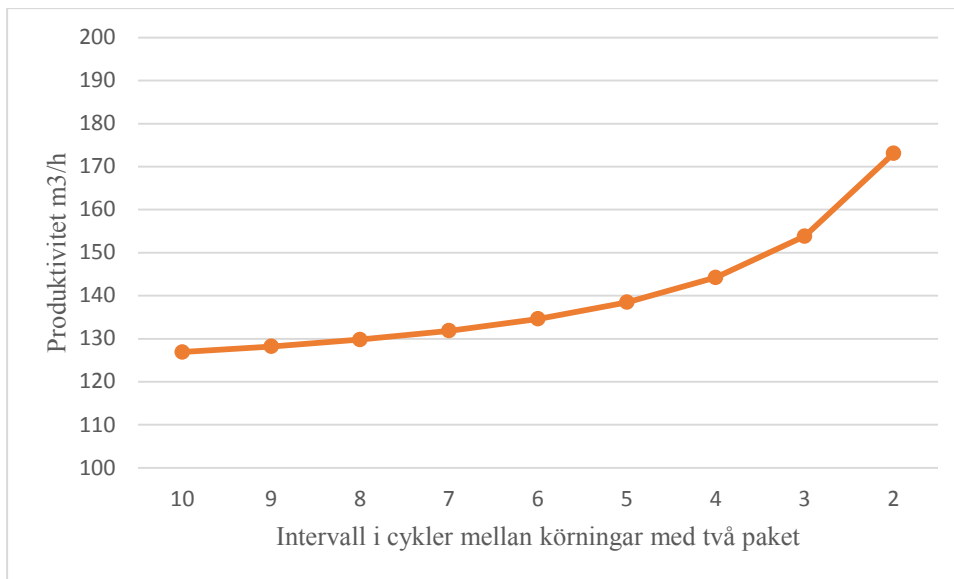
*Figure 9.* Routes and unloading positions for trucks that arrives to the sawmill in the new proposal.

#### 4.2.3 Analys av ekonomiska vinster om man oftare kan förflytta två paket per körning med truckarna

Resonemanget bakom analysen bygger på att det är en klar fördel att truckarna ofta kan åka med flera paket åt gången då det förflyttas större volymer per körsträcka.

Genom ett bättre informationsflöde mellan råsortering och truckförare kan föraren planera arbetet bättre och därigenom köra med fler paket åt gången. Om föraren vet vilken typ av paket som kommer ut från råsorteringen och vart det ska kan han samla ihop flera paket som ska till samma ställe.

Det finns en stor potential att öka truckens produktivitet om man kan köra med två paket fler cykler. Om trucken kan köra med två paket var tionde cykel blir timproduktiviteten 126,92 m<sup>3</sup>/h jämfört med produktiviteten med enbart ett paket per cykel som är 115,38 m<sup>3</sup>/h, det innebär en ökning med 9 % (Figur 10). Om man istället räknar på att trucken kan köra två paket var femte cykel blir produktivitetsökningen 16,6 % per timme. Figur 10 visar vad timproduktiviteten blir beroende på hur långt intervall det är mellan cyklerna där trucken kör två paket.



**Figur 10.** Produktivitetens ökning beroende på hur långa intervall det är mellan varje körning där trucken kör två paket.

*Figure 10.* The increase in productivity depending on the interval between each trip where the forklift carries two packages.

#### 4.2.4 Kostnadsanalys av att ha manuell utmatning av vagnar från virkestork

Under tidsstudien observerades att en del tid lades på att manuellt mata fram vagnar från torkarna. Under 259,86 minuters studie uppmättes detta ta 7,23 minuter av tiden. Detta är 2,78 % av tiden som läggs på något som borde kunna göras utan att föraren måste stanna trucken och gå ut ur den för att utföra arbetet. Då det enbart gjordes 4 observationer av detta är resultatet osäkert.

Truck 4 hade år 2014 3191 körtimmar och kostar 450 kr i timmen. Om 2,78 % av dessa 3191 timmar läggs på att mata ut vagnar från torken manuellt innebär det att 88,71 timmar årligen läggs på det arbetet. I pengar innebär det att arbetet kostar 39 919,5 kr. Genom att automatisera utmatningen med någon form av fjärrkontroll bör denna kostnad kunna reduceras kraftigt.

### 4.3 Jämförelse med tidigare studier

Resultaten för hjullastarna från denna studie är 0,26 min/hämtning för Hjullastare 1 och 0,22 min/hämtning för Hjullastare 2 samt 0,30 respektive 0,29 min/avlämning. Det kan jämföras med resultaten från Berglund (2014) där en hjullastare av liknande typ har en tidsåtgång på 0,31 min/hämtning och 0,19 min/avlämning. Lindgren (2009) har i sitt arbete analyserat data om virkestruckarnas arbete som lagrats i GPS Timber-programmet. En viktig skillnad är att den studien görs på en annan maskintyp, virkestruckar med hängande grip och inte på hjullastare med frontmonterad grip. I Lindgren (2009) lägger virkestruckarna 6,5 % av tiden på att hämta virke och 4,6 % på att lämna, jämfört med denna studie där hjullastarna lägger 11 % respektive 10 % på att hämta och 13 % respektive 13 % på att lämna. Medeltidsåtgången per hämtning i Lindgren (2009) är 0,28 min och 0,16 min per avlämning i denna studie är motsvarande värden 0,26 för Hjullastare 1 och 0,22 min per hämtning för Hjullastare 2 och 0,30 respektive 0,29 min per avlämning. Man kan konstatera att både Berglund (2014) och



Lindgren (2009) visar att medeltidsåtgången för hämtningsmomentet är längre än för avlämningsmomentet medan denna studie visar att avlämningsmomentet är längre. Tilläggas ska att i Lindgren (2009) redogörs inte för exakta start och slutpunkter för de olika momenten utan värdena redovisas från GPS-Timber så det kan finnas en skillnad mellan studierna.

Resultaten från medelhastighetsberäkningarna går att jämföra med Berglund (2014) studie, i den har medelhastigheter dels beräknats genom att koppla olika körsträckor till mätningar i en tidsstudie samt att GPS har använts som understöd. Medelhastigheten för hjullastarna i denna studie är 10,61 km/h Hjullastare 1 och 10,78 Hjullastare 2 med last och 12,57 km/h respektive 14,23 km/h utan last för en motsvarande maskin i Berglund (2014) är medelhastigheten med last 11,16 km/h och utan last 13,84 km/h. Resultaten i de båda studierna ligger väldigt nära varandra, då studiemetoderna i Berglund (2014) för medelhastighetsberäkning är betydligt mer avancerade ger det stöd åt att också denna studies medelhastighetsberäkningar har rimliga resultat.

I Berglund (2014) har både medelgrip och produktivitet per timme beräknats för en liknade hjullastare, vid en jämförelse finner man att medelgripen i Berglund (2014) är 8,3 m<sup>3</sup> fub/grip och produktiviteten 270 m<sup>3</sup> fub/h. I denna studie är resultaten 7,25 m<sup>3</sup> fub/grip för Hjullastare 1 respektive 6,44 m<sup>3</sup> fub/grip för Hjullastare 2 och produktiviteten 251,1 m<sup>3</sup> fub/h för Hjullastare 1 respektive 272,0 m<sup>3</sup> fub/h för Hjullastare 2. Medelgripen är högre i Berglund (2014) jämfört med båda maskinerna i denna studie och produktiviteten är högre jämfört med Hjullastare 1 men något lägre jämfört med Hjullastare 2.

#### **4.4 Praktisk tillämpning**

Produktivitetsfunktionerna har använts för att ta fram produktivitetstabellerna för de olika maskinerna och de bör kunna tillämpas för motsvarande maskiner på andra sågverk eller rundvirkesterminaler. Tabellerna eller funktionerna kan lätt appliceras på olika förhållanden genom att man varierar last per körd sträcka och medeltransportavstånd för maskinerna. När produktiviteten beräknats kan man som användare utföra flera beräkningar för transportkapacitet och hur olika förändringar påverkar maskinproduktiviteten.

Då funktionen bygger på flera olika delar finns det inga hinder att ändra också andra variabler än last och medeltransportavstånd om man anser att de som används inte stämmer överens med den maskin man vill studera. Funktionen kan också kompletteras med ytterligare variabler för att göra den mer tillämplig. Innan man använder produktivitsfunktionen ska man vara medveten om att det inte har utförts några djupare statistiska analyser på indata i funktionen därför finns det en osäkerhet i de resultat man kan förväntas få ut av funktionen

De analyser av förbättringsförslag som gjorts är i första hand individuella för Rörvik Timber Tvärskog AB, men liknande frågeställningar finns säkert på många ställen. Analyserna ska belysa den potentiella förbättringsmöjligheten och vara ett underlag för sågverket för att avgöra om de vill titta närmare på frågan.

## 4.5 Styrkor och svagheter

En styrka med arbetet är att det i de flesta avseenden genomförts under normala förhållanden. Det har varit ett relativt jämt inflöde av virke och ingen av sågverkets delar har haft större stillestånd under studietiden. Arbetet har genomförts under helt is- och snöfria förhållanden vilket är de förhållanden som råder merparten av året. Lagernivåerna för timmer var normala under studietiden, däremot var lagernivåerna för mellanlager och färdigvarulager högre än normalt. Det kan ha påverkat resultaten i studien på så vis att fler lagerytor varit fulla och truckarna behövt åka längre än normalt för att avlämna paket.

En svaghet med arbetet är att tidsstudien och andra mätningar är gjorda under en mycket begränsad tid och kan därför inte med säkerhet ge en rättvisande bild av hur det ser ut under ett helt år. Studien genomfördes i realtid och filmades inte vilket uteslöt möjligheter att göra kontrollmätningar i efterhand. Då studiemannen satt i maskinen och genomförde studien gick det inte att undvika att maskinförarna visste att de blev studerade. Det kan finnas en observatörseffekt d.v.s. att de som studerats arbetat annorlunda då de visste att de blev studerade och det kan naturligtvis påverkat resultaten. Vidare finns det arbetsmoment i tidsstudien som har relativt litet antal observationer och kan därför vara missvisande. Dessa är framförallt momenten Övrigt för alla maskiner och Ommättningsfacket för hjullastarna.

Det finns flera antaganden och uppskattningar i studien som ger en viss osäkerhet i resultaten. I beräkningarna av maskinernas produktivitet och kapacitet har medeltransportavståndet skattats genom att mäta subjektivt utvalda sträckor. Antagandet om medelgripens fyllnadsgrad för hjullastarna har gjorts med en subjektiv uppskattning av studiemännen under tidsstudien. För de beräkningar av hanterade volymer för hjullastarna fanns inga uppgifter om hur stor andel av volymerna som lossades direkt på mätbordet utan en uppskattning av virkesmätaren från VMF syd har använts.

## 4.6 Framtida studier

Arbetet har väckt flera nya frågor och potentialen i att studera interlogistik på sågverk är väldigt stor. Detta arbete redovisar bara hur lång tid varje materialförflyttning tar, genom att använda GPS-teknik och våg i maskinerna skulle man kunna kartlägga exakt vilka volymer som flyttas vart. Det skulle dels ge en bättre uppfattning om transportarbetet som maskinerna utför samt att man skulle kunna utföra optimeringar av timmerplanslayouten för att minska transportavstånden. För gaffeltruckarnas arbete skulle en studie med GPS-tagging av virkespaket vara mycket intressant för att se hur paket förflyttas inne på industriområdet och hur många gånger det hanteras av truckarna. Men underlag från en sådan studie skulle man också kunna studera hur man använder olika lagerutrymmen och hur det skulle kunna optimeras.

Det bör också finnas en stor potential i att studera hur informationsflöden mellan maskiner och personalen inne på sågverket påverkar transportarbetet ute på industriområdet. Ett ökat informationsflöde mellan inomhus- och utomhuspersonal bör öka möjligheterna att kunna planera transportarbetet och lagerutnyttjandet på bästa sätt.

Ytterligare en intressant aspekt vore att göra detaljerade simuleringar för hur förändrade förutsättningar i t.ex. maskinantal eller materialflöden skulle påverka arbetet med internlogistik på olika sågverk. Simuleringar med olika timmerplanslayouter och olika lagerstrategier skulle också vara mycket intressant för att utveckla internlogistiken på sågverk.

Genom att använda denna studie som grund skulle det vara intressant att försöka bygga om produktiviteetsfunktionerna med en mer avancerad arbetsstudie som underlag. Om man kunde koppla olika körsträckor med GPS-information och data om last för varje körd sträcka skulle en mycket mer avancerad funktion kunna göras. En ny studie bör designas så att man kan utföra statistiska analyser av indata för att kunna få en uppfattning om hur stor påverkan olika variabler har på resultatet.

#### **4.7 Slutsatser och rekommendationer**

Genom den kartläggning av maskinernas arbete som gjorts framkommer att maskinförarna har en logisk arbetsmetodik och anpassar sitt arbete på ett bra sätt efter rådande förhållanden. Det har varken i kartläggningen eller tidsstudien påträffats något uppenbart slöseri med tid utan allt som oftast är den tid som inte läggs på produktivt arbete ändå nödvändig för att det ska fungera på det stora hela.

De finns problemområden där förbättringar uppenbart skulle leda till en ökad maskinproduktivitet t.ex. asfaltering av grusbelagda ytor och förbättrad kommunikation mellan inomhus- och utomhuspersonal. Men i detta arbete görs inga lönsamhetsanalyser av dessa problemområden vilket bör göras innan man genomför förändringar.

Resultaten från kapacitetsberäkningarna för hjullastarna tyder på att det finns en överkapacitet hos de två hjullastare som sågverket har idag. Genom jämförelse med andra arbeten och den uppenbart stora differensen mellan maskinkapaciteten och den volym som 2014 hanterades finns det skäl att misstänka en viss överkapacitet. Naturligtvis ska man vara medveten om studiens begränsningar och svagheter när man drar den slutsatsen.

##### Rekommendationer

- Se över påträffade problemområden och bedöma om de är realistiska att åtgärda.
- När Hjullastare 2 ska bytas ut bör alternativet att ha en mindre maskin övervägas eftersom studien påvisar att det finns en viss överkapacitet.
- Man bör undersöka möjligheterna att automatisera utmatningen av vagnar från virkestorkarna, det skulle enligt denna studie spara in nästan 40 000 kr per år.
- Man bör undersöka om ”korrigeringsväggar” är en lönsam investering.
- Till sist bör man utvärdera om den föreslagna arbetsmetoden för att få fler lastbilar att lossa på mätbordet är rimlig att genomföra och hur den i så fall på bästa vis ska appliceras.

## 5 REFERENSER

- Aronsson, J & Karlsson, H. (2013). Effektivisering av ett internt materialflöde i en producerande verksamhet. Linnéuniversitetet. Fakulteten för teknik. Växjö. (Examensarbete 2013).
- Berglund, M. (2014). Logistisk optimering av timmerplan – En fallstudie av Kåge såg. Institutionen för skogens produkter. SLU. Uppsala. (Examensarbete. 2014:135).
- Jonsson, P & Mattsson, S-A. (2011). Logistik – Läran om effektiva materialflöden. S. 48. Studentlitteratur. Lund.
- Lindgren, R. (2009). Analys av GPS Timber vid Rundviks sågverk. Institutionen för skogens produkter. SLU. Uppsala. (Examensarbete. 2009:33).
- Lumsden, K. (1998). Logistikens grunder. s. 221. Studentlitteratur. Lund.
- Lundahl, C-G. Loggning och optimering av timmerhantering. (2009). Luleå tekniska universitet. Avdelningen för träteknik. Skellefteå. (Slutrapport. 2009-11-24).
- Olhager, J. (2000). Produktionsekonomi. s.102-110. Studentlitteratur. Lund.
- Pewe, U. (1993). Lönsam logistik. s. 21. Förlags AB Industrilitteratur. Värnamo.
- Rudner, C & Rääf, I. (2012). Effektivisering av interna transporter. Högskolan Gävle. Akademin för teknik och miljö. Gävle. (Examensarbete. Kandidatnivå 2012).
- Skogsindustrierna (2012). Kvartalsrapport december 2012. [Online].  
[http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=32787641-95e8-4a1d-9a39-5f5d6f5369a5&FileName=S%C3%A5+g%C3%A5r+det+f%C3%B6r+skogsindustrin+december+2012.pdf](http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=32787641-95e8-4a1d-9a39-5f5d6f5369a5&FileName=S%C3%A5+g%C3%A5r+det+f%C3%B6r+skogsindustrin+december+2012.pdf) [2015-03-05].
- Skogsindustrierna.(2013) Kvartalsrapport december 2013. [Online].  
[http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=843cdca5-6d49-4996-b1e2-86875bf1abb8&FileName=S%C3%A5+g%C3%A5r+det+f%C3%B6r+skogsindustrin+december+2013.pdf](http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=843cdca5-6d49-4996-b1e2-86875bf1abb8&FileName=S%C3%A5+g%C3%A5r+det+f%C3%B6r+skogsindustrin+december+2013.pdf) [2015-03-05].
- Skogsindustrierna (2014). Kvartalsrapport december 2014. [Online].  
[http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=394da4feb04-46c5-bd53-8588d601bd5a&FileName=S%C3%A5+g%C3%A5r+det+f%C3%B6r+skogsindustrin+december+2014.pdf](http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=394da4feb04-46c5-bd53-8588d601bd5a&FileName=S%C3%A5+g%C3%A5r+det+f%C3%B6r+skogsindustrin+december+2014.pdf) [2015-03-05].
- Wahlström-Bergstedt, S. och Kollberg, E. (2014). Simulering av kötider för en alternativ trucklösning vid Holmens kombinat i Iggesund. Institutionen för skogens ekologi och skötsel. SLU. Umeå. (Kandidatarbete. 2014:24).
- Öhman, M. (2013). Simulering, scenariomodeller och optimering av pakethantering på sågverk. Träcentrum Norr. (Slutrapport 803).