



Drivarens produktivitet vid lossningsarbete

Harwarder productivity at unloading



Pelle Ström

Arbetsrapport 205 2008
Examensarbete 30hp D

Handledare:
Iwan Wästerlund

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
S-901 83 UMEÅ
www.srh.slu.se
Tfn: 018-671000



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-205-SE

Drivarens produktivitet vid lossningsarbete

Harwarder productivity at unloading

Pelle Ström

Examensarbete i ämnet skogshushållning med inriktning teknik
Handledare: Iwan Wästerlund
Examinator: Thomas Nordfjell

Förord

Arbetet är utfört som ett examensarbete på Jägmästarprogrammet. Arbetet omfattar 20 poäng och är utfört på Skogsvetenskapliga fakulteten, institutionen för skoglig resurshållning, avdelning för teknologi och planering, SLU i Umeå. Syftet med examensarbetet är att den studerande skall dels tillämpa de kunskaper och färdigheter som förvärvats under studietiden, dels självständigt planera och genomföra projektet.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Professor Iwan Wästerlund vid SLU i Umeå, till Mattias Gustafsson och Miriam Nordh på Holmen Skogs skogstekniska avdelning samt Sören Holm SLU. Slutligen vill jag tacka maskinförarna Markus Persson och Rickard Mårtensson på Perssons Skogsmaskiner AB i Bredbyn, Ångermanland, för trevligt sällskap och för att tålmodigt ha hjälpt mig att genomföra fältstudien.

Sammanfattning

De senaste åren har drivaren gått från att vara en prototyp till en färdig produkt på marknaden. Holmen Skog har två egna drivare och två som är entreprenörsägda. Tidigare studier har visat att drivaren är en relativt långsam och dyr skotare. I den här studien studerades arbetet vid avlägg och syftet var att utvärdera skillnader i tidsåtgång och kostnader mellan ensidig och tvåsidig lossning med tre respektive fyra sortiment i lasten. Försöket omfattade totalt 31 lossningar och två förare medverkade. Lossningarna filmades med videokamera och tidstuderades i efterhand.

Ensidig lossning innebär att föraren kör drivaren i terrängen och lossar virket ut mot avlägget medan vid tvåsidig lossning kör föraren drivaren på vägen och kan sedan lossa virket på båda sidor av vägen.

Ensidig lossning visade sig ta betydligt mer tid än tvåsidig lossning. Medelproduktiviteten vid ensidig lossning var $71,1 \text{ m}^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$ och för tvåsidig lossning $87,3 \text{ m}^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$. Skillnaden i produktivitet var signifikant ($16,2 \text{ m}^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$).

Skillnaden mellan lossning med tre respektive fyra sortiment i lasten var liten. Drivarens lastutrymme var delat i två delar och förarna hade inga svårigheter att sortera och hålla isär sortimenten. Medelproduktiviteten med tre sortiment var $75,7 \text{ m}^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$ och för fyra sortiment $79,1$. Skillnaden var inte signifikant ($3,4 \text{ m}^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$).

Skillnaden i tidsåtgång mellan förarna var signifikant (30 procent). Skillnaden i tidsåtgång för de olika momenten var relativt lika mellan förarna men den mer erfarna föraren utförde momenten snabbare.

Den större tidsåtgången för ensidigt avlägg ger en merkostnad på ca $2,3 \text{ kr}/\text{m}^3\text{fub}$ jämfört med att lasta av tvåsidigt. Om kostnaden på $2,3 \text{ kr}/\text{m}^3\text{fub}$ ställs mot kostnaden för att förstärka vägen vid tvåsidigt avlägg lönar det sig att använda ensidigt avlägg på objekt mindre än $1300 \text{ m}^3\text{fub}$. Drivaren har i tidigare studier visat sig mest lämplig på små objekt där ensidig lossning kan vara lönsamt. På så sätt undviker uppdragsgivaren kostnaden för att förstärka vägen och totalkostnaden för avverkningen kan sänkas.

Summary

During the last few years the harwarder has developed from a prototype into a market product. Holmen Skog owns two harwarders and uses two more owned by entrepreneurs. In previous studies it has been shown that the harwarder was a slow and expensive forwarder. In this study the unloading at road-site was studied. The goal was to describe the differences in time consumption between unloading two-sided or single-sided (only from side of the road) and also the difference between unloading with three and four assortments in the carrier.

In the way the study was designed, there were 31 carrier-loads to unload; 16 single-side loads and 15 two-side loads. The 31 loads were divided into 16 loads with three assortments and 15 loads with four assortments. 15 of the loads were unloaded by an experienced driver and the other 16 by an inexperienced driver. The unloading was filmed and the time was measured afterwards.

Single-side unloading means that the operator drives the harwarder in the terrain and unloads the carrier towards the road. Two-side unloading means that the operator drives the harwarder on the forest road to unload the carrier to both sides of the road.

Single-side unloading proved to take longer time than two-side unloading. With single-side unloading the average production was 71.1 m³sub/h and with two-side unloading the average production was 87.3 m³sub/h. The difference was significant (16.2 m³sub/h).

There was almost no difference in time consumption between unloading with three or four assortments in the carrier. The forwarder's carrier was divided into two parts and there was no problem for the drivers to keep the assortments apart. The average production was 75.7 m³sub/h and 79.1 m³sub/h respectively. The difference was not significant (3.4 m³sub/h).

There was a significant difference in productivity between the drivers (30 percent). The difference in time consumption was relatively constant between the drivers. The experienced driver carried out all moments faster than the inexperienced driver.

The cost for the higher time consumption at single-side unloading was 2.3 SEK/m³sub. This cost must be compared to the cost for the repair or reinforcement of the road that was needed before two-side unloading. If the object is smaller than 1300 m³sub/h the cost of single-side unloading is less than the cost to reinforce the road. The harwarder is often used in small cuttings and for such objects it can be cost effective and the total cost can be reduced.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary	4
Innehållsförteckning	5
1. Inledning	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte	7
2. Material och metoder	8
2.1 Maskindata	8
2.2 Försöksupplägg	8
2.3 Beräkningar	11
2.4 Ekonomi	11
3. Resultat	12
3.1 Produktion	12
3.2 Ekonomi	14
4. Diskussion	15
4.1 Studiens upplägg	15
4.2 Arbetsmetoder	16
4.3 Statistiska slutsatser	17
4.4 Produktivitet	17
4.5 Ekonomi	19
4.6 Framtida utveckling	19
4.7 Framtida studier	19
4.8 Slutsatser	20
Referenser	21
Personlig kommunikation	22

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Maskiner som utför flera eller alla moment i avverknings- och drivningsarbetet har funnits under lång tid. Redan i slutet av 1950-talet konstruerades en maskin i USA som med hydraulisk klipp fällde träden varefter de kvistades och kapades till standardlängd i en vagga. Därefter föll virket ner i ett lastutrymme längst bak på maskinen och buntades. En annan maskin behövdes för att köra buntarna till avlägg (Silversides, 1997).

Under 1970-talet konstruerades en maskin i Kanada som även den med klipp avverkade och i ett stående upparbetningstorn kapade träden i standardlängder och kvistade dem. Stockarna matades sedan in i ett lastutrymme. Maskinen var stor och avverkade i 10 m breda stråk (Drushka och Kontinen, 1998).

I Sverige påbörjades utvecklingen av kombinationsmaskiner i början av 1980-talet då kranpetsmonterade skördaraggregat öppnade för möjligheten att ha en lastbärare bak på maskinen. Målet var att effektivisera och minska antalet maskiner i skogen. En maskin som testades var en skotare där ett skördaraggregat monterades på kranen. Den agerade då först skördare och sedan skotare. Produktiviteten som skördare var 25 % lägre än för en vanlig skördare i motsvarande storlek (Andersson, 1989).

Det första för ändamålet utvecklade drivaraggregatet såg ljuset i och med Timberjacks kombinationsaggregat som på fem minuter kunde ställas om från skördaraggregat till skotargrip. Dock var prestationen låg i både skördar- och skotrararbetet (Pedersen, 1995).

Den första drivaren var en Hemek Ciceron skotare konverterad till drivare. Den hade större hydraulisk kapacitet än standardskotaren men aggregatet saknade automatisk kedjesträckning och bandmatningen fungerade dåligt. Denna drivare utvecklades sedan och såldes under namnet Hemek 840. Den konverterade Hemek Ciceron skotaren studerades av Strömgren (1999). Han fann att maskinen var billigare vid mycket små drivningsobjekt när flyttkostnaden räknades in.

De stora problemen var att kvistknivarna inte fungerade ändamålsenligt och grenarna fastnade i aggregatet samt att krancyklerna vid lastning och lossning var ungefär dubbelt så långa som för en vanlig skotare. Hälften av tiden åtgick för skotning och hälften av tiden för avverkningsarbete.

Samma maskin studerades även av Wester (2001) då en rad modifieringar skett på maskinen. De viktigaste var att ett svängbart lastutrymme monterats, problemen med kvistknivarna lösts samt att gripen förbättrats för skotningsarbetet. Den modifierade drivaren hade högre produktivitet när lastbäraren kunde vridas, i och med att en större andel av virket kunde direktlastas. Detta innebar färre moment då virket aldrig mellanlagrades på marken. Fortfarande behövde drivaren dubbelt så lång tid för lossningsarbetet jämfört med en skotare.

Med ledning av erfarenheter från tidigare maskiner konstruerade Partek Forest en ny drivare som studerades av Andersson (2002). Studien visade att det nya aggregatet var snabbare än det som Strömgren studerade 1999. De ekonomiska kalkyler som redovisades, visade att drivaren kunde jämföras med traditionella skotare och skördarsystem.

Dock var bortsättningsunderlaget som användes i jämförelsen gammalt och kunde ha gett drivaren en fördel. Arbetet vid avlägget tog fortfarande en mycket stor del av den totala tiden.

Partek Forest utvecklande därefter en ny typ av drivare, Valmet 801 Combi. Den är konstruerad som kombinationsmaskin från start och är inte en ombyggd skotare. 801 Combi har runtomsvängande hytt och specialtillverkat lastutrymme i två varianter. Ett fast för standardlängder med plats för tvärlägg samt ett vrid- och tiltbart för fallande längder. Det kan även dras fram i transportläge samt vidgas. I en studie visades att Valmet 801 Combi var lönsam vid korta skotningsavstånd eftersom det är en förhållandevis dyr skotare (Bergkvist et al. 2003). Lossningen tog 30 % längre tid för drivaren jämfört med likvärdig skotare.

Sammanfattningsvis kan man säga att drivarens produktivitet har ökat markant de senaste tio åren. Störst har ökningen varit i avverkningsarbetet medan skotningsarbetet släpat efter. Framförallt tar lossningsarbetet mycket tid jämfört med en traditionell skotare.

På Holmen Skog har man studerat drivaren i flera försök – bl.a. Strömgren (1999), Wester (2001) och Andersson (2002) – för att förbättra prestationen vid avverkningsarbetet. Det man nu intresserar sig för är att förbättra drivarens prestation även vid avlägget. Drivaren är dyrare och mindre effektiv vid transport, lastning och lossning än skotaren och troligen spelar förhållandena vid avlägget större roll för drivaren än för skotaren.

Holmen Skog som har tillgång till fyra drivare initierade föreliggande studie eftersom tidigare genomförda produktivitetsstudier visat att drivaren var relativt långsam under arbetet vid avlägg. Speciellt skillnaden mellan ensidig och tvåsidig lossning behövde studeras närmare. Ensidig lossning innebär att maskinen kör i terrängen utmed avlägget och lägger virket ut mot bilväg. Det innebär att maskinen inte kör ut på bilväg under lossningen och således sker inget slitage på vägen. Tvåsidig lossning innebär att maskinen kör upp på bilväg med fullt lass och lastar sedan av virket på båda sidor av vägen. Det innebär både slitage och nedskräpning på bilvägen. Vid ensidig lossning läggs virkestravarna i en rad på ena sidan av vägen. Vid tvåsidig lossning läggs virket koncentrerat på båda sidor av vägen. Avståndet mellan första och sista traven blir längre vid ensidig lossning än vid tvåsidig lossning. Drivaren har till skillnad från skotaren ofta flera sortiment i lasset. Det är därför troligt att drivaren behöver förflytta sig mer än en skotare på avlägget.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att i termer av tidsåtgång beskriva skillnader i prestation vid ensidigt och tvåsidigt avlägg med en drivare. Syftet var dessutom att beräkna merkostnaden vid ensidig lossning jämfört med tvåsidig lossning samt klargöra skillnader mellan metoderna.

2. Material och metoder

2.1 Maskindata

Maskinen som studerades i försöket var en Valmet 801 Combi (tabell 1). Drivarens massa var 19,8 ton och hade en lastkapacitet på 13 ton enligt fabriksuppgift. Drivaren som användes i studien var utrustad med vrid- och tiltbart lastutrymme. Lastutrymmet var fritt roterbart och kunde lutats 15 grader uppåt eller nedåt. Kranen, CRC 15, var specialbyggd för Valmet 801 Combi. Aggregatet som användes var Valmet 330.2 DUO och var speciellt utvecklat för drivaren. Det hade fyra kvistknivar och även gripskänklar för att användas till både avverkning och skotning. Massan på aggregatet var 760 kg. Hytten var runtomsvängande och utrustad med tilt och automatisk nivellering.

Tabell 1. Teknisk data för Valmet 801 Combi i standardutförande

Table 1. Technical data for Valmet 801 Combi in standard version

Massa	19 800 kg
<i>Weight</i>	
Max. last	13 000 kg
<i>Max permissible load</i>	
Standardbredd	2 800 mm
<i>Standard width</i>	
Motor	SisuDiesel 66 EWA
<i>Engine</i>	
Motoreffekt	140 kW DIN
<i>Power</i>	
Vridmoment	740 Nm, 1 200 rpm
<i>Torque</i>	
Hytt	Nivellerande och roterande
<i>Cab</i>	<i>Nivellating and rotating</i>
Max. körhastighet	24 km/h
<i>Max. driving speed</i>	
Kran	CRC 15, 11 m
<i>Boom</i>	
Aggregat	Valmet 330.2 Duo
<i>Head</i>	

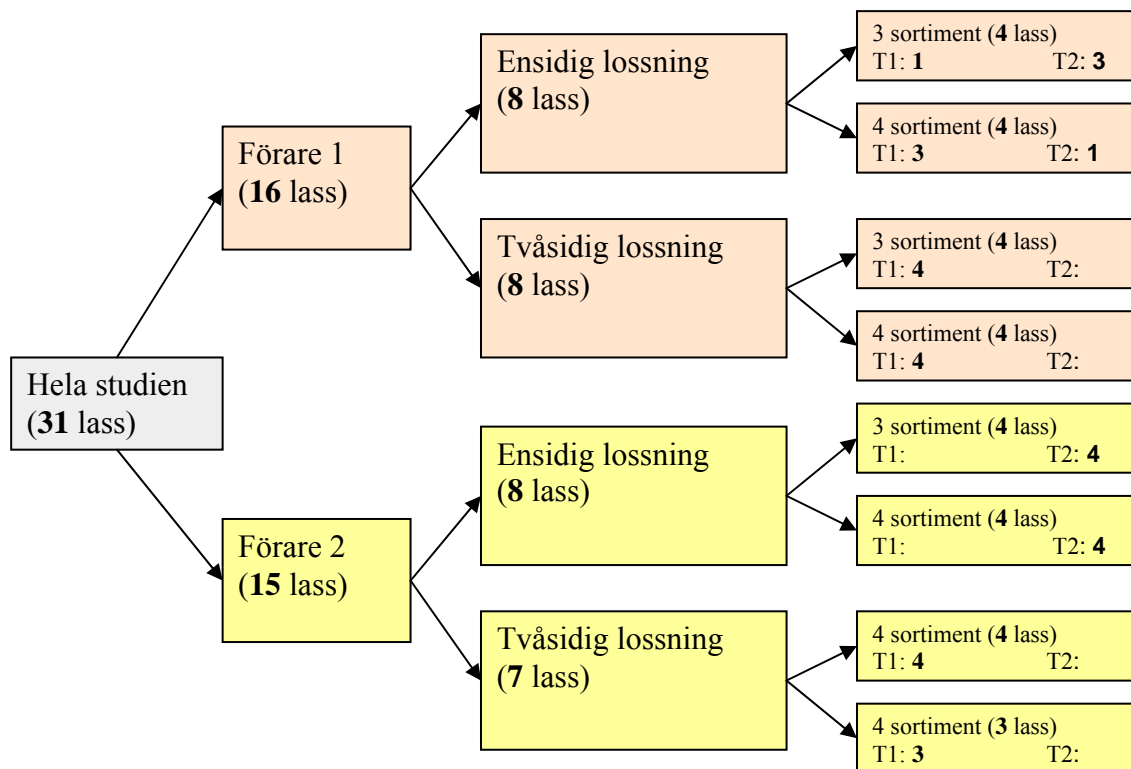
2.2 Försöksupplägg

Den drivare som studerades i försöket var entreprenörsägd och kördes av Perssons Skogsmaskiner AB i Bredbyn.

Studien lades upp i två försöksled, se figur 1:

- Lossning med skotare från skog (ensidigt)
- Lossning med skotare från väg (tvåsidigt)

Försöket utfördes med 3 respektive 4 sortiment, och 2 förare samt 2 avverkningstrakter ingick i studien (figur 1).



Figur 1. Studiens genomförande. T1 = Trakt 1, T2 = Trakt 2.

Figure 1. Structure of the study. T1 = Area 1, T2 = Area 2.

Försöket ägde rum på två trakter på Holmen Skogs marker på Bredbyns distrikt. Två trakter ur Holmen Skogs traktbank som var planerad att avverkas med drivare nyttjades. Val av trakter gjordes i samråd med Holmen Skog regionalt i Örnsköldsvik. Bestånden bestod av tall gran och björk. Medelstammen på trakt 1 var 0,21 m³fub och på trakt 2 var medelstammen 0,17 m³fub (tabell 2). Generellt var tallen grövre medan gran och björk var klenare. Avläggarna var placerade enligt Holmens ursprungliga planläggning. På avläggsplatserna skapades ett tvåsidigt och ett ensidigt avlägg. På båda trakterna var det tvåsidiga avlägget placerat längs en skogsbilväg. Vägen var frusen och plogad. Drivaren kunde stå mitt på vägen och lasta av åt två håll. På den första trakten var det ensidiga avlägget placerat på en frusen myrodling och på den andra trakten på ett hygge. Den ensidiga lossningen försvårades av djup lössnö som minskade framkomligheten. Försöket var upplagt så att ca fyra lass kördes innan förarbyte. De körde ca 2 lass ensidigt och sen 2 lass tvåsidigt. På så sätt studerades både ensidig och tvåsidig lossning med samma förutsättningar när det gäller avlägg, snödjup, temperatur och medelstam. Trakt 1 användes fram tills drivaren havererade och måste servas. Efter det avverkades trakt 2 (figur 1).

Tabell 2. Trakternas trädslagsblandning och medelstam

Table 12. The different area mixtures of species and volume per tree

	Trakt 1/Area 1				Trakt 2/Area 2			
	Totalt <i>Total</i>	Tall <i>Pine</i>	Gran <i>Spruce</i>	Björk <i>Birch</i>	Totalt <i>Total</i>	Tall <i>Pine</i>	Gran <i>Spruce</i>	Björk <i>Birch</i>
Fördelning % <i>Distribution %</i>		9	75	16		88	10	2
Medelstam m ³ fub <i>Average volume m³ sub/tree</i>	0,21	0,26	0,18	0,1	0,17	0,28	0,12	0,06

Drivaren kördes i tvåskift. Förarna hade olika lång erfarenhet av att köra skogsmaskin, förare 1 hade kört skogsmaskin i flera år medan förare 2 endast kört i ett par månader. Förarna skulle köra 16 lass var med 8 lossningar från väg och 8 från skogen. Hälften av lassen gick med tre sortiment och hälften med fyra sortiment. Antalet sortiment begränsades till tre respektive fyra eftersom det bedömdes att om man har färre än tre sortiment så är tvåsidig lossning inte meningsfullt och fler än fyra sortiment kör drivaren normalt inte med hos Holmen Skog. På grund av tekniska problem med maskinen blev endast 31 lass körda, se figur 1.

All skog avverkades, direktlastades och kördes ut med drivaren. All volymmätning gjordes med apteringsdatorn i drivaren. Datorn var nykalibrerad och mätningen kontrollerades under studiens gång. Längd och diameter enligt drivarens apteringsdator avvek inte med mer än 1 % från det verkliga mätvärdet.

Lossningen filmades med digital videokamera för att senare tidstuderas. Filmkameran var utrustad med IR-lampa och kunde användas även i mörker. Detta innebar att ingen detaljerad tidmätning utfördes i fält utan gjordes i efterhand. Längden och höjden på vältan mättes för att se om den hade betydelse för tidsåtgången vid lossning. Vältans längd mättes i meter med måttband längs marken från vägen sett. Höjdmätningen gjordes med måttstock i halvmetersintervall genom att höjden mättes på tre ställen på vältan; $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ och $\frac{3}{4}$ av längden.

Tidmätningen gjordes endast för arbete vid avlägget och påbörjades när maskinen stod stilla på avlägget eller när kranen började röra sig. Lossningen delades upp i arbetsmoment enligt tabell 3. Tidmätningen startades när skotaren eller drivaren påbörjade första kran-/griprörelsen för att lasta av virke eller ordna lasset vid avlägget. Tidmätningen avslutades när lasset var tomt och kranen åter placerad i transportläge. Om flera arbetsmoment utfördes samtidigt mättes tiden för det moment som hade högsta prioritet enligt tabell 3. Momentet rotera/flytta lastbärare innebar att drivarens lastutrymme kunde flyttas i längdled samt roteras.

De digitala filmerna överfördes till VHS och tidmätningen (G_0 -tid) gjordes med videons klocka i sekunder. Videokameran hade en upplösning på 25 bilder per sekund. Även totaltiden mättes med tidtagarur under varje lossning för säkerhets skull. Totaltiderna erhöles som s per lass. Efter att ha dividerat med lassvolymen erhöles s/m^3 fub.

Tabell 3. Arbetsmoment samt deras prioriteringsordning

Table 3. Work elements and their order of priority

Moment	Prioritet	Beskrivning
<i>Work element</i>	<i>Priority</i>	<i>Description</i>
Kran ut <i>Boom out</i>	1	Från det att aggregatet griper om virke och/eller kranen börjar röra sig ut mot vältan. Momentet avslutas då virket släpps i vältan.
Kran in <i>Boom in</i>	1	Från det att kranen börjar röra sig in mot lasset. Avslutas när gripen befinner sig i kontakt med virket.
Förflyttning <i>Moving</i>	2	Från det att hjulen börjar rulla till dess maskinen står stilla.
Ordna vältan <i>Arrange stock</i>	3	Från det att gripen släpper virket i vältan. Avslutas efter tillrättaläggning då kranen går in mot lastbäraren.
Ordna lass <i>Arrange load</i>	3	Från det att gripen kommer i kontakt med virket. Avslutas när aggregatet griper om virke för lossning.
Rotera/flytta lastbärare <i>Rotate/move carrier</i>	3	Under hela tiden lastbäraren rör sig – antingen i längdled eller roterar.
Övrigt <i>Other</i>	3	Ej något av ovanstående moment men ingår i det faktiska arbetet. Tiden ingår i verktiden. Det kan exempelvis vara sortering etc.
Övriga avbrott <i>Other delays</i>		Räknas ej in i den totala verktiden, det kan vara ex. telefonsamtal, reparationer etc.

2.3 Beräkningar

För att kunna göra jämförelser med andra studier och med bortsättningsunderlag gjordes en omvandling till prestation per G₁₅-tim. Prestationen för skotning per G₁₅-tim fås genom att prestationen per G₀-tim divideras med 1,197 enligt Kuitto et al. (1994).

En statistisk analys gjordes av tidstudiematerialet i Minitab. Meningen med den var att se om det förelåg någon signifikant skillnad i tidsåtgång mellan ensidig och tvåsidig lossning, samt mellan förarna. En matris byggdes upp med alla data som samlats in. Denna matris exporterades till Minitab och lämpliga variabler att studera valdes ut (Holm, 2007). Sedan gjordes en variansanalys på variablerna. En signifikant skillnad mellan värden ansågs föreligga om $p \leq 0,05$ (95 % signifikansnivå).

2.4 Ekonomi

Enligt Holmen Skogs egna uppgifter är det kalkyltimpris som används för drivaren 750 kr per G₁₅-tim (Wedin, 2007).

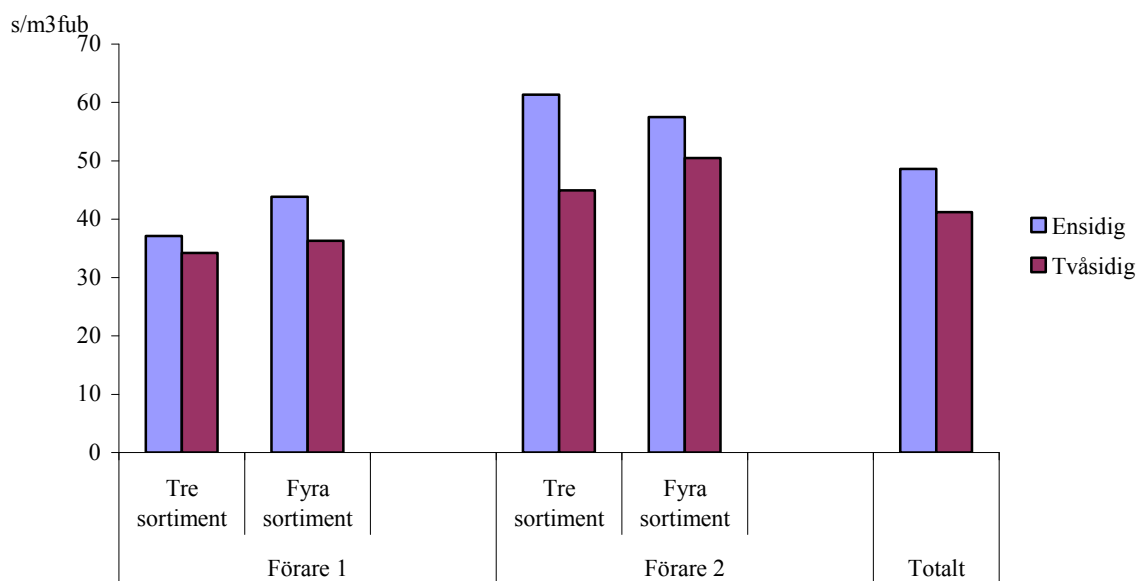
3. Resultat

3.1. Produktion

Tidsåtgången för tvåsidig lossning var $41,2 \text{ s/m}^3 \text{ fub}$ och för ensidig lossning $48,6 \text{ s/m}^3 \text{ fub}$ vilket gav en produktivitet på $87,3 \text{ m}^3 \text{ fub/h G}_0\text{-tid}$ respektive $71,1 \text{ m}^3 \text{ fub/G}_0\text{-tim}$ (tabell 4, figur 2). Skillnaden på $16,2 \text{ m}^3 \text{ fub/G}_0\text{-tim}$ mellan ensidig och tvåsidig lossning var statistiskt säkerställd ($p = 0,028$).

Medeltidsåtgången för lossning av ett lass med tre sortiment tog $45,5 \text{ s/m}^3 \text{ fub}$, och lossning med fyra sortiment tog $47,5 \text{ s/m}^3 \text{ fub}$, vilket gav en produktivitet på $75,7 \text{ m}^3 \text{ fub/G}_0\text{-tim}$ respektive $79,1 \text{ m}^3 \text{ fub/h G}_0\text{-tid}$. Skillnaden mellan lossning med tre respektive fyra sortiment var 4 % och var inte statistiskt säkerställd.

Medeltidsåtgången för lossning med förare 1 var $38,0 \text{ s/m}^3 \text{ fub}$ och med förare 2 var medeltidsåtgången $54,2 \text{ s/m}^3 \text{ fub}$. Det innebär att förare 2 var 30 % snabbare än förare 1. Prestationen för de två förarna var $94,8 \text{ m}^3 \text{ fub/G}_0\text{-tim}$ respektive $66,4 \text{ m}^3 \text{ fub/G}_0\text{-tim}$. Skillnaden i tidsåtgång mellan förare 1 och förare 2 var statistiskt säkerställd. P-värdet var 0,000. Inga avbrott skedde under tidsstudien.



Figur 2. Tidsåtgång för de olika momenten som studerats för både förare 1 och förare 2.

Figure 2. Time consumption for the different moments for driver 1 and driver 2.

Medelvolymen per bit för hela studien var $0,086 \text{ m}^3 \text{ fub}$ med en standardavvikelse på $0,02 \text{ m}^3 \text{ fub}$. Lassvolymerna varierade mellan 12 och $15 \text{ m}^3 \text{ fub}$ med medelvolymen $14 \text{ m}^3 \text{ fub}$ och en standardavvikelsen på $2 \text{ m}^3 \text{ fub}$. I tabell 4 redovisas hur lång tid de studerade åtta olika kombinationerna tog.

Vältornas form och höjd varierade under enskilda lossningar och resultatet blev därför osäkert och svårtolkat. Det som kunde ses under försöket var att en låg vält medförde en längre krancykel medan en hög vält gav en kortare krancykel. Vägbredden var konstant under hela försöket och drivaren nådde travarna på båda sidor av vägen samtidigt.

Tiden som mättes med videon överensstämde med tiden som mättes med tidtagarur i fält.

Tabell 4. Tidsåtgång vid avlastning

Table 4. Time consumption at unloading

Moment <i>Work element</i>	Tid/lass <i>Time/load</i>							
	s/lass <i>s/load</i>							
	3 Sortiment <i>3 Assortments</i>	4 Sortiment <i>4 Assortments</i>	Förare 1 <i>Driver 1</i>	Förare 2 <i>Driver 2</i>	Ensidig <i>Single-side</i>	Tvåsidig <i>Two-side</i>	Medelvärde <i>Average time</i>	Standardavvikelse <i>SD</i>
	Både Förare 1 och förare 2 samt ensidig och tvåsidig lossning		Både 3 och 4 sortiment samt ensidig liksom och lossning		Både förare 1 och förare 2 samt 3 och 4 sortiment			
Kran ut <i>Boom out</i>	293	312	284	318	307	296	302	45
Kran in <i>Boom in</i>	189	202	183	206	207	179	195	32
Förflyttning <i>Moving</i>	37	49	45	40	48	36	42	21
Ordna vält <i>Arrange stock</i>	39	34	23	49	40	33	37	29
Ordna lass <i>Arrange load</i>	38	53	20	68	55	32	44	36
Rotera/flytta lastbärare <i>Rotate/move carrier</i>	7	6	5	8	9*	4*	7	8
Övrigt <i>Miscellaneous</i>	7	16	4	18	14	7	11	31
Laststorlek (m ³ fub) <i>Load size (m³sub)</i>	14	14	15	13	14	14	14	2
Total tid (s) <i>Total time (s)</i>	610	671	565	706	680	586	642	143
Medelvärde tid s/m ³ fub <i>Average time s/m³sub</i>	45,4	47,6	38,0*	54,2*	48,6**	41,2**	46,4	13,5
Medelvolym m ³ fub/bit <i>Average volume m³sub/piece</i>	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,02

* = Statistiskt säkerställd skillnad mellan förare 1 och förare 2, ** Statistiskt säkerställd skillnad mellan ensidig och tvåsidig lossning P < 0,05

* = Significant difference between driver 1 and driver 2, Significant difference between single-side and two-side unloading at p < 0.05

3.2 Ekonomi

Vid avverkningsarbete är det vanligt att skogsmaskinerna kör sönder bilvägen om inte marken är frusen. Främst är det under lossningen som skadorna sker när en tungt lastad maskin upprepade gånger kör på samma ställe. Holmen Skog uppskattar en lägsta kostnad på 3000 kr för att förstärka vägen innan avverkning. Kostnaden kan bli betydligt större om vägen går sönder. Dock ska man ha i åtanke att vägen ibland måste förstärkas även för lastbilstransporten.

Vid ensidig lossning lastade drivaren av 71,1 m³fub/G₀-tim och vid tvåsidig lossning 87,3 m³fub/G₀-tim. Skillnaden i produktivitet mellan lossningsformerna var 16,2 m³fub/G₀-tim vid avlägg. Omräknat till prestation per G₁₅-tim blev det 59,4 m³fub/G₁₅-tim och 72,9 m³fub/G₁₅-tim. Med ett kalkyltimpris på 750 kr/G₁₅-tim blev kostnaden för lossning 12,6 kr samt 10,3 kr per m³fub. Det ger en fördyring vid ensidigt avlägg med 2,3 kr per m³fub.

Vid ensidig lossning undviker man att köra på bilvägen. Även om ensidig lossning kostar mer krävs det stora volymer innan merkostnaden överstiger 3000 kr. Vid ett kalkyltimpris på 750 kr/h G₀-tid och en kostnadsökning på 2,3 kr/m³fub är det lönsamt att lasta av ensidigt upp till 1300 m³fub. Ensidig lossning är inte lönsam om terrängen vid sidan av vägen är sådan att produktiviteten vid lossningen sänks markant. Vid tvåsidig lossning går det fortare att lossa lasten än vid ensidig lossning. Kan man köra på vägen utan att skada den är tvåsidig lossning mer ekonomisk.

4. Diskussion

4.1 Studiens upplägg

Målet med undersökningen var att fastställa om det förelåg en skillnad i tidsåtgång mellan ensidig och tvåsidig lossning med drivaren. I idealfallet skulle studien ha gjorts med precis lika villkor för ensidig och tvåsidig lossning, vilket i praktiken var mycket svårt att genomföra. I studien kördes drivaren av två förare med olika erfarenhet. Detta gav ett stort utslag på tidsåtgången. För att minimera risken för följdfel på grund av förarnas olika erfarenhet gjordes två näst intill identiska delstudier, där båda förarna körde flera lass i båda bestånden. Där igenom kunde resultaten för förarna jämföras. Resultaten i studien bör gälla generellt för lossning med samma medelstam och virkeslängd. Däremot är resultaten avläggspecifika och kan inte sägas gälla generellt för lossning med drivaren. Resultaten är även unika för den typ av drivare som studerats och kan inte utan vidare appliceras på vilken drivare som helst.

Att först filma lossningen i fält och sedan studera filmen i efterhand fungerade mycket bra och risken att missa något moment var liten. Det var enkelt att stoppa filmen, backa och ta om ett moment om föraren gjorde något oväntat så som att sortera lasset eller rätta till vältan. Det gör studien mycket exakt när det gäller momentindelning och tidmätning. Den enda stora nackdelen med att filma var den extra tid studien tog.

Det lass som saknas i studien berodde på att drivarens rotor till lastbäraren havererade med följd att föraren inte kunde lasta på samma sätt som tidigare. Jag beslutade då att inte filma det sista lasset eftersom det inte skulle ha samma förutsättningar som de föregående och inte ge någon ökad säkerhet i mina insamlade data.

Tidpunkten i början av mars var inte optimal för studien då det kom mycket nysnö under perioden. Temperaturen var stundtals -25 grader C och det orsakade problem för drivaren med oljeläckage och spruckna slangar – dock inget som orsakade avbrott under någon av de studerade lossningarna. Drivaren kördes i tvåskift under försöket. Drivarens starka strålkastare gjorde att det gick bra att filma drivaren även i mörker. Det innebär att fler timmar per dygn kunde utnyttjas än de med dagsljus och båda förarna kunde studeras lika mycket.

Ett problem som diskuterades i försöksupplägget var antalet förare som skulle studeras. Om endast en förare studerats skulle man ha fått en stor mängd data som man enkelt kunde jämföra. Problemet skulle då vara att man inte skulle känna till förarens påverkan på tiderna. Optimalt hade varit att ha tre förare eller fler. Emellertid skulle mängden data per förare då ha blivit så liten så att det inte skulle vara möjligt att göra statistiska analyser på materialet. Drivaren i studien kördes av två förare med olika erfarenhet av att köra skogsmaskiner. Det gav möjligheten att se förarens påverkan och ändå få tillförlitlig data. I det här försöket var förare 1 snabbare än förare 2; skillnaden var 30 %.

Eftersom tre olika parametrar varierades i studien var antalet lass som studerades tillräckligt många för att göra jämförelser mellan två av dem samtidigt. Däremot var mängden data i för liten för att jämföra t.ex. ensidig lossning och dubbelsidig lossning specifikt för förare 1.

4.2 Arbetsmetoder

Två olika arbetsmetoder studerades: ensidig lossning respektive tvåsidig lossning samt tre sortiment respektive fyra sortiment i alla kombinationer. Resultatet av studien visade att det tog betydligt mindre tid att lossa tvåsidigt än ensidigt. Detta berodde på att drivaren utan att behöva förflytta sig kunde lossa flera sortiment samtidigt. En annan viktig orsak var att förflyttningen gick betydligt snabbare på bilvägen än i terrängen. Vid tvåsidig lossning kunde maskinen även köra närmare vältan och på så sätt få bättre överblick över arbetet. Det ledde till mindre arbete med att ordna vältan. Skillnaden i tidsåtgång för ensidig jämfört med tvåsidig avlastning är troligtvis inte unik för drivaren utan kan troligtvis till viss del även gälla för en skotare. En jämförelse är dock inte helt enkel eftersom skotare oftast körs med sortimentsrena lass och därför inte behöver förflytta sig lika mycket som en drivare på avlägget. Tidsvinsten för en skotare att lasta av tvåsidigt borde vara mindre än för drivaren.

Det var olika hur förarna påbörjade lossningen vid avlägget. Det som varierade var om de började på vältan längst bort och sedan körde mot avverkningen eller tvärtom. Detta kan ha gett ett mindre fel på totaltiden då tidmätningen kan ha påverkats av i vilken ordning föraren valde att arbeta. Eftersom de ensidiga avläggen skapades enbart för studien, fanns risk för att maskinförarna gjorde avstånden mellan dem kortare än vad som skulle vara fallet om större virkesvolymerna skulle få plats. Detta gav en kortare transportsträcka och mindre körning mellan travarna än vid det tvåsidiga avlägget. Det kan vara en orsak till att skillnaden i arbetsmomentet *förflyttning* mellan ensidig och tvåsidig lossning var mindre än förväntat. Eftersom ensidig lossning är ekonomiskt försvarbart just vid små objekt borde detta inte vara något fel utan en effekt av just lossning av små objekt.

Någon större skillnad mellan tre och fyra sortiment kunde inte ses i studien även om det fanns en tendens till ökade tider med fyra sortiment. Lastutrymmet var avdelat med stöttor och på så sätt hade förarna bara två sortiment i varje fack. De hade då massaved i det ena och timmer i det andra. Det var inga problem att se skillnad mellan grantimmer och talltimmer och inte heller mellan massaved av björk eller barr. Om man har sortiment som är svåra att skilja åt eller om man har fler än fyra sortiment försvåras hanteringen eftersom minst tre sortiment måste blandas. Holmen Skogs drivare hanterar i normalfallet inte mer än fyra sortiment. I studien bidrog endast den extra tid som det tog att köra fram till traven med björkmassaved till tidsåtgången. En grovsortering gjordes under avverkningen och framför allt vid ensidig avverkning sorterade oftast föraren sortimenten i lasset vid lossningen så att körningen minimerades. Förare 2 ägnade mer tid än förare 1 åt att sortera virket i lasset. I resultatet kan man se tendenser till att det vid tvåsidig lossning gick fortare att köra ett par gånger extra istället för att ägna tid åt sortering. Avståndet mellan vältorna var små och förflyttningstiden liten. Tiderna i studien tyder på detta men materialet är för litet för att dra några slutsatser om det. Enligt förarna kan man hantera fler sortiment genom att lägga ett eller flera sortiment på marken och sedan hämta det. Detta innebär färre sortiment i lasset men flera körningar i samma spår. Dessutom försvinner poängen med drivaren, nämligen direktlastningen.

Enligt Gullberg (1997) har griparean på skotargripen direkt betydelse för produktiviteten. Förarna i den här studien var av samma åsikt. Ett sätt att öka volymen som hanteras i varje krancykel är att öka griparean. Ett annat sätt är enligt Gullberg att öka längden på virket som lastas. Drivarens kran är starkare jämfört med en skotare av samma storlek, samtidigt som drivarens aggregat är betydligt tyngre än en skotargrip. De borde orka lyfta lika mycket men eftersom griparean är mindre hos drivaren får den med sig färre stockar. Därför borde det gå att öka längden på virket och därmed vikten något. En ökning av medellängden med 10 % kan

ge volymökning i varje krancykel på 5-10 % beroende på avsmalning och diameter. Samtidigt kortas andra ledtider i skogen. En ökning av medellängden medför dock problem i hanteringen samt risk för att inte optimera värdeaptringen, varför fördelarna måste vägas mot nackdelarna.

Eftersom Holmen Skog vill minimera tidsåtgången vid avlägget är det troligt att en ökning av medellängden på åtminstone massaveden ökar produktiviteten och därmed minskar kostnaden. En ökning av griparean skulle troligtvis få en stor produktivitetökning. Flera gånger under studien hände det att föraren grep om tre stockar men tappade en av dem under kranrörelsen. Många gånger hamnade stocken då på marken med extra tidsåtgång som följd. Förare 1 valde därför oftare än förare 2 att bara ta två stockar i gripen, vilket verkade ge högre produktivitet eftersom han då kunde undvika tappade stockar. Med ökad griparean skulle förarna i större utsträckning kunna hantera tre stockar.

4.3 Statistiska slutsatser

De viktigaste slutsatserna som kunde dras av variansanalysen var att det föreligger en statistisk skillnad mellan ensidig och tvåsidig lossning ($P = 0,028$). Även skillnaden mellan förarna var statistiskt säkerställd ($P = 0,000$). Vissa tendenser kunde utläsas i materialet, exempelvis att tidsåtgången för *ordna lass* och *ordna välta* var högre vid ensidigt avlägg än vid tvåsidigt, se tabell 5. Det var helt i linje med vad som uppskattades när arbetsättet jämfördes. Förarna hade en tendens att minimera körningen vid ensidigt avlägg och därför sorterade de lasten oftare för att få med allt av det aktuella sortimentet. Vid tvåsidigt avlägg, där det gick enklare att förflytta sig mellan vältorna, hände det oftare att föraren lastade av ett sortiment i flera etapper. När föraren stod relativt långt från en välta var det naturligt att vältorna blev sämre lagda och det kan förklara tendensen till ökad tid i *ordna välta*. Materialet var för litet för att kunna göra analyser på varje moment.

Två förare med olika erfarenhet utförde försöket. Trots skillnader i prestation kan man inte urskilja något specifikt moment där de skiljer sig åt. Förare 1 som hade mer erfarenhet hade kortare tidsåtgång på de flesta moment jämfört med förare 2. Eftersom skillnaden mellan förarna var så pass stor gjordes även variansanalyser på data från enskilda förare. Materialet var dock för litet för att kunna dra några slutsatser på. Skillnaden i tidsåtgång mellan förarna var relativt stor och hade försöket gjorts med bara en av dem hade det påverkat resultatet kraftigt.

4.4 Produktivitet

Skillnaden i tidsåtgång för *förflyttning* var liten mellan ensidig och tvåsidig lossning. Att det inte var större skillnad kan ha flera orsaker. En är att *förflyttning* har lägre prioritet än kranarbetet. Detta medför att när drivaren både förflyttas och lastas på eller av räknas det inte som förflyttningstid. En annan orsak är att tidmätningen inte påbörjas förrän drivaren står stilla på avlägget, alternativt utför första kranrörelsen. Detta innebär att relativt få förflyttningar faller inom tidmätningen. Skillnaden skulle vara större om en hel produktivitetstudie gjordes på all maskintid. När studien gjordes var det relativt mycket lössnö som påverkade körningen vid sidan av vägen. Förarna var mer benägna att använda hela kranens längd för att slippa förflytta sig i onödan när de lastade av ensidigt jämfört med tvåsidigt.

Tidigare har Wester (2001) visat att Hemekdrivaren är betydligt långsammare vid lossning än en skotare vid lossningsarbetet. Vid jämförelse av prestationen med en Timberjack 1110 skotare påvisade han en tidsåtgång för en drivare med svängbart lastutrymme och variabla stöttor på 209 % av skotarens. Motsvarande jämförelse men med fasta stöttor gav en tidsåtgång på 187 %. I Westers studie var tidsåtgången hos skotaren vid lossningen 28,9 s/m³fub G₀-tid jämfört med drivaren som i den här studien hade en tidsåtgång på 41,2 s/m³fub vid tvåsidig lossning. Det innebär 30 % högre tidsåtgång jämfört med den av Björkroth (1998) studerade skotaren.

I Strömgrens studie från 1999 tog lossningen med Hemekdrivaren 41 s/m³fub när medelstammen var ca 0,26 m³fub och vid medelstam 0,12 m³fub tog lossningen 57 s/m³fub. Den här studien visade att produktiviteten hos Valmet 801 Combi i ett bestånd med en medelstam på 0,17-0,21 m³fub var densamma som hos Hemekdrivaren i ett bestånd med medelstam 0,26 m³fub sju år tidigare. Enligt Edin och Forsman (2002) minskar prestationen vid lossning med 29 % hos en skotare när medelstammen minskar från 0,26 till 0,21 m³fub. Detta innebär att Valmet 801 Combi är betydligt effektivare än Hemekdrivaren i lossningsarbetet.

Bergkvist et al. (2003) genomförde en större studie av en Valmet 801 Combi och i den studien var drivaren 30 % långsammare än en jämförbar skotare i lossningsarbetet.

Enligt Edin och Forsman (2002) tog lossningsarbetet i deras fältförsök med traditionella skotare (Timberjack 1710B och Timberjack 1410B) 13,2-34,2 s/m³fub. Utan att känna till medelvolymen i försöket går det inte att dra några direkta slutsatser men även vid 34,2 s/m³fub var skotaren 17 % snabbare än drivaren i den här studien.

För att kunna jämföra tidsåtgången för lossningen i studien med en motsvarande skotare användes Gullbergs tidsåtgångsmodell för skotare (1997). I modellen kan man variera längden på virket för att se hur det inverkar på tidsåtgången. Längden på virket i försöket beräknades vara mellan 4 och 5 meter. Vid 4 meters medellängd gav Gullbergs modell en tidsåtgång på 31,7 s/m³fub och vid 5 meters medellängd var tidsåtgången 26,0 s/m³fub. I båda fallen är prestationen betydligt högre än hos drivaren.

En studie av Sirén och Aaltio (2003) visade att drivaren hade lägre produktion jämfört med ett traditionellt system av skotare och skördare. Dock verkade skillnaden vara mindre än i äldre studier. Studien omfattade hela drivningen och i både gallring och slutavverkning.

Talbot et al. (2003) visade att på små områden med avverkad volym mindre än 250 m³fub var drivaren konkurrenskraftig. Studien visade även att lastning och lossning med en drivare var långsammare än med jämförbar skotare. Dessutom visade studien att en drivare med ett renodlat drivaraggregat och direktlastning var snabbare än en maskin som av växlar mellan att vara skördare och skotare.

När tillgänglig litteratur sammanställdes, där tidsåtgången för lossning med skotare eller drivare beskrevs, pekade allt på att drivaren var betydligt långsammare än skotaren. Skillnaden bedöms vara mellan 17 % och 37 % beroende på studie och förutsättningar.

4.5 Ekonomi

Drivaren är en relativt dyr maskin i inköp samtidigt som den är en ineffektiv skotare. Detta innebär att drivaren har bäst potential i avverkningar med korta skotningsavstånd och få sortiment (Bergkvist 2003). Där kan drivaren konkurrera med traditionella avverkningssystem eftersom relativt lite tid går åt till skotning samtidigt som direktlastning kan tillämpas. Troligtvis gynnas även drivaren av klena bestånd eftersom det tar lång tid att fylla lasset. På så sätt ökar andelen tid som drivaren agerar skördare. Aggregatet som ska fungera både som avverkningssystem och som grip är en kompromiss och kommer rimligtvis aldrig att bli lika effektiv som en skotargrip. Detta ställer stora krav på effektivitet när drivaren agerar skotare.

Försöket visade att det var lönsamt att lasta av ensidigt upp till 1300 m³fub. Troligtvis ökar kostnaden för ensidig avverkning med volymen virke på avlägget eftersom transportsträckan mellan vältorna ökar. Därför är det troligt att brytpunkten är lägre i verkligheten. I tidigare studier har drivaren visats vara mest konkurrenskraftig på små objekt. På mindre objekt kan man med fördel tillämpa ensidigt avlägg om terrängen är lämplig.

4.6 Framtida utveckling

Förarna var eniga om de förbättringar som krävdes för att drivaren skulle bli riktigt funktionell. Den första åtgärden bör vara starkare motor. När drivaren är fullastad och körs uppför i djup snö räcker inte motorkraften alltid till. Ofta kör man i svårare terräng med en drivare än med en skotare eftersom man ska nå fram till de träd som ska avverkas. Detta ställer större krav på motoreffekten. Gripen är nästa objekt som behöver utvecklas ytterligare. Den har för dålig kapacitet vid lossning. En större grip skulle påverka prestationen direkt och sänka avverkningssystemets kostnader. En mindre modifiering av slanginförningen till aggregatet skulle resultera i färre slangbrott och på så sätt minska stilleståndstiden.

Drivaren i studien var utrustad med runtomsvängande lastutrymme. Det fungerade inte speciellt bra och havererade även helt under studien med ett flera dagar långt stillestånd. Detta trodde maskinförarna och reparatören från Swelog berodde på ojämn belastning på lastutrymmet när det roterade eftersom det även gjordes när maskinen stod i lutning. Rotatorn kommer ursprungligen från en grävmaskin och där är tyngdpunkten relativt konstant ovanför rotationscentrum. Även om Valmet 801 Combi sägs vara en från grunden framtagen drivare är den fortfarande konstruerad av maskindelar från andra maskintyper vilket möjliggör för utveckling av mer specifika delar och tekniska lösningar.

Drivaren har på några år närmat sig det traditionella avverkningssystemet med skördare och skotare i både kostnadseffektivitet och funktion. Med ytterligare utveckling av teknik och utprovning av metoder kan drivaren ha en viktig roll i skogsbruket i Sverige.

4.7 Framtida studier

Det hade varit mycket intressant att studera ytterligare en maskin med två förare och sedan jämföra resultaten. Det skulle även vara bra att göra en studie där man jämför en drivare med en skotare vid avlägg och på så sätt slippa jämföra drivarens prestation med produktionsnormer eller prestationsuppgifter från andra tidsstudier med andra förutsättningar.

4.8 Slutsatser

- Produktiviteten vid tvåsidigt avlägg var 16.2 m³fub/h (G₀-tid) högre än vid ensidigt avlägg.
- Kostnaden för att lossa lasten ensidigt var 2,3 kr per m³fub dyrare än att lossa den tvåsidigt.
- På små objekt kan det löna sig att lasta av ensidigt.
- Mellan den vana och den ovana föraren skilde sig produktiviteten markant. Sambandet med ökad tidsåtgång vid ensidig lossning var tydligt – hos båda.
- Ingen statistisk skillnad i tidsåtgång förelåg vid tre respektive fyra sortiment i lasten.
- Drivarens prestation vid lossning var betydligt lägre än för en jämförbar skotare.

Referenser

- Andersson, G. 1989. Kombinationsmaskin skördare-skotare-en ny maskingeneration? Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista. Resultat nr 17, 4 pp.
- Andersson, J. 2002. Drivarens prestation i slutavverkning – en jämförelse av tre avverkningsmetoder. SLU, Umeå, Studentuppsatser i skogsteknologi nr 56, 24 pp.
- Bergkvist, I., Nordén, B. och Hallonborg, U. 2003. Drivaren är konkurrenskraftig. Skogforsk, Uppsala. Resultat nr 14, 4 pp.
- Björkroth, A. 1998. Skotning med variabla stöttor i slutavverkning. SLU, Umeå, Studentuppsatser i skogsteknologi nr 12, 12 pp.
- Drushka, K. och Konttinen, H. 1998. Skogsmaskinernas historia. Timberjack group, Helsingfors. 250 pp. ISBN 951-97816-1-7.
- Edin, A. och Forsman, M. 2002. Produktivitet vid skotning. En jämförelse av nuläget med Holmens bortsättningsunderlag. SLU, Umeå. Studentuppsatser i skogsteknologi nr 57, 39 pp.
- Gullberg, T. 1997. Tidsåtgångsmodell för skotning. SLU, Uppsala. Uppsatser och Resultat nr 297, 29 pp
- Kuitto, P-J, Keskinen, S, Lindroos, J, Oijala, T, Rajamäki, J, Räsänen, T och Terävä, J. 1994. Mechanized cutting and forest haulage. Mätsäteho Tiedotus, Report 410. Helsingfors. 38 pp. ISBN 951-673-139-2.
- Pedersen, J. 1995. Kombinationsmaskin. Skördare-skotare. Studie av en prototyp FMG 250 / Timberjack DA-90. Skogforsk, stencil Uppsala. 28 pp.
- Silversides, C.R. 1997. Broadaxe to flying shear. The Mechanization of Forest Harvesting East of the Rockies. National Museum of Science and Technology, Transformation series 6, Ottawa. 177 pp. ISBN 0-660-15980-5.
- Sirén, M. och Aaltio, H. 2003. Productivity and Costs of Thinning Harvesters and Harvester-Forwarders. International Journal of Forest Engineering, Vol. 14, No.1.
- Strömgren, A. 1999. Drivare – Produktivitet och ekonomi i gallring och slutavverkning. SLU, Umeå. Studentuppsatser i skogsteknologi nr 23, 27 pp.
- Talbot, B., Nordfjell, T. och Suadicani, K. 2003. Assessing the Utility of Two Integrated Harvester-Forwarder Machine Concepts Through Stand-Level Simulation. International Journal of Forest Engineering, Vol. 14, No. 2.
- Wester, F. 2001. Kostnad och prestation för en ny typ av drivare. SLU, Umeå. Studentuppsatser i skogsteknologi nr 47, 29 pp.

Personlig kommunikation

Holm, S. 2006. Muntlig kommentar. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, Skogsmarksgränd, 901 83 UMEÅ

Wedin, A. 2007 01 04. Muntlig kommentar, Holmen Skog, Köpmangatan 9
895 30 Bredbyn