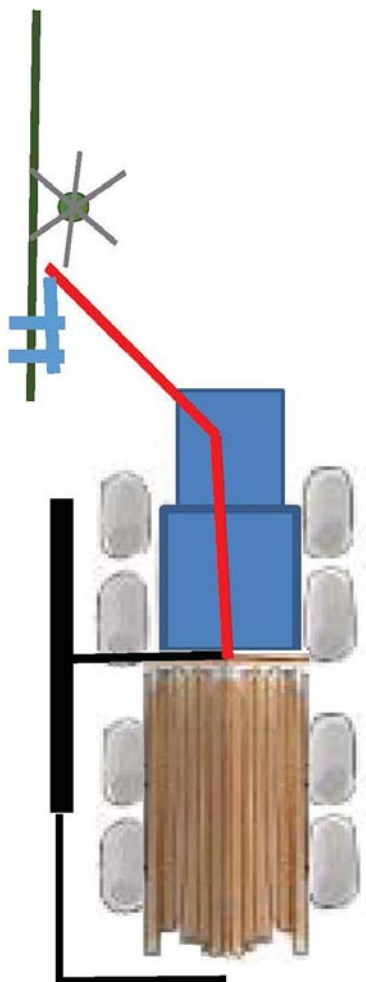




Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 838–2014

Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning

Drivare med automatisk lastning och nytt arbetssätt

Simulation of TimberPro harwarder with loading device in final felling

Harwarder with automatic loading and new method of working

Sten-Gunnar Skutin, Anders Mörk, Petrus Jönsson och Rikard Jonsson

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 838–2014

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

Titel:

Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning.
Drivare – med automatisk lastning och nytt arbetssätt.
Simulation of TimberPro harwarder with loading device in final felling.
Harwarder with automatic loading and new method of working.

Bildtext:

Drivare med lastanordning.
Bilderna visar en grov systemskiss.

Ämnesord:

Simulering, drivare.
Simulation, harwarder.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2014

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



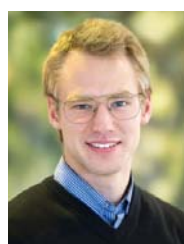
Sten-Gunnar Skutin, jägmästare. Har provat på det mesta, men arbetar nu med Optimerad vägkonstruktion, CTI och CTI-vägar, samt simulering av nya maskinkoncept och flödesproblem.



Anders Mörk, skogstekniker. Har bakgrund som maskinförare. Jobbar främst med utbildning/fortbildning av maskinförare samt utveckling av metoder/teknik och arbetsorganisation.



Petrus Jönsson, fil.mag. Anställd vid Skogforsk sedan 2006. Arbetar i programmet Teknik- och Virke. Mina främsta arbetsuppgifter är dynamisk simulering och utvärdering av maskinsystem.



Rikard Jonsson, jägmästare. Forskar i programmet Teknik och Virke på Skogforsk, främst med teknik och metodutveckling i drivningsarbete, men även med liknande frågor för råvarutransporter på bilväg.

Abstract

Skogforsk has used simulation to evaluate a self-loading machine. The machine was a harwarder, which both cuts and forwards trees. The wood is handled by a cradle on the side. While the harwarder cuts and retrieves the next tree, the cradle is loading the load carrier. Intake of trees from the front also allows a new, more efficient method of working. The evaluation showed that the harwarder with the loading device is cheaper than a two-machine system involving a harvester and a forwarder, on the site used in the study.

Innehåll

Summary.....	2
Sammanfattning.....	2
Inledning.....	3
Syfte.....	4
Möjligheter	4
Avgränsning	4
Metodik och arbetsgång i projektet.....	4
Hur fungerar TimberPro drivare med lastanordning?.....	5
Antal sortiment vid lastanordningens och drivarens sortering.....	6
Momentbeskrivning	7
Reslutat	8
Nytt arbetssätt	8
Principer för jämförbarhet mellan maskinsystem.....	9
Momentlista för drivare med lastanordning respektive tvåmaskinsystem.....	10
Kompleta momentlistor, inklusive tider från simuleringen	11
Simuleringsmodellen för drivare med lastanordning.....	12
Resultat (tid)	14
Skotning samt sortering vid avlägg (lossning)	14
Maskinkalkyl och ekonomiskt utfall.....	15
Känslighetsanalys.....	15
Jämförelse av drivaren med lastanordning med en drivare med vridbart lastutrymme.....	16
Diskussion.....	16
Aggregatstorlek i slutavverkning.....	16
Sortering i vaggan och i lasset	16
Lossning vid avlägg – grip eller kombiaggregat?	17
Referenser.....	17
Bilaga 1 Simuleringsmodell i ExtendSim	19

Summary

Skogforsk has used simulation to evaluate a self-loading machine. The machine was a harwarder, which both cuts and forwards trees. The plan was to fit the harwarder on the TimberPro 840 C base machine, an American forwarder. The inventors at Green Carrier System AB, Torsten Persson and Sven-Åke Gustavsson, have the idea of a harwarder where the wood is handled by a cradle on the side. While the harwarder cuts and retrieves the next tree, the cradle is loading the load carrier. Intake of trees from the front also allows a new, more efficient method of working.

Event-based simulation, where various types of events are allowed to steer, for example, production in a forest machine, can be effective in many cases, such as 'what-if' analyses, and where physical models would be very expensive to build. In this case, there was a concept on the drawing board that was ideal for evaluation through simulation.

The evaluation showed that the harwarder with the loading device is cheaper than a two-machine system involving a harvester and a forwarder, on the site used in the study. A more reliable result could be attained if the simulation involved physical machines (in which case a harvester would simulate the harwarder with a loading device), working simultaneously on the same logging site, preferably with the same operator.

Sammanfattning

Skogforsk har genom simuleringen utvärderat en maskin som lastar sig själv. Det är en drivare, d.v.s. en maskin som både avverkar och skotar och som är tänkt att byggas på basmaskinen TimberPro 840 C. Maskinen är i grundutförande en amerikansk skotare. Uppfinnarna på Green Carrier System AB, Torsten Persson och Sven-Åke Gustavsson, har idén om en drivare där virket upparbetas på en vagg på sidan. Medan drivaren avverkar och hämtar nästa träd lastar vaggan lastbäraren. Intag av träden framifrån medger också ett nytt effektivare arbetssätt.

I Arbetsrapporten används händelsebaserad simulering, där man låter olika typer av händelser styra. Till exempel produktionen hos en skogsmaskin, vilket kan vara effektivt i flera fall, t.ex. vid "what-if-analyser" där verkliga modeller skulle vara mycket dyra att bygga. I det här fallet fanns det en idé på ritbordet som passade utmärkt att utvärdera genom simulering.

Enligt den här utvärderingen ger drivaren med lastanordning lägre kostnader än ett tvåmaskinsystem med drivare och skotare på aktuell trakt. Ett säkrare resultat skulle kunna uppnås om man simulerar med hjälp av verkliga maskiner. En skördare skulle i så fall simulera drivaren med lastanordning som kör samtidigt på samma objekt och helst med samma förare.

Inledning

Skogforsk har sedan tidigare identifierat direktlastande system (virket läggs direkt i lastutrymmet utan mellanlagring på marken) som ett intressant maskinkoncept inte minst i slutavverkning (Bergkvist, I. 2012). Det finns i dag inga maskinsystem i kommersiell tillverkning, men det finns flera olika parallella utvecklingslinjer.

Skogforsk har fram till i dag framför allt studerat drivare med vridbart lastutrymme. En annan utvecklingslinje är drivare med lastanordning, som utvecklas av Green Carrier System AB (Torsten Persson och Sven-Åke Gustavsson) med TimberPro 840 C skotare som basmaskin, avsedd för slutavverkning.

Intagning fram bedöms av Skogforsk ge ett kortare avstånd än med ett vridbart lastutrymme till de träd som skall upparbetas och även ge möjlighet till nya arbetssätt. Om lastanordningen inte hindrar kranen i dess arbete (skapar flaskhalsar) så ger den tidsmässigt ”gratis” lastning. Med ”gratis” lastning avses, att lastningen genomgått en automation och att arbetet utförs parallellt med annat arbete som maskinen utför. Skördararbetet kan fortsätta medan lastning pågår. Lastningen är dock inte helt ”gratis”, eftersom det finns kapital- och underhållskostnader på lastningsanordningen.

Genom att använda systemet ExtendSim kan man programmera och utveckla simuleringsmodeller för olika typer av system. TimberPro-drivare med lastanordning befinner sig i ett relativt tidigt utvecklingsstadium och kan därför i dag inte testas i praktisk drift eller studeras genom tidsstudier. Men genom att konstruera en simuleringsmodell, kan man på ett tidigt stadium visualisera systemet, utföra känslighetsanalyser och identifiera potentiellt trånga sektorer m.m. Detta förkortar utvecklingstiden från ritbordet till färdig produkt.

Särskilt intressant är det att simulera, experimentera med och studera krancykeltid i relation till lastcykeltid, för att undersöka eventuella flaskhalsar.

Lastanordningen är under utveckling, men vissa krancykeltider kan inhämtas från andra studier. Helt nya arbetsmoment tidssätts genom jämförelser med andra kända moment- och diskussioner med konstruktörerna.

I studien som redovisas i denna Arbetsrapport, görs jämförelser även med ett traditionellt tvåmaskinsystem (skördare-skotare), och resonemangsvis med drivare med vridbart lastutrymme.

Syfte

Att genom simulering utvärdera en prototypmodell av TimberPro-drivare med lastanordning och därigenom förkorta utvecklingstiden.

Möjligheter

Hypotesen är att den direktlastande drivaren kan ge sänkta kostnader i slutavverkning genom automation av lastning och med ett nytt arbetssätt som bygger på att köra nära träden.

Avgränsning

Analysen avser analys av simuleringsmodell för drivaren i slutavverkning, samt jämförelser med ett tvåmaskinsystem (skördare-skotare). Jämförelser görs i viss utsträckning med drivare som har ett vridbart lastutrymme.

Metodik och arbetsgång i projektet

I projektet jämförs en simulerad drivare (drivare med lastanordning) med ett tvåmaskinsystem (skördare och skotare). Det förs även en diskussion kring drivare med vridbart lastutrymme. Tvåmaskinsystemet utgår från en tidstudie på momentnivå av Rottne H20 (XL-skördare) i slutavverkning, utförd av Lundström (2006) i södra Norrland, med och utan grotanpassning. Skotaren är i simuleringen skapad utifrån driftsuppföljningar och är nivålagd till samma nivå som skördaren. Fördelningen av skotarens tid på olika moment har skett utifrån Brunberg (2001).

Den simulerade drivaren har skapats utifrån ett urval av ovanstående moment som logik- och simulering. I momentlistan framgår skillnader- och likvärdigheter mellan systemen.

Indata bygger på bedömningar av helt nya moment samt mätvärden från praktiska tidsstudier där vi har data från olika existerande moment som t.ex. kran ut, positionering av aggregaten, fällning och upparbetning. Allt detta har lagts samman till ett komplett maskinsystem.

Den aktuella slutavverkningstrakten har ett uttag om ca 200 m³fub/ha, ett skotningsavstånd 350 m och en medelstamvolym på 0,35 m³fub för ej grotanpassad avverkning (400 träd). Delen med grotanpassning har en medelstamvolym på 0,33 m³fub (398 träd).

Simuleringen har i detta projekt använts främst för att:

- Utveckla logiken för de olika maskinsystemen.
- Kvantifiera vissa momenttider.
- Simulera och kvantifiera flaskhalseffekter. En flaskhals uppstår om lastanordningen inte hunnit tillbaka för att ta emot nästa träd.
- Genom en bred diskussion synliggöra, precisera och kvalitetssäkra arbetssätt och moment.

Vi har i seminarieform och löpande haft dialog kring resultatet.

De personer som deltagit i diskussionerna är:

Rolf Björheden, Skogforsk.

Anders Mörk, Skogforsk.

Björn Löfgren, Skogforsk.

Petrus Jönsson, Skogforsk.

Rikard Jonsson, Skogforsk.

Sten-Gunnar Skutin, Skogforsk.

Torbjörn Brunberg, Skogforsk.

Torsten Persson, Green Carrier System.

Hur fungerar TimberPro drivare med lastanordning?

TimberPro-drivare med lastanordning är avsedd för slutavverkning och finns i dag på ritbordet med flera patent och med idéer om vidareutveckling. Skogforsk ansvarar för denna beskrivning av drivaren, men den har upprättats i dialog med konstruktören Green Carrier System AB, genom Torsten Persson och Sven-Åke Gustavsson.

Lastanordningen består av en dator, en koordinatstyrd lastram och med en virkesficka (vagga), som arbetar efter drivarens bägge långsidor i höjd, bredd och djup. Lastanordningen monteras på basmaskinen TimberPro 840 C (skotare) förlängda bakram, som även utrustas med två individuellt styrbara extrahjul. Lastintagets höjd är ställbart. Lastkapaciteten är ca 20 m³fub.

Drivare med lastanordning är ett direktlastande system med delautomatiserad lastning.

- **Direktlastning** innebär att virket läggs direkt i lastutrymmet, utan mellanlagring på marken.
- **Delautomation** innebär här att trädets upparbetas mot en vagga med tillhörande lastanordning vid främre boggin, lastanordningen förflyttar därefter virket till rätt plats i lastutrymmet.

Om man jämför drivaren med lastanordning med ett traditionellt tvåmaskin-system, så är den största skillnaden, att en stor del av skotarens lastningsarbete bortrationaliseras genom automation, lastningen blir tidsmässigt ”gratis”. Med denna drivare så behövs det alltså en lägre arbetsinsats i drivningsarbetet än med ett tvåmaskinsystem. Denna potential kan i princip tas ut i all slutavverkning i hela Sverige.

Intag fram på drivaren möjliggör även ett nytt arbetssätt, där man kör närmare träden och får ett mindre kranarbete. Trädet tas in rakt framifrån, vilket troligen minskar den totala krantiden. Jämför med drivaren med vridbart lastutrymme och som har ett längre avstånd till intaget. Även kranarbete med långt utskjuten kran bör minska. Inte minst för träd framför maskinen, som ger besvärande hävarmseffekter. Detta minskar belastningen på kranen och ger större möjligheter att använda fullstora slutavverkningsaggregat. Intaget sker vid lägre höjd än med vridbart lastutrymme där upparbetning sker ovanpå lasten, vilket även detta bör vara en fördel. Det blir också enklare att styra kranen med hög precision.

Lastanordningen är en ny och relativt stor konstruktion, vilket i sig är ett osäkerhetsmoment fram tills att den är färdigkonstruerad, tillverkad och testad i fält. Det är svårt att göra en fullödig analys innan detta skett. Skogforsk har i stället valt att göra en simulering av systemet med programvaran ExtendSim, se Bilaga 1.

Trädet upparbetas (kvistning-kapning) mot en vagg, där även sortering sker i normalt tre fack. Man kan se det som en nackdel att upparbeta mot en fast punkt (positionering mot vaggan kan dra mer tid än positionering mot en virkeshög, p.g.a. vaggan kan skadas vid felpositionering). Samtidigt är det just i vaggan som det finns potentialer i en framtida automation.

Utifrån en utveckling av det koordinatsystem som redan finns i maskinen ger systemet möjligheter till delautomation i upparbetningen dels automatiserad positionering mot virkeshög vid kapning av stock, dels automatiserad sortering av stock, d.v.s. exakt var i vaggan biten skall läggas. Transporten till lastutrymmet sker sedan automatiskt med lastanordningen. Detta rationaliserar således bort förarens arbete med dessa delmoment.

När det gäller skotning så skiljer sig drivaren med lastanordning mot en traditionell skotare när det gäller lossning, respektive ren körning på trakten. Drivaren har fler sortiment i lasset att lossa, vilket innebär att lossningen, (sortering på avlägg) tar längre tid. Men drivaren kör samtidigt en kortare sträcka, p.g.a. att den alltid kör rent i skogen och lastar alltid allt virke.

ANTAL SORTIMENT VID LASTANORDNINGENS OCH DRIVARENS SORTERING

I vaggan finns det som standard tre fack. Lastanordningen programmeras med koordinater för var virket skall placeras i lastutrymmet. I lasset finns normalt sidostöttor som skapar tre fack, två mindre och ett större i mitten. I praktiken kan man därför normalt lasta fyra sortiment åt gången, om man tippar höger-vänster i det stora facket. Precis som med tvåmaskinsystemet får man räkna med att det tillkommer sortering vid avlägg. I tvåmaskinsystemet agerar ju dock skotaren självständigt, vilket ger större flexibilitet i val av sorteringsstrategi, d.v.s. att sortera virket i skogen eller på avlägget och att köra en runda eller flera rundor.

På samma sätt som i tvåmaskinsystemen finns det möjligheter till färgmärkning. I södra Sverige tar man ofta ut fler sortiment än i norra Sverige. En fråga som tillsvidare är öppen är hur lossning vid avlägg skall ske, med grip, aggregat eller kombiaggregat, av vilken storlek.

MOMENTBESKRIVNING

Här följer en momentbeskrivning grundad på Skogforsks tidstudier av tvåmaskinsystem och drivare med vridbart lastutrymme och diskussioner med konstruktören, m.m. Lastanordningen är i sitt transportläge nedsänkt mellan bankarna.

1. Körning mellan uppställningsplatser.
2. Aktivering av lastanordning utan momenttid. Maskinen stannar. Föraren aktiverar lastanordningen som lyfts upp och svänger ut, t.ex. på vänster sida om maskinen. Vaggan (virkesfickan) körs fram i höjd med maskinens främre boggie till ett förprogrammerat idealläge för att från aggregatet ta emot virke.
3. Kran ut.
4. Positionering av aggregat mot stammen.
5. Positionering av aggregat mot stammen. Positionering av fällinje (trädet fälls i linje med vaggan). Föraren har positionerat aggregatet vid det träd som bäst öppnar upp den fällningslinje och helt parallellt med lastanordningen som skall eftersträvas.
6. Positionering av vaggan med terrängstyrningen. I den mån det behövs används denna åtgärd för att justera fällinjen.
7. Fällning-intagning.
8. Kvistning-kapning.
9. Topp (tiden från att sista biten kapats tills toppen släppts ur aggregatet).
10. Kran in (förekommer ibland efter ”Topp” och före körning).
11. Positionering i vaggan.
12. Sortering i vaggan. Sortering i vaggan, mellan timmerdel och massa-vedsdel, sker genom en lite kranrörelse.
13. Lastcykel: Sista biten har kapats. Lastanordningen påbörjar lastcykeln. Vaggan går mot sitt ändläge. Lastramen börjar svänga, lyfter upp och passerar programmerad stöthöjd. Påbörjar därefter sänkning av vaggan ned mot lastutrymmet, lossar.
14. Lastanordning i retur utan momenttid. Lastanordningen känner aggregatets position och går i retur till idealläget på vänster sida igen. Lastanordningen störs inte av maskinens förflyttning.
15. Körning till och från avlägg (tom + last, d.v.s. utan last eller med fullt last).
16. Lossning vid avlägg, inklusive eventuell sortering.

Reslutat

NYTT ARBETSSÄTT

Drivare med lastanordning ger en kortad kranrörelse p.g.a. att intag sker fram och att virket flyttas med vid maskinkörning framåt.

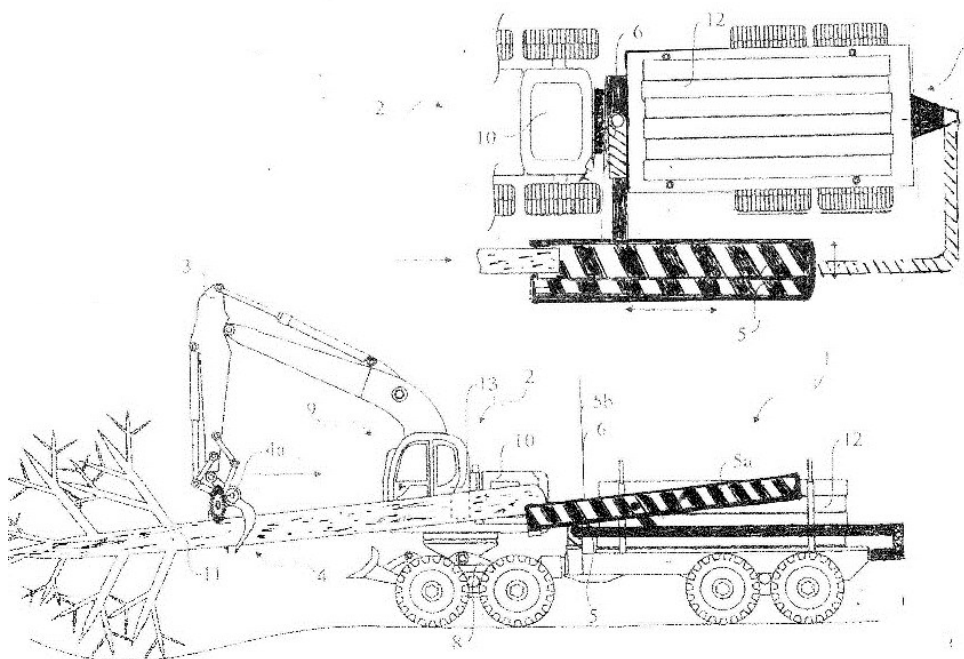
Det effektivaste är att köra 3, 4, 5 eller 6 träd på kort arm. Därefter hämtas träd på lång arm medan lastningen pågår. Lastningen blir då "gratis" då skördaren måste skapa effektiva skotningshögar som är långsträckta.

Potentialen blir störst vid avverkningar där man inte bygger högar utan kontinuerligt kan köra sakta framåt.

Utan grotanpassning behöver man inte sträcka sig särskilt långt för att samla i stora högar. Drivaren kan då dra fördel av sin kortare kranrörelse och förbrukar mindre tid. Arbetet planeras så att träd längre fram hämtas då lastanordningen arbetar.

Systemet har därför troligen störst potential i avverkningar som ej grotanpassas. Vinsten i minskat kranarbete i jämförelse med ett tvåmaskinsystem blir störst i glesa bestånd, d.v.s. normalt på låga boniteter. Typiska trakter som inte grotanpassas är trakter med långa transportavstånd och låg andel gran. Rent generellt är norra Sverige ett överskottsområde och södra Sverige ett underskottsområde för grot. Sammantaget kan man tänka sig att drivare med lastanordning har störst konkurrenskraft mot tvåmaskinsystem i norra Sverige. En utvecklingsfråga kan vara hur lastanordningen kan samsas med höga grothögar i södra Sverige.

Den delautomatiserade lastningen ger en intressant fördel i skotningsdelen mot tvåmaskinsystemet i hela Sverige.



Figur 1.
TimberPro drivare med lastanordning – principskiss. Foto: Green Carrier System AB.



Figur 2.
Basmaskinen TimberPro 840 C. Foto: TimberPro, Inc.

Principer för jämförbarhet mellan maskinsystem



Figur 3.
Vad påverkar analysresultatet? Foto: Komatsu Ltd (högra halvan av bilden är bearbetad)

Det är lätt att jämföra maskinsystem – men hur jämför man dem på rätt sätt?

Det finns en rad faktorer som gör att forskaren kan dra fel slutsatser, om han/hon inte ser upp och tänker kritiskt. Skogsbruket präglas av faktorer som särskiljer oss från många andra branscher. Vi arbetar med ett biologiskt material och är utsatta för varierande natur- och klimatförhållanden.

Arbetar man med ett mycket stort underlag i forskningen kan olikheter i materialet utjämnas. Men använder man enskilda studier, t.ex. för att jämföra ett nytt system med ett etablerat system gäller det att se upp.

I enskilda studier som avser jämförelser mellan maskinsystem bör man så långt möjligt:

- Använda verkliga data från berörda maskintyper.
- Från samma trakt, vid samma tillfälle.
- Med samma förare.
- Tillämpa rätt och jämförbara arbetssätt i maskinarbetet i studien.

Analysresultaten kommer då utvisa skillnaden mellan maskinsystemen.

Motsatsen till ovanstående är att studera en maskin i fält och sedan på ett ostrukturerat sätt inhämta data för den maskin som jämförelsen ska avse.

I vår studie använder bägge systemen samma indata (trakt), men den simulerade drivaren är ett fingerat system, vilket gör att jämförelsen skiljer sig mellan systemen.

Momentlista för drivare med lastanordning respektive tvåmaskinsystem

Tabell 1.
Förteckning över moment.

Drivare med lastanordning, ej grot	Tvåmaskinsystem, ej grot
Avverkning	Avverkning
Körning mellan uppställningsplatser	Körning mellan uppställningsplatser
Aktivering lastanordning (bokförs ej)	
Kran ut (80 %)	Kran ut (100 %)
Positionering aggregat	Positionering aggregat
* Positionering fällinje (tillägg)	
* Positionering av vaggan (terrstyrn)	
Fällning + 80 % intagning	Fällning + 100 % intagning
Kvistning-kapning	Kvistning-kapning
Topp	Topp
Kran in	Kran in
* Positionering i vaggan (kranarb)	
Skotning	Skotning
* Sortering i vaggan	
Lastcykel (bokförs ej)	
* Flaskhals i lastcykel	
Lastanordning i retur (bokförs ej)	
Körning till/från avlägg	Körning till/från avlägg
	* Lastning
	* Körning under lastning
Lossning vid avlägg, inkl. sortering	Lossning vid avlägg, inkl. sortering

*) Moment märkta med en stjärna är unika för respektive system.

Tabell 2 visar en förteckning över moment för drivare med lastanordning och för ett tvåmaskinsystem, såsom de jämförts i denna studie. Moment märkta med en stjärna är unika för respektive system. Vad som skiljer mellan grotanpassad och ej grotanpassad avverkning är, att drivaren vid ej grotanpassning tilldelats en reducering med 20 % av tiden för momenten ”Kran ut” respektive ”Intagning” p.g.a. en mindre kranrörelse hos drivaren.

KOMPLETTA MOMENTLISTOR, INKLUSIVE TIDER FRÅN SIMULERINGEN

Nedan återfinns kompletta momentlistor från simuleringen, inklusive tider. Moment märkta med en stjärna är unika för respektive system. Triangulär fördelning innebär en sannolikhetsfördelning mellan mest troligt, max.- respektive min.-värde. I Tabell 2 anges mest troligt värde. Tider angivna i cmin är hämtade från aktuell tidstudie. Cmin (centiminuter) omräknas till sekunder genom att multipliceras med 0,6. Moment märkta ”skotning” är framtagna genom produktionsuppföljningar (Brunberg, 2001).

Tabell 2.

Moment och tider, TimberPro drivare med lastanordning respektive tvåmaskinsystem, ej grotanpassning.

Moment (numrering enligt sim.)	Momenttid Ej grot	Drivare med lastanordning, g, sek.	Tvåmaskin- system, sek.	Anmärkning
Avverkningsmoment				
1. Körning mellan uppställningsplatser	1 070 cmin × 0,6	642	642	
2. Aktivering lastanordning		0		
3. Kran ut	2 341 cmin × 0,6		1 405	
	80 % av Kran ut	1 124		
4. Positionering aggregat	523 cmin × 0,6	314	314	
5. * Positionering fällning (tillägg)	Cirka 2 sek × 400 träd	800		Triangulär fördelning
6. * Positionering av vaggan (terrängstyrning)	Cirka 2 sek × 400 träd	800		Triangulär fördelning
7. Fällning – intagning	3 686 cmin × 0,6		2 212	
Intagning = 75 % av fällning-intagning.	Fällning + 80 % av intag	1 880		Hagos Lundström
8. Kvistning-kapning	7 036 cmin × 0,6	4 222	4 222	
9. Topp	409 cmin × 0,6	245	245	
10. Kran in	901 cmin × 0,6	541	541	
11. * Positionering i vaggan (kranarbete)	Cirka 2 sek × 400 träd	800		Triangulär fördelning
Skotningsmoment				
12. * Sortering i vaggan	Cirka 1,5 sek × 400 träd	600		Triangulär fördelning
13. Lastcykel	12 sek (bokförs ej)			
* Flaskhals i lastcykel		195		Värde från sim.
14. Lastanordning i retur		0		
15. Körning till/från avlägg (tom + last)	549 sek × 8 lass, skotning	4 392	4 392	
* Lastning	745 sek × 8 lass, skotning	0	5 960	
* Körning under lastning	255 sek × 8 lass, skotning	0	2 040	
16. Lossning vid avlägg, inklusive sortering	294 sek × 8 lass, skotning	2 352	2 352	
Summa momentider:		18 906	24 324	

*) Moment märkta med en stjärna är unika för respektive system.

Tabell 3.

Moment och tider, TimberPro drivare med lastanordning resp. tvåmaskinsystem, med GROT-anpassning.

Moment (numrering enligt sim.)	Momenttid Grot	Drivare med lastanordning, sek.	Tvåmaskin- system, sek.
Avverkningsmoment			
1. Körning mellan uppställningsplatser	910 cmin × 0,6	546	546
2. Aktivering lastanordning		0	
3. Kran ut	2 191 cmin × 0,6	1 315	1 315
4. Positionering aggregat	355 cmin × 0,6	213	213
5. * Positionering fällinje (tillägg)	2 sek × 398 träd	796	
6. * Positionering av vaggan (terrängstyrning)	2 sek × 398 träd	796	
7. Fällning-intagning	3 681 cmin × 0,6	2 209	2 209
8. Kvistning-kapning	7 203 cmin × 0,6	4 322	4 322
9. Topp	348 cmin × 0,6	209	209
10. Kran in	1 037 cmin × 0,6	622	622
11. * Positionering i vaggan (kranarb)	2 sek × 398 träd	796	
Skotningsmoment			
12. * Sortering i vaggan	1.5 sek × 398 träd	597	
13. Lastcykel			
* Flaskhals i lastcykel		57	
14. Lastanordning i retur		0	
15. Körning till/från avlägg (tom + last)	7 lass	3 843	3 843
* Lastning	7 lass	0	5 215
* Körning under lastning	7 lass	0	1 785
16. Lossning vid avlägg, inklusive sortering	7 lass	2 058	2 058
Summa momenttider:		18 378	22 336

*) Moment märkta med en stjärna är unika för respektive system.

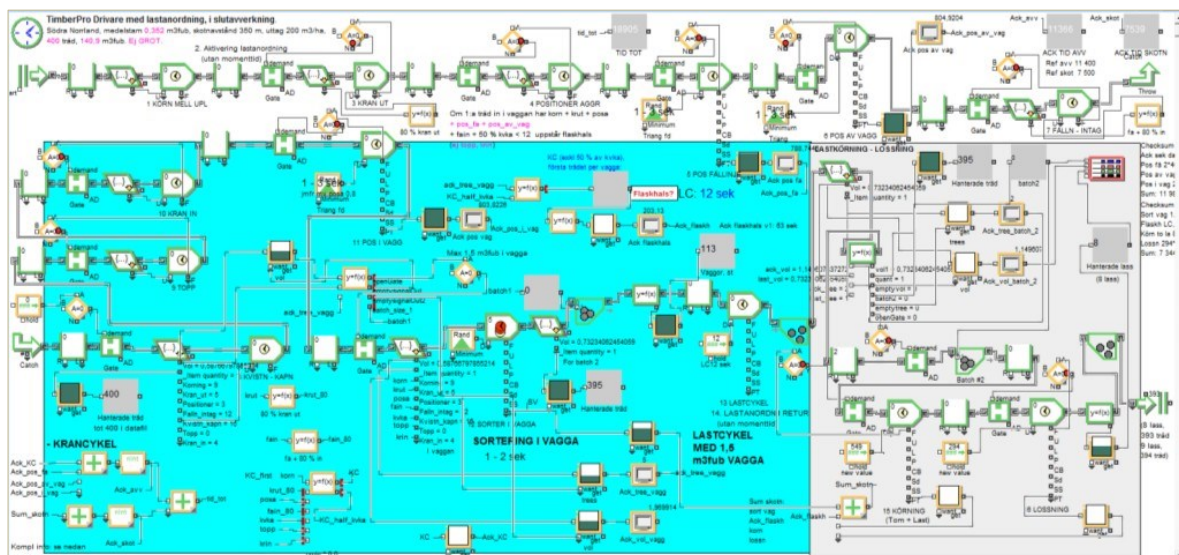
SIMULERINGSMODELLEN FÖR DRIVARE MED LASTANORDNING

Simuleringsmodellen för drivare med lastanordning är byggd i ExtendSim, version 8 och 9.

Modellen karaktäriseras av följande:

1. Ett block för varje moment (totalt 16 stycken).
2. Varje träd kan följas genom modellen, steg för steg med vald hastighet.
3. Alternativt kan man stänga av animeringen, snabbt processa alla träd och få fram numeriska resultat direkt.
4. Användande av blocken Decision och Gate för att hindra att bearbetning i nytt block påbörjas innan bearbetning i aktuellt block är klar (i de fall det handlar om en och samma maskin, som bara kan utföra en operation, ett block, åt gången).

5. Löpande beräkning av krancykeltid för första trädet per vagga (exklusive 50 % av kvistning-kapning), för jämförelse med lastcykel-tiden (för att se om lastanordningen hunnit tillbaka) och beräkning av eventuellt flaskhalstid. (Lastanordningen bedöms inte behöva vara tillgänglig under de första 50 % av tiden för kvistning-kapning). Frågan är alltså om lastanordningen åkt iväg och inte hunnit tillbaka innan nästa träd läggs in i vaggan. I så fall uppstår flaskhals.
6. Resultat beräknas huvudsakligen i block (som innehåller enklare programmering) och redovisas i skärmbilden, i blocktyperna Animate Value och Display Value.
7. Endast ExtendSim fördefinierade block har använts. (Användardefinierade har inte använts).
8. Slumptal med Triangular distribution (Max, Min, Most likely) används för tiden för positionering av fällinje, positionering av vaggan, positionering i vaggan och sortering i vaggan.
9. Användande av blocken Decision och Gate för att hindra överfyllnad av vaggan.
10. Löpande beräkning av lastfyllnadsgrad i vaggan (egenhändigt definierad "batch size") till vaggan. Volymen får bli max 1,5 m³fub.
11. Löpande beräkning av lastfyllnadsgrad (batch size) i skotningsdelens körning och lossning.
12. Hierarkiska block har inte använts, vilket gett en till synes komplex modell. Men modellen är samtidigt lätt att följa, träd för träd, genom varje moment.



Figur 4.
Simuleringsmodell i ExtendSim för drivare med lastanordning (se även en större version av bilden i Bilaga 1).

RESULTAT (TID)

Tabell 4.
Resultat utan grotanpassning, i sekunder.

	Drivare med LA, Sek.	Tvåmaskinsystem, Sek.
Avverkning	11 367 19 %	9 580
Skotning	7 539 -49 %	14 744
Summa:	18 906 -22 %	24 324

Tiden för Kran ut och Intagning har reducerats, eftersom ingen grotanpassning sker.

Tabell 5.
Resultat med grotanpassad avverkning.

	Drivare med LA, Sek.	Tvåmaskinsystem, Sek.
Avverkning	11 823 25 %	9 435
Skotning	6 555 -49 %	12 901
Summa:	18 378 -18 %	22 336

I vår simulering av drivaren med lastanordning i slutavverkning, i jämförelse med ett tvåmaskinsystem, ökar avverkningstiden utan grotanpassning med 19 %, medan skotningstiden minskar med 49 %. Totaleffekten var en minskning i tid om 22 % (Tabell 4). I ett alternativ med grotanpassning var totaleffekten en minskning i tid om 18 % (Tabell 5).

SKOTNING SAMT SORTERING VID AVLÄGG (LOSSNING)

Drivaren med lastanordning har fler sortiment i lasset att lossa eftersom maskinen måste bära med sig allt virke. Det innebär att lossningen, d.v.s. sorteringen på avlägget tar längre tid än för ett tvåmaskinsystem.

Drivaren kör samtidigt totalt sett, kortare sträcka än tvåmaskinsystemet p.g.a. att den alltid kör rent i skogen i samband med avverkningen. Vi har räknat med att effekterna tar ut varandra.

MASKINKALKYL OCH EKONOMISKT UTFALL

Vi har upprättat maskinkalkyler för att få fram timkostnader till jämförelsen. Maskinkalkylerna tar stöd i skogsbrukets tidigare jämförelser mellan drivare och tvåmaskinsystem samt prelimära uppgifter om priset för TimberPro-drivare med lastanordning. Timkostnaderna framgår i tabellen nedan.

Tabell 6.
Resultat av maskinkalkyl.

Timkostnad, inklusive flytt och resor	Kr/G ₀
Drivare	1 192
Skördare	1 214
Skotare	1 009

Med dessa timkostnader blir drivaren 15 % billigare än tvåmaskinsystemet i slutavverkning utan grothanpassning.

Med grothanpassning blir drivaren 10 % billigare. I maskinkalkylen ingår nivå-nivellering för TimberPro-drivare. Nivånivellering är standard på skördare som går i Sverige.

KÄNSLIGHETSANALYS

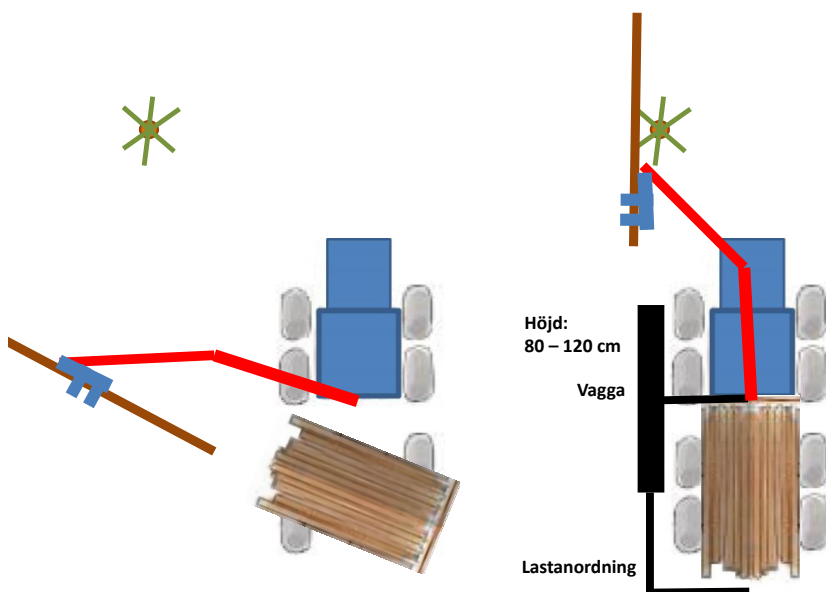
De mest kritiska i dag är de oprövade momenten för drivaren med lastanordning är positionering av vaggan, positionering i vaggan och eventuell väntetid för lastanordningen. Om man gör en känslighetsanalys där dessa momenttider får öka respektive minska 50 % så erhåller man en ökning respektive minskning av total tid med 4 %, en måttlig förändring (Tabell 7).

Tabell 7.
Känslighetsanalys av ökad/minskad tid i nya moment (ej grot).

	Utgångsläge Sek.	Ökning 50 % Sek.	Minskning 50 % Sek.	Anmärkning
Position av vaggan	800			Terrängstyning
Differens		400	-400	
Position av vaggan	800			Kranarbete
Differens		400	-400	
Flaskhals	195			Lastanordning
Differens		97,5	-97,5	
Summa	1 795	898	-898	
Total tid för tvåmaskin		24 324	24 324	
Differens, %		4 %	-4 %	

Diskussion

JÄMFÖRELSE AV DRIVAREN MED LASTANORDNING MED EN DRIVARE MED VRIDBART LASTUTRYMME



Figur 5.
Drivare med vridbart lastutrymme respektive drivare med lastanordning.

Drivare med lastanordning tar in trädet rakt framifrån, vilket i jämförelse med drivare med vridbart lastutrymme, som har längre avstånd till intaget, troligen minskar den totala krantiden. Kranarbete på lång räckvidd som ger besvärande hävarmseffekter bör minska, vilket minskar belastningen på kranen och ger större möjlighet att använda fullstora aggregat. Intaget sker vid lägre höjd än med vridbart lastutrymme där upparbetning sker ovanpå lasten, vilket också bör vara en fördel, eftersom det blir enklare att styra kranen med hög precision.

En drivare med lastanordning kan närmast jämföras med en skördare, när det gäller intaget av stammen. Erfarenheter från Skogforsks tidsstudier tyder på att en drivare med vridbart lastutrymme, i jämförelse med en skördare, vid intagning, får dra trädet längre, och lyfta trädet högre.

AGGREGATSTORLEK I SLUTAVVERKNING

Basmaskinen TimberPro 840 C har en kran och en hydraulkapacitet som både kan bära och hantera ett fullstort slutavverkningsaggregat, vilket är en styrka.

SORTERING I VAGGAN OCH I LASSET

Vaggans storlek är 1,5 m³fub med plats för tre sortiment. I lasset kan man med hjälp av stöttor få en uppdelning i fyra sortiment. Sortering i vagga och lass kan bli en utvecklingsfråga, men tillsvidare får man bedöma att sorteringen är effektivast i norra Sverige, med få sortiment, vilket ger färre lastningscykler.

LOSSNING VID AVLÄGG – GRIP ELLER KOMBIAGGREGAT?

Att vid lossningen växla till grip är den bästa lösningen om man kan lösa det rent tekniskt. En trådlös kommunikation mellan aggregat och maskin är att föredra. Att genomföra bytet genom kranstyrning från hytten, är svårt och tidsödande.

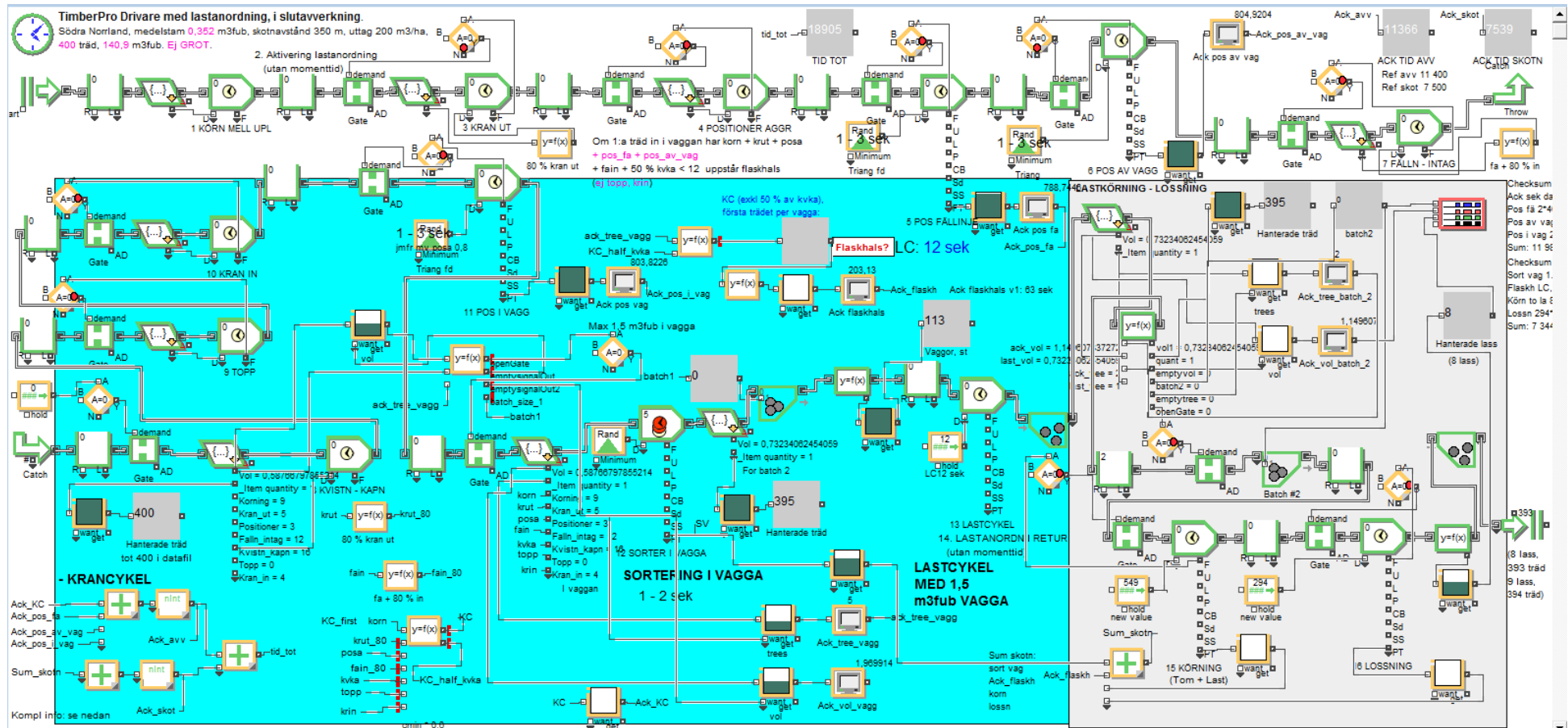
Referenser

Bergkvist, I. 2012. Direktlastande system – en utvärdering. Resultat 18, 2012.

Brunberg, T. 2001. Tidsmomentindelning.

Lundström, H. 2006. Arbetsmaterial från tidsstudie.

Simuleringsmodell i ExtendSim



Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2013

2013

- Nr 786 Grönlund, Ö. & Eliasson, L. 2013. Knivslitage vid flisning av grot. Effects of knife wear on performance and fuel consumption for a small drum chipper. 12 s.
- Nr 787 Sonesson, J. & von Hofsten, H. 2013. Effektivare fältarbete med nya datakällor för skogsbruksplanering.
- Nr 788 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller, J.J. 2013. Kvalitetssäkring av beräkningsresultat från hprCM och konvertering av pri- till hpr-filer. – Quality assurance of calculation results from hprCM and conversion of prifiles to hpr files. 24 s.
- Nr 789 Brunberg, T. 2013. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare 2012. – Fuel consumption in forest machines 2012. 12 s.
- Nr 790 Eliasson, L. 2013. Skotning av hyggestorkad grot. 11 s.
- Nr 791 Andersson, G. & Frisk, M. 2013. Skogsbrukets transporter 2010. – Forestry transports in 2010. 91 s.
- Nr 792 Nordström, M. & Möller, J.J. 2013. Kalibrering av skördarens mätsystem. – En kartläggning av nuläge och utvecklingsbehov. A review of current status and development needs. 15 s.
- Nr 793 Lombardini, C., Granlund, P. & Eliasson, L. 2013. Bruks 806 STC. 0150 – Prestation och bränsleförbrukning. 9 s.
- Nr 794 Fridh, L. 2013. Kvalitetssäkrad partsmätning av bränsleved vid terminal. – Quality-assured measurement of energy wood at terminals.
- Nr 795 Hofsten von, H. & Brantholm, M.-Å. 2013. Kostnader och produktivitet i stubbskörd – En fallstudie. 9 s.
- Nr 796 Brunberg, T. & Iwarsson Wide, M. 2013. Underlag för prestationshöjning vid flerträds-hantering i gallring. – Productivity increase after multi-tree handling during thinning. 7 s.
- Nr 797 Spatial distribution of logging residues after final felling. – Comparison between forest fuel adapted final felling and conventional final felling methods. Trädresternas rumsliga fördelning efter slutavverkning. – Jämförelse mellan bränsleanpassad och konventionell avverkningsmetod. 19 s.
- Nr 798 Möller, J.J., Arlinger, J. & Nordström, M. 2013. Test av StanForD 2010 implementation i skördare.
- Nr 799 Björheden, R. 2013. Är det lönsamt att täcka groten? Effekten av täckpappens bredd på skogsbränslets kvalitet. – Does it pay to cover forest residue piles? The effect of tarpaulin width on the quality of forest chips. 15 s.
- Nr 800 Almqvist, C. 2013. Metoder för tidig blomning hos tall och gran. – Slutrapport av projekt 40:4 finansierat av Föreningen skogsträdsförädling. – Early strobili induction in Scots pine and Norway spruce. – Final report of Project no. 40:4, funded by the Swedish Tree Breeding Association. 26 s.
- Nr 801 Brunberg, T. & Mohtashami, S. 2013. Datoriserad beräkning av terrängtransportavståndet. – Computerised calculation of terrain transport distance. 8 s.
- Nr 802 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. 2013. Analyses of forest management systems for increased harvest of small trees for energy purposes in Sweden.

- Nr 803 Edlund, J., Jonsson, R. & Asmoarp, V. 2013. Fokusveckor 2013 – Bränsleuppföljning för två fordon inom ETTdemo-projektet, ST-kran och ST-grupp. – Monitoring fuel consumption of two rigs in the ETTdemo project, ST-crane and ST-group. 22 s.
- Nr 804 Iwarsson-Wide, M., Olofsson, K., Wallerman, J., Sjödin, M., Torstensson, P. O., Aasland, T., Barth, A. & Larsson, M. 2013. Effektiv volymuppskattning av biomassa i vägkanter och ungskogar med laserdata. – Effective estimate of biomass volume on roadsides and in young forests using laser data 40 s.
- Nr 805 Iwarsson-Wide, M., L., Bäfver, Renström, C. & SwedPower, P. 2013. Fraktionsfördelning som kvalitetsparameter för skogsbränsle – Kraft- och värmeverkens perspektiv. 38 s.
- Nr 806 Englund, M. & Jönsson, P. 2013. LED-lampor i såglådan – En pilot-studie. – LED lamps in the saw box – A pilot study. 8 s.
- Nr 807 Nordlund, A., Ring, E., Högbom, L. & Bergkvist, I. 2013. Beliefs among Formal Actors in the Swedish Forestry Related to Rutting Caused by Logging Operations. – Attityder och åsikter med koppling till körskador inom olika yrkesgrupper i skogsbruket 18 s.
- Nr 808 Arlinger, J. & Jönsson, P. 2013. Automatiska tidsstudier i skogsmaskinsimulator. – Driftuppföljning och produktionsdata enligt StanFord 2010. Automatic time-studies in forest machine simulators – Operational monitoring and production data according to StanForD 2010. 10 s.
- Nr 809 Englund, M., Mörk, A. & Jönsson, P. 2013. Skotartävling på Elmia – Kran- och motor-inställningars påverkan på bränsleförbrukning och tidsåtgång. Forwarder contest at Elmia. – Effect of crane and engine settings on fuel consumption and speed of work. 9 s.
- Nr 810 Eliasson, L., Lombardini, C., Lundström, H. & Granlund, O. 2013. Eschlböck Biber flishugg – Prestation och bränsleförbrukning – Rangering av fliscontainrar med en John Deere 1410 containerskyttel.
- Nr 811 Eliasson, L. 2013. En simulering av en integrerad skördare för förpackad flis vid energiuttag i gallring. – Simulation of an integrated harvester for pre-packaged chips during energy harvest in early thinning. 16 s.
- Nr 812 Englund, M. 2013. Test av stolar och tillbehör med avseende på helkroppsvibrationer. Test of seats and associated equipment in terms of whole-body vibrations. 32 s.
- Nr 813 Enström, J., Athenasiadis, D., Öhman, M. & Grönlund, Ö. 2013. Framgångsfaktorer för större skogsbränsleterminaler. – Success factors for larger energy wood terminals. 41 s.
- Nr 814 Wennström, U. 2013. Holmens fröbehov, produktion och genetisk kvalitet 2012-2060. – Holmen's seed requirements: production and genetic quality 2012-2060. 50 s.
- Nr 815 Hannrup, B., Andersson, M., Larsson, J., Sjöberg, J. & Johansson, A. 2013. Slutrapport för projekt "Beröringsfri diametermätning i skördare – Utveckling av skräpreducerande skydd". – Final report of the project 'Remote measurement of stem diameter in harvesters. Development of shields to reduce debris'. 78 s.
- Nr 816 Eriksson, E. & Täljblad, M. 2013. Prekal – Självföryngring före slutavverkning. – Slutrapport Försök 1–6. Prekal. – Natural regeneration before final felling. Final report, Experiments 1–6. 28 s.

- Nr 817 John Arlinger, Torbjörn Brunberg, Hagos Lundström och Johan Möller. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Comparison of JD1170E and JD1470E in final felling at SCA Skog AB, autumn 2013. 29 s.
- Nr 818 Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. The STIG Project, 2010–2014. 19 s.
- Nr 819 Björheden, R. 2014. Studie av Fixteri FX15a klenträdsbuntare. Study of Fixteri FX15a small-tree bundling unit.
- Nr 820 Löfroth, C. & Brunberg, T. 2014. Bränsleförbrukningen hos rundvirkesfordon 2008 och 2013. Fuel consumption of roundwood vehicles in 2008 and 2013. 12 s.
- Nr 821 Jönsson, P., Hannrup, B., Gelin, O. & Löfgren, B. 2014. Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång. Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption. 24 s.
- Nr 822 Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Effekten av olika bottensåll på prestation, bränsleförbrukning och flisens fraktionsfördelning för flishuggarna Kesla 645 och Eschlböck Biber-92. – Effects of sieve size on chipper productivity, fuel consumption and chip size distribution for the chippers Kesla 845 and Eschlböck Biber-92. 18 s.
- Nr 823 Eliasson, L., Lombardini, C., Granlund, P., Magagnotti, N. & Spinelli, R. 2014. Prestation och bränsleförbrukning för en lastbilsmonterad Pezzolato PTH 1200/820 flishugg. – Performance and fuel consumption of a truck-mounted Pezzolato PTH 00/820 chipper. 12 s.
- Nr 824 Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2014. Lastindikatorer och lastbärrarvågar. 12 s.
- Nr 825 Sikström, U. 2014. Föryngring av gran under högskärm: Försöksverksamhet vid Bergvik Skog – Uppföljning 2013.
- Nr 826 Englund, M. 2014. Mätning av mental arbetsbelastning – En metodstudie. 27.
- Nr 827 Jönsson, P., Björheden, R. & Eliasson, L. 2014. Destinering och lägesbyten för att effektivisera transporterna av skogsflis.
- Nr 828 Barth, A., Holmgren, J., Wilhelmsson, L. & Nordström, M. 2014. Evaluation of single tree based estimates with terrestrial laser scanning in Sweden. – Utvärdering av skattningar för enskilda träd baserade på markbaserad laserskanning i Sverige. 32 s.
- Nr 829 Jacobson, S. Asktilförsel och dess påverkan på trädens tillväxt och näringsstatus – Revision av sex fältförsök. 32 s.
- Nr 830 Björheden, R. 2014. Proceedings of the Nordic Baltic Conference OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25-27, NOVA Park Conference, Knivsta, Sweden.
- Nr 831 Widinghoff, J. 2014. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT- and ST-vehicles. 21 s.
- Nr 832 Fridh, L. 2014. Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyzer. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyzer. 8 s.
- Nr 833 Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning – A performance and fuel consumption when chipping logging residues of beech 10 s.

- | | | |
|----|-----|---|
| Nr | 834 | Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning. – A performance and fuel consumption when chipping logging residues of beech 10 s. |
| Nr | 835 | Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Flisning av bränsleved och delkvistad energived med en stor trumhugg–CBI6400. – Chipping of stem wood and partly delimbed energy wood using a large drum chipper, CBI 6400, at a terminal. 12 s. |
| Nr | 836 | Johansson, F., Grönlund, Ö., Von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2014. Huggbilshaverier och dess orsaker. – Chipper truck breakdowns and their causes. 12 s. |
| Nr | 837 | Rytter, L. 2014. Rytter, L. & Lundmark, T. 2014. Trädslagsförsök med inriktning på biomassaproduktion. – Etapp 2. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 20 s. |
| Nr | 838 | Skutin, S.-G., Mörk, A., Jönsson, P. & Jonsson, R. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning. – Drivare med automatisk lastning och nytt arbetssätt. Simulation of TimberPro harwarder with loading device in final felling. – Harwarder with automatic loading and new method of working. 19 s. |

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 838–2014



www.skogforsk.se