

**Direktlastningens potential:** ingen tidsåtgång för lastning (ca 30 % i tvåmaskinsystemet)

**Risk vid direktlastning:** Drivaren: Stor andel transport och lossning påverkar prestationen negativt och minskar konkurrenskraften.

Skyttelsystemen: Om tiden för transport och lossning är längre än tiden för avverkning hamnar väntetiden hos avverkningsenheten, vilket innebär prestationsförluster.

**Tidsåtgång i de olika systemen** vid medelstammen 0,4 m<sup>3</sup> fub och 300 m transportavstånd. Tidsåtgången är betydligt kortare hos direktlastningssystemen, då lastningstiden bortrationaliserats. Systemen belastas dock av en hög systemkostnad jämfört med skördare och skotare, vilket begränsar konkurrenskraften.

# Resultat

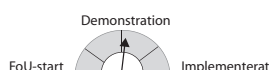
FRÅN SKOGFORSK NR. 18 2012

## Direktlastande system – en utvärdering

Ett sätt att effektivisera drivningen är *direktlastning*. Att virket läggs direkt i lastutrymmet i stället för att mellanlagras på marken sparar tid och energi.

På senare tid har två system för direktlastning testats och utvärderats: en slutavverkningsvariant av drivaren (Fiberdrive 1750) samt skyttelsystemet Besten med virkeskurir, här kallat Skyttelsystem 1. I samband med test av skyttelsystemet testades även ett system där en skördare direktlastade kurirerna. Syftet var att simulera ett system där skördaren i stället bemannas och åtföljs av två autonoma skyttlar. Detta system kallas i analysen för Skyttelsystem 2.

I detta Resultat redovisas resultat från tester och praktisk drift för dessa direktlastningssystem. Dessutom sammanfattas för- och nackdelar samt potentialerna i direktlastningssystemen jämfört med det traditionella tvåmaskinsystemet bland annat utifrån förarnas synpunkter.



Isabelle Bergkvist  
isabelle.bergkvist@skogforsk.se  
Tel 018-18 85 95

*"Skyttelsystemet har stor potential att konkurrera i framtiden förutsatt att kostnaderna i systemet sänks, genom t.ex. automation. Men drivarsystemet är "en lågt hängande frukt", som förmodligen kan konkurrera med tvåmaskinsystemen redan idag."*

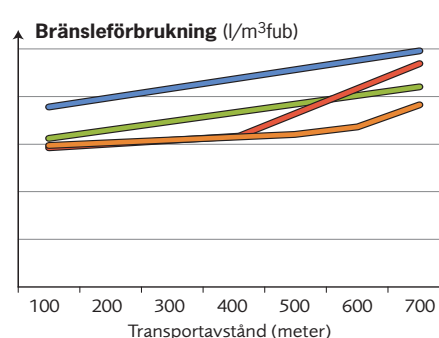
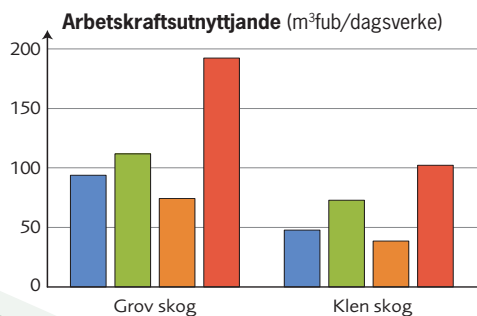
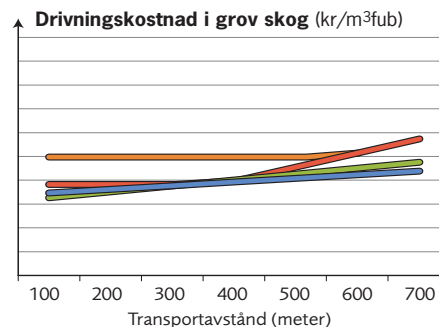
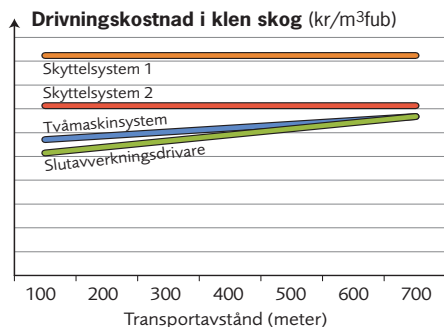
# DIREKTLASTANDE SYSTEM

- några nyckeltal baserade på studier och praktisk drift.



## Tvåmaskinsystem

Systemkostnad: skördare 1200 kr/h, skotare 900 kr/h  
 TU (Teknisk utnyttjandegrad): skördare 85 %, skotare 90 %  
 Lastkapacitet: 20 m<sup>3</sup>fub



## Skyttelsystem 1

**Bemannade kurirer och fjärrstyrd avverkningsenhet.**

Systemkostnad: 2 100 kr/h  
 TU: 75 %  
 Lastkapacitet: 16 m<sup>3</sup>fub  
 Relativ avverkningstid\*: 130 %



\*) i jämförelse med skördarens medelvärde. Momenttiderna har jämförts och de olika systemen har belastats med en längre relativ avverkningstid jämfört med skördaren då skillnaderna varit systembundna.

Skyttelsystem 1 hade under studierna stora problem med positionering av skyttlarna samt med upparbetningen vilket förklarar 30 % ökad avverkningstid jämfört med skördaren.

Skyttelsystem 2 har en rel. avverkningstid på 100 % eftersom en konventionell skördare används.

Eventuellt borde avverkningen hämmas av direktlastningen, men å andra sidan bör framtida autonoma skyttlar "känna av" var avverkningsaggregatet befinner sig och därför positionera sig bättre.

## Slutavverkningsdrivare

Systemkostnad: 1200 kr/h  
TU: 83 %  
Lastkapacitet: 19 m<sup>3</sup>fub  
Relativ avverkningstid\*: 113 %



### Kommentarer till diagrammen

**Systemanalyserna bygger på** tidsåtgång från studier och uppföljning av drivare och skyttelsystem.

Drivning med tvåmaskinsystemet är tidsatt utifrån tidigare studier samt skogsföretagens egna uppföljningar.

Tidsåtgången med autonoma skyttlar har aldrig studerats men tiden kunde ändå skattas utifrån en skördare direktlastade två skotare, samt beräkningar av tiden för olika arbetsmoment jämfört med tvåmaskinsystemet.

**Systemkostnaderna består av** uppskattade kostnader för kapital, löner och bränsleförbrukning. Kostnaden för skyttelsystemen antas vara samma som kostnaden för skördare och skotare för att förenkla jämförelsen.

Systemkostnaderna har sedan multiplicerats med tidsåtgången för de olika systemen, vilket ger en skattad kostnad per m<sup>3</sup>. Terrängtransportavståndet antas vara 300 m i samtliga fall.

**Skyttelsystemen kunde inte** konkurrera i klen skog med avseende på kostnad per m<sup>3</sup>. Orsaken är en låg prestationsnivå i kombination med överkapacitet i systemet (för transportenheterna). I grövre skog finns en större potential. Skyttelsystem 2 hade i analysen samma kostnadsnivå som tvåmaskinsystemet och drivaren, förutsatt att väntetiderna minimeras i systemet (att transport och lossning tar lika lång tid som avverkning av ett lass).

**Drivaren stod sig väl** i konkurrensen med tvåmaskinsystemet, förutsatt att andelen transport/lossning inte blir för stor.

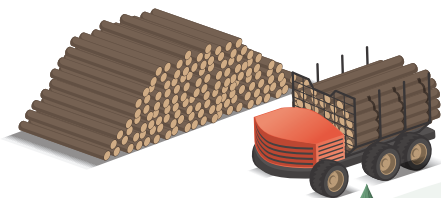
**Bränsleförbrukningen blev lägre** i direktlastningssystemen eftersom drivningen effektiviseras då arbetsmoment rationaliseras bort. För skyttelsystemen kompenseras det större antalet maskiner i systemet av att dessa står en stor andel av tiden på tomgång. Det minskar den momentana förbrukningen för varje maskinenhet.

**Arbetskraftsutnyttjandet var bra** i drivarsystemet, då både avverkning och transport sköts av en maskin och en förare, vilket t.ex. minimerar andelen flyttid. Dessutom ger den lägre tidsåtgången per m<sup>3</sup> ytterligare fördelar jämfört med tvåmaskinsystemet. När det gäller arbetskraftsutnyttjande har Skyttelsystem 2 en mycket stor potential, eftersom transport och lossning antas utföras helt autonomt.

## Skyttelsystem 2

**Konceptuellt system: bemannad skördare och fjärrstyrda/autonoma skyttlar.**

Systemkostnad: 2 100 kr/h  
TU: 75 %  
Lastkapacitet: 16 m<sup>3</sup>fub  
Relativ avverkningstid\*: 100 %



# Direktlastning i praktisk drift - resultat

## Utvärdering

Våra tester av direktlastningssystemen kan kort sammanfattas med nedanstående punkter. Där ingår även förarnas kommentarer utifrån deras perspektiv.

### Fördelar

- Effektivare drivning.
- Arbetsväxling kan ge roligare och mer utmanande/inspirerande avverkning.
- Föraren hanterar hela kedjan från stubbe till avlägg.
- Systemen är alltid i balans mellan avverkning och skotning.
- Inget virke på marken, vilket innebär att föroreningar på virket undviks och inget virke glöms under snö.
- Inget förstört skogslager under värmeperioder.
- Bra och tillförlitliga uppgifter om vilka volymer och sortiment som finns i väglager.
- Låg bränsleförbrukning.

### Nackdelar

- Skyttelsystem 1 ger en del svårighet med sikten vid positionering av avverkningsenheten, tillgänglighet till maximalt antal stammar från samma uppställningsplats och bra åtkomst till lastutrymmet. Problemen ökar i små bestånd (och bestånd med mycket naturhånsyn) där kanthuggning utgör en stor andel av avverkningen.
- Skyttelsystem innebär även dyrare och mera komplicerad flytt av flera maskinenheter.
- Det finns en betydande risk att TU blir lågt för de olika skyttelsystemen eftersom det saknas buffert i systemet. Avverkningsenheten behövs alltid tillsammans med minst en skyttel. Skyttlarna kan dock användas som (dyra) skotare.
- Prestationen i direktlastningen sjunker vid högre lassfyllnad, eftersom kvistningsarbetet måste ske snett uppåt, vilket ger mer påfrestning på kran och aggregat samt försämrade sikt.
- Stort behov av stora avlägg med bra intern logistik eftersom alla sortiment måste kunna transporteras ut till avlägg samtidigt.

## Från forskning till tillämpning

### Drivarna har stor potential

I dagsläget finns flera projekt i samarbete mellan tillverkare, brukare och forskning där nytillverkade slutavverkningsdrivare ska testas, bl.a. med avseende på nyckelfaktorerna i detta resultatnummer. Skogforsk följer och medverkar i denna utveckling. Drivaren har en fortsatt stor potential att kunna konkurrera med tvåmaskinsystemet på stora andelar av avverkningsarealerna.

### Skyttelsystemen kan utvecklas

Skyttelsystemen tillverkas i dagsläget inte. Arbetet med Bestensystemet (Skyttelsystem 1) har dock avkastat ny kunskap om automation och fjärrstyrning, samt vidgat teknik- och metodutvecklingen i svenskt skogsbruk. Det är viktigt att

komma ihåg att systemet är nytt och att utvecklingspotentialen är betydande.

I framtidens skogsbruk kommer stort fokus läggas på hög energieffektivitet, vilket uppfylls i skyttelsystemet i och med direktlastning, effektiv drivning och låg bränsleförbrukning. För att skyttelsystemet ska kunna konkurrera kostnads- mässigt krävs dock högre prestation och effektivare maskinutnyttjande.

Skyttelsystem 2 hade stor potential i effektiv produktion och lågt arbetskraftsbehov. Systemets konkurrenskraft är dock beroende av att kostnaden kan bli lägre än tvåmaskinsystemet. Skyttelsystemen öppnar för nya lösningar, där bränslehantering och vidaretransport kan integreras i drivningssystemet.

## Direct-loading systems – an evaluation

The two-machine system – single-grip harvester and forwarder – can now be regarded as a mature system, and developing solutions to increase productivity is expensive. Interest in new systems is growing, with the aim of improving efficiency, reducing environmental impact and improving quality. One way of improving logging efficiency is through direct loading. The wood is placed directly in the bunk instead of being stored on the ground, thereby saving time and energy.

Recently, two direct-loading systems have been tested and evaluated. The first was a system for final felling using the harwarder (Fiberdrive 1750) and the Besten with couriers shuttle system (called Shuttle System 1 in this report). The second system tested involved a harvester directly loading the couriers. The aim was to simulate a system where the harvester was manned and the two shuttles were autonomous (Shuttle System 2).

In this Resultat, we present the test and study results of these direct-loading systems in practical operation. The advantages and disadvantages, and the potential, of the direct-loading systems are compared with the traditional two-machine system, for example from the operator's perspective. The conclusions of the evaluation are that the final-felling harwarder already has the potential to compete with the two-machine system on much of the logging area, while the comparatively new shuttle systems must be developed further before they can reach their full potential.

### Läs mer

Bergkvist, I., Lundström, H., Nordén, B. 2006. Besten med två virkeskurirer - studier av prestation och bränsleförbrukning. Arbetsrapport nr 616, Skogforsk, Uppsala.

Bergkvist I, Thor M & Hallonborg U. 2004. Drivare och flerträdshantering sänker kostnaderna. I: Utvecklingskonferens 2004. Redogörelse 1:127-132. Skogforsk, Uppsala.

Bergkvist, I. 2007. Drivare i slutavverkning- direktlastning och låg bränsleförbrukning är starka kort. Resultat nr 15, Skogforsk, Uppsala.

Bergkvist, I. 2008. Direktlastande uppstickare kan bryta skördar-/skotarsystemets dominans. Resultat nr 9, Skogforsk, Uppsala.

Bergkvist, I. 2010. Drivare i svenskt skogsbruk. Redogörelse nr.1, Skogforsk, Uppsala.

Ringdahl, Hellström & Lindroos (Canadian Journal of Forest Research, 2012, 42(5): 970-985).