



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 916 –2016

Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem

**Productivity and logging costs of the harwarder
prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system**

Jussi Manner, Rikard Jonsson, Petrus Jönsson, Rolf Björheden och Hagos Lundström

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr 916-2016

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

Titel:

Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem.

Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system.

Bildtext:

Komatsu 895, Komatsu 941 och Komatsu X19.

Fotograf: John Sandström/BITZER

Ämnesord:

Skördare, skotare, tidsstudier, simuleringar, direktlastning.

Harvester, forwarder, time study, simulations, direct loading.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2016

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



Jussi Manner, filosofie doktor och forskare i FoU-programmet Teknik och Virke på Skogforsk. Arbetar med frågor kring datainsamling och analys samt utveckling av drivningsarbete.



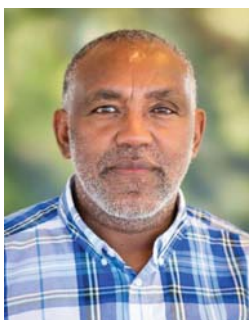
Rikard Jonsson, jägmästare och forskare i FoU-programmet Teknik och Virke på Skogforsk. Arbetar med teknik- och metodutveckling i drivningsarbete.



Petrus Jönsson, fil.mag. Anställd vid Skogforsk sedan 2006. Arbetar i FoU-programmet Teknik och Virke. Fokus ligger på dynamisk simulering och utvärdering av maskinsystem.



Rolf Björheden, professor. Chef för FoU-programmet Teknik och Virke på Skogforsk. Rolf har främst arbetat med metod- och systemutveckling för drivning och transport samt med försörjningssystem för skogsbränsle.



Hagos Lundström, försökstekniker på Skogforsk. Arbetar med metodutveckling inom skogsskötsel, skogsteknik och biobränsle.

Abstract

The harwarder is a single-machine-system combining harvester and forwarder work. The harwarder's strength is the ability to directly load logs as they are cut, thereby eliminating the traditional forwarder work element loading (incl. loading while driving). However, direct loading prohibits optimization of the load-wise assortment palette, leading to prolonged unloading time, a traditional harwarder weakness. To be competitive, the harwarder must gain more from direct loading than what is lost through a slower unloading. During the recent decades, several harwarder models have developed and marketed, but none of them have managed to establish a permanent market position.

Time and cost functions were modelled for the harwarder prototype, Komatsu X19 as well as for the harvester-forwarder system. The X19 has a quick hitch which enables changing between harvesting-loading work with a conventional harvester head and unloading with a conventional grapple. Previously used combination heads are unwieldy compared to the specialized tools.

Productivity differences between the systems were moderate, normally covered by the statistical error margins. However, due to its high operating costs, the X19 could not demonstrate logging cost savings. Despite X19's quick hitch, the long unloading time is still a weakness.

Förord

SCA och Holmen har som försöksvärdar bidragit med maskintid, avverkningsobjekt och maskinförare för denna studie. Initiering gjordes i samråd med Drivargruppen, en av Skogforsks samverkansgrupper. Drivargruppen bildades under 1990-talet som ett forum för brukare att diskutera specifikationer för nya maskinkoncept samt dela erfarenheter och studieresultat kring dessa. Arbetet med ett nytt drivarkoncept för slutavverkning började 2007. Drivargruppen bestod i maj 2016 av:

Företag	Namn
Billerud Korsnäs	Per Nordahl
Holmen	Jonas Eriksson
Holmen	Robert Johansson
SCA	Magnus Bergman
SCA	Mattias Eriksson
SCA	Henrik Pålsson
Stora Enso	Mattias Bränngård
Sveaskog	Lennart Hult
Sveaskog	Linnéa Carlsson
Södra	Patrik Anderchen
Södra	Magnus Peterson
Skogforsk	Rikard Jonsson (sammankallande)
Skogforsk	Petrus Jönsson
Skogforsk	Hagos Lundström

Planering av studie i samråd med drivargruppen, utförande av test, analys av data samt sammanställning av rapporten har gjorts av Jussi Manner, Rolf Björheden, Rikard Jonsson, Petrus Jönsson och Hagos Lundström med stöd av Anders Mörk, Torbjörn Brunberg och Lars Eliasson, Skogforsk.

Vi vill varmt tacka alla som bidragit till studiens genomförande!

Uppsala 2016-12-16

Rikard Jonsson, projektledare

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning.....	3
Introduktion.....	4
Syfte	6
Material och metoder.....	6
Studieupplägg	6
Datainsamling.....	7
Drivmedelsförbrukning	7
Modellering av tidsåtgång.....	8
Arbetsmomentstatistik.....	9
Kostnadsberäkningar	9
Resultat	10
Tidsåtgång.....	10
Jämförelse av moment	12
Kostnader.....	13
Kompletterande analyser	14
Drivmedelsförbrukning	14
Diskussion	15
Jämförelse av studiens resultat med uppgifter i befintlig litteratur.....	15
Styrkor och svagheter.....	17
Slutsatser	18
Referenser.....	19
Bilaga 1 Arbetsmomentindelning.....	21
Bilaga 2 Koefficienter i grundscenariet.....	23
Bilaga 3 Tidformler	25
Bilaga 4 Dieselförbrukning	27
Bilaga 5 Arbetszoner X19	29

Sammanfattning

Tvåmaskinsystemet (TMS), bestående av skördare och skotare, dominerar totalt på den nordiska marknaden för avverkningsmaskiner. Skördaren fäller, upparbetar och sorterar virket på marken, varifrån skotaren lastar det för transport till bilväg. TMS överlägsna marknadsposition har dock utmanats upprepade gånger av bl.a. drivaren. Drivaren är ett enmaskinsystem, där alla moment i drivningen utförs med en maskin och virket upparbetas direkt på en lastbärare. Detta kallas för direktlastning. Till skillnad från TMS ska inget virke hamna på marken förrän vid avlägget.

Vid direktlastning kan man spara mycket tid under fasen, då avverkning och lastning sker. Men direktlastningens nackdel är att den oftast medför inoptimal samlastning som försvårar en effektiv avlastning. Sammanfattningsvis är frågan: Kan drivarens snabbare avverkning och lastning, kompensera en långsam avlastning samt höga timkostnader? Hittills har drivaren inte lyckats med det, och TMS marknadsdominans har fortsatt.

Komatsu Forest AB introducerade drivarprototypen X19 under våren 2014. Nytt med X19 är snabbfäste som möjliggör en snabb växling mellan skördaraggregat och skotargrip, därmed slipper man att använda osmidiga kombinationsaggregat. Utöver det är X19 enbart avsedd för slutavverkning, vilket skiljer den från föregående drivarmodeller.

I denna studie modellerades tidsåtgång över stamvolym och terrängtransportavstånd för X19 samt dess referens TMS. Driftdata för båda systemen kom från samma två bestånd, ett klen och ett grovt bestånd. Tidsåtgång modellerades under lika förutsättningar för båda systemen.

Resultaten visade att båda systemen, X19 och TMS, påverkas påfallande likartat av stamvolym och terrängtransportavstånd. Dock uppvisar X19 en något högre känslighet för terrängtransportavstånd än TMS. I det klena beståndet med kort terrängtransportavstånd (100 meter), fanns tendens till högre prestation för X19 jämfört med TMS. I det grova beståndet med längre terrängtransportavstånd (400 meter) var förhållandet motsatt. Däremot medförde X19 inte någon sänkt drivningskostnad jämfört med TMS. Detta beror framför allt på X19:s relativt höga timkostnad.

Den höga timkostnaden gör att det inte räcker att X19 nådde en prestation i nivå med TMS – ekonomiskt lyckas den inte pressa TMS. Precis som förut är drivarens största enskilda svaghet lång avlastningstid, trots X19:s snabbfäste.

Introduktion

Tvåmaskinsystemet (TMS), med skördare och skotare, dominerar överlägset marknaden för drivning med kortvirkesmetoden (Malinen m.fl., 2016). Vid fällning och upparbetning av träden sorterar skördaren virket på marken, innan skotaren lastar det för transport till bilväg.

Ett ständigt arbete pågår för att utveckla än mer effektiva avverkningssystem. TMS marknadsposition utmanas då och då av alternativa system, först och främst av drivaren. Drivaren är ett enmaskinsystem (EMS) där alla moment i drivningen av rundved utförs med en maskin och virket upparbetas direkt på lastbäraren. Till skillnad från TMS läggs i normalfallet inget virke på marken förrän det lastas av vid avlägget.

Direktlastningens fördelar har teoretiskt analyserats och bedömts vara avsevärda (Lindroos, 2012; Ringdahl m.fl., 2012), men motsvarande analyser av direktlastningens nackdelar saknas, trots att sådana analyser skulle vara precis lika relevanta för systemanalys.

En principiell nackdel med direktlastning är att sortimenten lastas skogfallande med begränsade möjligheter att särhålla dem på lasset. Detta leder till inoptimal samlastning, där vanliga problem är att man får för många sortiment på ett lass och/eller sortimentskombinationer, som inte är lämpligt att skota tillsammans.

Inoptimal samlastning medför högre tidsåtgång för avlastning. Skotarföraren kan däremot välja vilka sortiment som samlastas och i vilken ordningsföljd. Sortiment som samlastas bör avlastas på näraliggande travar vid avlägg. Sammanfattningsvis kan man konstatera att medan direktlastning avskaffar ett arbetsmoment, så motverkar det också möjligheterna att taktisera kring lastning inför terrängtransporten.

Utöver drivare och TMS finns ett tredje alternativt system, kombimaskinen. Denna maskin kan snabbt och enkelt byggas om mellan skördar- och skotarförande. Kombimaskinen anses vara ett EMS även om dess arbetsmetodik i stort sett är identisk med TMS. Med en kombimaskin avverkas ett objekt på precis samma sätt som med en konventionell skördare. Därefter skotas virket med samma maskin ombyggd till skotare. Kombimaskinen är inte utvecklad för att medge direktlastning, men drivaren skulle taktiskt kunna välja att delvis arbeta på samma sätt som kombimaskin genom att direktlasta vissa sortiment och lägga ner andra på marken för senare lastning, dvs. blanda olika metoder.

En studie av Di Fulvio och Bergström (2013) visade att Ponsse Dual inte kan konkurrera ekonomiskt med TMS. Enligt Di Fulvio och Bergström (2013) presterar Dual-maskinen lika bra som TMS, vilket var förväntat eftersom kombimaskinens tekniska komponenter och arbetsmetod överensstämmer helt med TMS. Men Di Fulvio och Bergström (2013) poängterar att TMS kan prestera 20–30 procent sämre än Dual-systemet och ändå ha lägre drivningskostnader. Detta beror på att Dual-maskinens timkostnad är 14 procent högre än skördarens timkostnad och 34 procent högre än skotarens timkostnad. Sirén och Aaltio (2003) studerade drivaren Pika 828 och fann att den var ekonomiskt konkurrenskraftig i jämförelse med ett medelstort TMS, då medelstamvolymen översteg 0,075 m³fpb. Trots detta har kombimaskiner sålt bättre än drivare på

den svenska marknaden. Enbart kombimaskinen Ponsse Dual har således sålts i fler exemplar än alla drivare tillsammans (Niléhn, 2013).

Försäljningsframgångarna beror då sannolikt på andra än rent ekonomiska konkurrensfördelar för kombimaskinen. Det kan t.ex. röra sig om att investeringen uppfattas som mindre riskfylld, eftersom kombimaskinen körs som skördare eller skotare och passar in i det dominerande TMS-konceptet.

Talbot m.fl. (2003) simulerade G_{15} -tidsåtgång inklusive maskinflytt för TMS, Ponsse Dual och Valmet 801 Combi (Valmet 801 Combi är en drivare, trots namnet). Precis som i studien av Di Fulvio och Bergström (2013), presterade Ponsse Dual och TMS helt lika, över både medelstamvolym och terrängtransportavstånd. Valmet 801 Combi:s simulerade prestation, var systematiskt cirka 10 procent högre än dess ovannämnda referenssystems motsvarande värden, oavsett medelstamvolym och terrängtransportavstånd.

Trots delvis motstridiga resultat i befintlig litteratur är alla författare eniga om att studerade EMS är att betrakta som nischsystem. De är under vissa förutsättningar konkurrenskraftiga mot TMS och nischens storlek bestäms då av hur vanliga dessa förutsättningar är. Den bedömda marknadsandelen varierar dock beroende på källa. Enligt en simuleringsstudie av Väätäinen m.fl. (2007), är drivaren det lönsammaste drivningssystemet för 12–22 procent av antalet avverkningsobjekt i Finland. Men eftersom drivaren endast är konkurrenskraftig på små objekt, motsvarar denna marknadsandel enbart 1,9 – 7,5 procent av det totala volymsuttaget i Finland. Väätäinen m.fl. (2007) använde data från Ponsse Dual och Valmet 801 Combi (tilt- och roterbar lastbärare) i sin simuleringsstudie. Enligt Bergkvists (2010) teoretiska beräkningar är drivarens marknadspotential avsevärt större i Sverige än i Finland. Avverkningar där drivaren är konkurrenskraftig utgör 60–70 procent av det totala volymsuttaget i norra Sverige och 20–30 procent i södra Sverige. Detta motsvarar sammanlagt cirka 25 miljoner m^3 fub om året (Bergkvist, 2010).

Sammanfattningsvis kan konstateras att det är svårt att från befintlig litteratur dra några slutsatser kring drivarens marknadspotential. Resultaten är motstridande, men man kan konstatera att drivaren inte har lyckats erövra en permanent marknadsposition, trots att många studieresultat har varit mycket lovande.

Komatsu Forest AB bröt en flerårig tystnad i drivargenren och introducerade under våren 2014 en ny drivarprototyp vid namn X19. Baskonceptet är välbekant och motsvarar Komatsus föregående drivarmodell, Valmet 801 Combi. X19 är utrustad med en tilt- och roterbar lastbärare precis som sin företrädare. Men den har också utrustats med ett snabbfäste som möjliggör en smidig växling mellan skördaraggregat och skotargrip. Prestationen ökar då specialiserat skördaraggregat och skotargrip kan användas i stället för kombinationsaggregat, som är en ”kompromiss” jämfört med specialredskap (Jonsson m.fl., 2016a).

X19 är enbart avsedd för slutavverkning, vilket skiljer den från föregående drivarmodeller. X19:s lastkapacitet är 19 ton, dess chassi och drivlina är från skotaren Komatsu 895, medan övriga komponenter kommer från olika skördarmodeller eller är specialkomponerade (Bildström, 2014). Jonsson m.fl. (2016b) jämförde X19 med ett TMS avsett för slutavverkning, i grov skog och såg en potential till sänkta drivningskostnader vid korta transportavstånd, klen medelstam och få sortiment. Därför föreslog de en liknande studie, men i klena diameterregister.

Miljöpåverkan är viktig att belysa i systemanalyser. Utsläpp av ”fossil” koldioxid som följd av drivmedelsförbrukning, är en variabel som kopplar emot klimatpåverkan. Bergkvist (2007) fann att drivare i slutavverkning förbrukade 32 procent mindre diesel än TMS i slutavverkning. Jonsson m.fl. (2016a) fann att slutavverkning med drivare, Komatsu X19, förbrukade 24 procent mindre diesel än TMS enligt norm vid likvärdiga förutsättningar.

Detta är den tredje arbetsrapporten baserad på tidsstudier av Komatsu X19 jämfört med TMS.

SYFTE

Studiens syfte var att jämföra tidsåtgång och analysera drivningskostnader över stamvolym och terrängtransportavstånd för X19 och referenssystemet, TMS.

Material och metoder

STUDIEUPPLÄGG

TMS bestod av skördaren Komatsu 941 (härefter ”skördare”) och skotaren Komatsu 895 (härefter ”skotare”), vilka storleksmässigt är jämförbara med X19. De studerade maskinerna har beskrivits i Tabell 1.

Den ena föraren hade erfarenhet av skördare, skotare och även av drivaren Valmet 801 Combi. Utöver det hade han vid studietillfället varit provförare av X19 under cirka 1,5 år. Den andra föraren hade erfarenhet av att köra skördare och skotare. Han hade provkört X19 i knappt två månader före studien. Båda förarna körde samtliga tre maskiner i fältstudien. På så sätt utjämnades förarnas relativa inverkan på resultaten.

Studierna gjordes på slutavverkningsobjekt utanför Sollefteå. Datainsamling i det grova beståndet skedde under veckorna 43–44 under 2015, och i det klena beståndet under veckorna 10–12 under 2016. Ytstruktur och lutning för det grova beståndet var *Klass 2* och *1*, och för det klena *Klass 1* och *1*. Båda objekten – det grova beståndet med totalt 3,9 hektar (uppskattat värde) och det klena beståndet totalt 3,7 hektar – delades upp i två lika stora delar. Därmed fanns sammanlagt fyra försöksytor. I bägge objekten avverkades den ena försöksytan av X19 och den andra av TMS. Till studierna valdes objekt med homogen beståndsstruktur för att utjämna beständegenskapernas inverkan på resultaten. Antalet sortiment var i båda bestånden fem.

I det grova beståndet studerades 1 028 stammar för X19 och 1 090 för skördare, medan antalet studerade skotarlass var 18. I det klena beståndet var antal studerade stammar 2 458 för X19 och 2 129 för skördare, med 16 studerade skotarlass (antal i rådata). I det grova beståndet skedde avlastning dubbelsidigt och i det klena beståndet skedde avlastning enkelsidigt.

Förarna avverkade enkelsidigt och direktlastade samtliga sortiment enligt instruktion. Utöver det planerade och utförde de arbetet enligt egen bedömning.

Genomsnittligt antal sortiment per drivarlass var fyra i det grova beståndet och tre i det klena, medan motsvarande värden för skotarlass var tre och två.

Tabell 1.
Beskrivning av de studerade maskinerna.

Märke och modell	Komatsu X19	Komatsu 941	Komatsu 895
Tillverkningsår	2014	2012	2015
Aggregat/griparea	365/0,36	370	0,4
Motoreffekt, kW	193	210	193
Kranlängd, meter	9,7	10	10
Lastkapacitet, ton	19	–	20

DATAINSAMLING

Tidsstudien skedde manuellt, men avverkade volymer baserades på maskinmätning. Samtliga tre maskiner studerades på arbetsmomentnivå (Bilaga 1). Under tidsstudierna har endast ett arbetsmoment noterats åt gången. Om flera arbetsmoment pågått samtidigt har arbetsmomentet med högst prioritet valts. Kranarbete har prioriterats före körning av maskinen.

Att matcha varje manuellt tidstuderad stam med rätt stam i hpr-filen är svårt. Därför uppskattades i stället stamvolymen, baserat på regressionsfunktioner med brösthöjddiameter som oberoende variabel. Tidsstudiemannen registrerade brösthöjddiametererna från skördarens datorskärm för varje studerad stam under tidsstudien. Den registrerade brösthöjddiametererna användes som oberoende variabel i volymfunktioner som konstruerades per försöksyta. Data för regressionsanalys hämtades från hpr-filen.

Lassvolymer för skotare uppskattades okulärt, medan de hämtades från hpr-filer för X19.

DRIVMEDELSFÖRBRUKNING

Under studien gjordes mätning vid sju tankningar av X19. Skördare och skotare mättes vid två tankningar vardera. Mätningarna motsvarade all studerad volym för båda systemen.

Mätningarna utfördes genom toppfyllning av dieseltank med dieselpump vid servicevagnen. Mätningar gjordes direkt före och efter aktuell studiedag. Vid toppfyllning parkerades studiemaskinen på en uppmärkt plats för att få likvärdig lutning på maskinens dieseltank och motsvarande fyllnadsgrad vid både tankning före och efter studiedagen. Servicevagnens dieselpump kalibrerades

inte, men eventuell felmätning i pumpen bedöms påverka X19 och TMS likvärdigt. Studerad förbrukning jämfördes med beräknad dieselförbrukning för skördare och skotare enligt norm (Brunberg, 2013). Dieselförbrukning beräknades per avverkad och uttransporterad volym och jämfördes med prognosticerad dieselförbrukning enligt norm. Uppmätt, *verkelig* dieselförbrukning har inte använts i kostnadskalkylen, men har analyserats och presenteras som enskilt resultat.

MODELLERING AV TIDSÅTGÅNG

Tidsåtgång för skördare och X19:s terminalarbete baserades på en linjär regressionsanalys där beroende variabel var tid/volym och oberoende variabel var stamvolym (Enterprise guide 6.1, SAS Institute Inc., 2013). Vid modellering av tidsåtgång var observationsenheten för skördare en stam och för X19 ett lass. X19:s terminalarbete inkluderar allt arbete utom körning utan och med lass (Bilaga 1).

Tidsåtgång för arbetsmomenten körning utan och med lass, både för X19 och skotare uppskattades, baserat på uppmätta hastigheter vid körning *utan* och *med lass* enligt principen nedan:

$$\text{Tid för körning utan lass} = 1,2 \times \text{avstånd} / \text{körhastighet utan lass} \quad (1)$$

$$\text{Tid för körning med lass} = 0,8 \times \text{avstånd} / \text{körhastighet med lass} \quad (2)$$

Med avstånd avses enkelt terrängtransportavstånd, i både *Ekvation 1* och *2*. I denna studie, precis som i en uppföljningsstudie av Manner m.fl. (2016), har enkelt terrängtransportavstånd (härefter terrängtransportavstånd) definierats som medelvärdet av körsträckor utan och med lass. Enligt Manner m.fl. (2016) är körsträckan utan lass i genomsnitt cirka 50 procent längre än körsträcka med lass. Därför har terrängtransportavstånd multiplicerats med koefficienterna 1,2 och 0,8 (*Ekvationer 1* och *2*). I dessa analyser var observationsenheten ett lass.

Skotarens terminaltid har beräknats utifrån tidformler, tillsammans med aritmetiskt medelvärde för respektive försöksyta. Enligt Brunberg (2004) ökar skotarens prestation vid ökande medelstamvolym (se diskussionsavsnittet om skotningsprestationens beroende av medelstamvolym). Medelstamvolym för skotning registrerades dock inte under datainsamlingen. Däremot korrigerades modellerad tidsåtgång i skotning, d.v.s. basmodellvärden, efteråt baserat på Brunberg (2004). För att undvika systematisk (ensidig) under- eller överskattning av prestationen multiplicerades korrigerade basmodellvärden med koefficient q som definierades enligt:

$$\sum_{i=1}^n y_i = q \sum_{i=1}^n \hat{y}_i \quad (3)$$

Där $\sum_{i=1}^n y_i$ är en summa av basmodellvärden ($y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n$), d.v.s. okorrigerade värden; och $\sum_{i=1}^n \hat{y}_i$ är en summa av korrigerade basmodellvärden ($\hat{y}_1 + \hat{y}_2 + \hat{y}_3 + \dots + \hat{y}_n$). Därmed, som framgår i *Ekvation 3*, har skotarens medelprestation inte förändrats trots att enskilda värden har korrigerats enligt Brunberg (2004).

ARBETSMOMENTSTATISTIK

Utöver modellerad tidsåtgång redovisas också enkla medeltal för respektive system, baserat på sammanslagna data från både det grova och det klena beståndet. I dessa analyser var observationsenheten en stam, för både skördare och X19:s avverknings- och lastningsarbete. Då det inte fanns något tydligt samband mellan tidsåtgång för avverknings- eller direktlastningsarbetsmoment och stamvolym, redovisas aritmetiska medelvärden och tidsåtgång minuter/m³fub), baserat på studiernas generella medelstamvolym (0,214 m³fub).

Då en tydlig korrelation fanns, baserades arbetsmomentvis tidsåtgång på en linjär regressionsanalys. Därefter beräknades tidsåtgång enligt given medelstamvolym (0,214 m³fub).

För skotare i sin helhet och för X19:s moment avlastning är observationsenheten ett lass. Transportavståndet, både för X19 och för skotare, normerades till 300 meter och tiden beräknades med hjälp av *Ekvation 1* och *2*.

KOSTNADSBERÄKNINGAR

Kostnader har beräknats med det Excel-baserade kalkylverktyget SkogforskFLIS (von Hofsten m.fl., 2005) anpassat för studiens analyser. SkogforskFLIS är framtaget för att beräkna och analysera systemkostnader i drivning och transport till industri. Endast delen för beräkning av systemkostnader i drivning har använts i denna studie.

Anpassningarna av SkogforskFLIS bestod av:

- 1. Resursbalansering:** Skördaren och skotaren har inte samma prestation, vilket gör det nödvändigt att balansera tidsinsatsen för de båda maskinerna. I kalkylen har denna balansering skett genom att tidsinsatsen för den *sämst* presterande maskinen ökats så att producerad årsvolym blivit likvärdig som den *bäst* presterande maskinen. Detta innebär för den *sämst* presterande maskinen att utnyttjade timmar ökar, obekvämt arbetstid ökar och övertidstimmarna ökar.
- 2. Maskinlivslängd:** Beräkningen är gjord utifrån antal G₁₅-timmar. Därigenom beaktas att maskinvärdet påverkas av hur många timmar per år som varje maskin nyttjas. Livslängden i antal timmar har sedan räknats om till antal år vid beräkning av avskrivningskostnader.

För att få en generellt mer realistisk kostnadsandel för flytt vid objektsbyte har de observerade prestationerna korrigerats m.h.a. en korrigeringsfaktor, $k_{\text{prestation}}$, till en "normalprestation" för skördare och skotare 2013 (Brunberg, 2014).

$$k_{\text{prestation}} = \text{normalprestation} / \text{studieprestation} \quad (4)$$

Normalprestation = normalprestation för skördare eller skotare i norra Sverige (Brunberg, 2014).

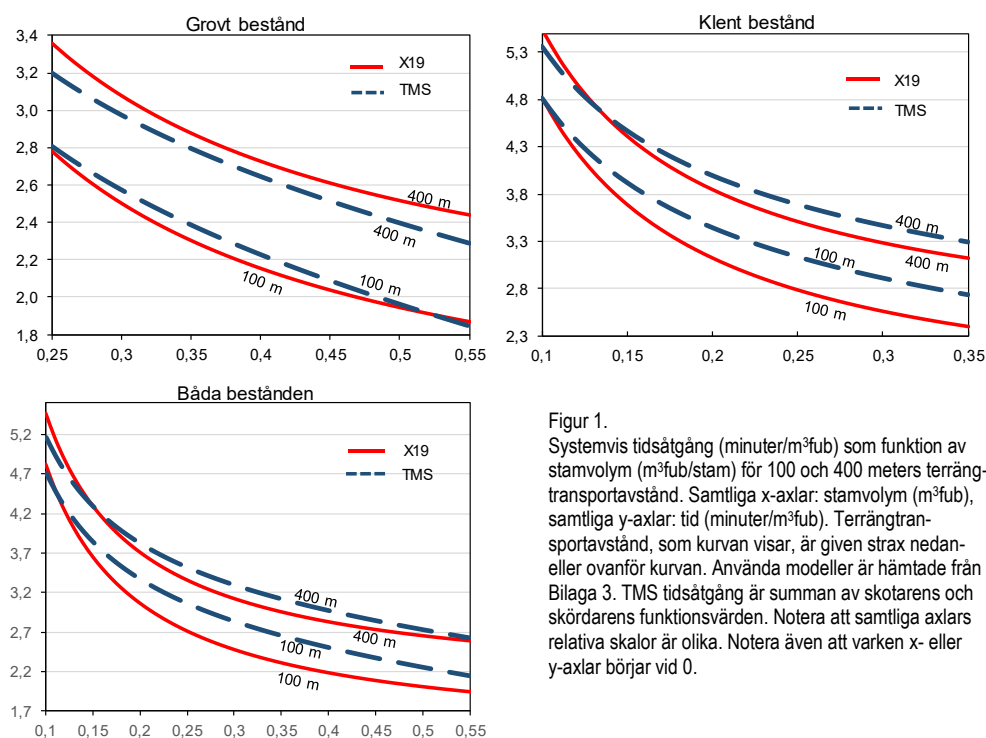
Studieprestation = prestation enligt analys av studiematerial, ekvation inställd med genomsnittliga förutsättningar från norm (Brunberg, 2014).

Denna justering har endast gjorts vid beräkning av maskintidkostnad och den sämst presterande maskinens nivå har valts som korrigeringsnivå för samtliga maskiner. Kalkylen baserades på värden enligt grundscenariet samt medelvärden för skogliga företag i Sverige, antagna av Drivargruppen (Bilaga 2). Vid beräkning av drivningskostnad, kr/m³fub, har maskintidkostnaden, kronor per G₁₅-timme dividerats med prestationen, m³fub/G₁₅-timme. Här har inte prestationen per timme korrigerats till normalprestation. Presenterade kostnadsresultat baseras på grundscenariet om annat ej anges (Bilaga 2). Avsikten har varit att grundscenariet skall spegla genomsnittliga värden för skogsavverkningar i norra Sverige.

Resultat

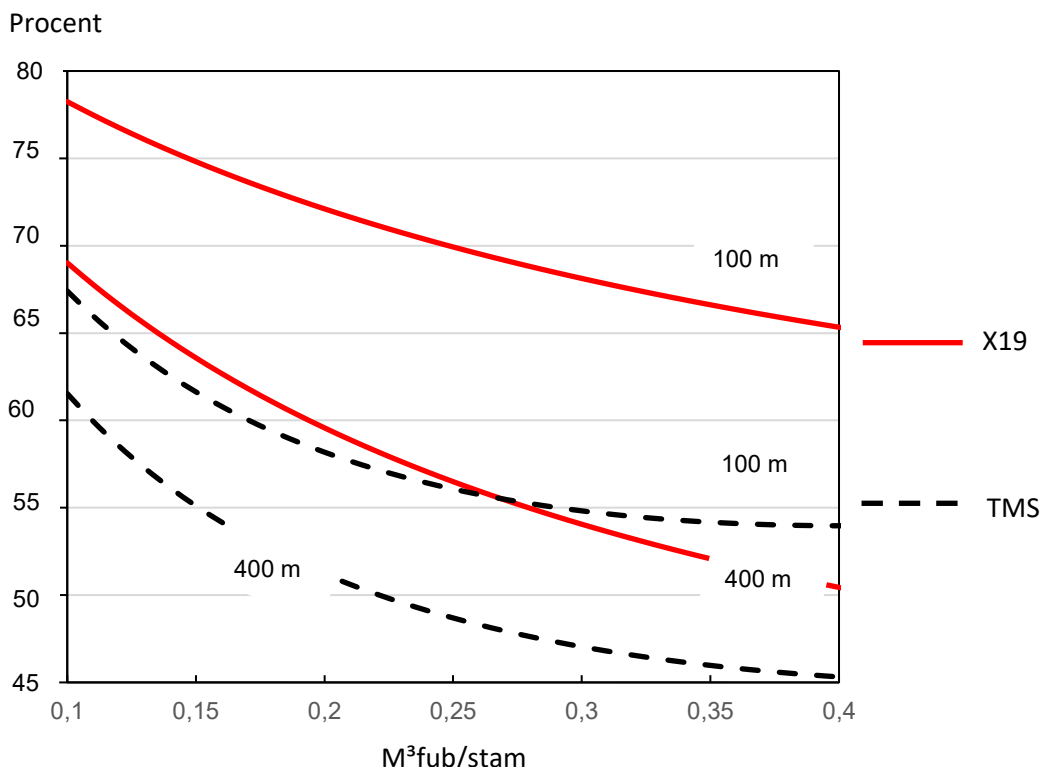
TIDSÅTGÅNG

Konstruerade tidformler redovisas i Bilaga 3. Båda systemen, X19 och TMS, påverkas på ett likartat sätt av stamvolym och terrängtransportavstånd (Figur 1). Som förväntat minskar tidsåtgång per kubikmeter med ökande stamvolym, och ökar med ökande terrängtransportavstånd. Tendensen är dock att X19 är känsligare för terrängtransportavstånd än TMS.



Figur 1. Systemvis tidsåtgång (minuter/m³fub) som funktion av stamvolym (m³fub/stam) för 100 och 400 meters terrängtransportavstånd. Samtliga x-axlar: stamvolym (m³fub), samtliga y-axlar: tid (minuter/m³fub). Terrängtransportavstånd, som kurvan visar, är given strax nedan eller ovanför kurvan. Använda modeller är hämtade från Bilaga 3. TMS tidsåtgång är summan av skotarens och skördarens funktionsvärden. Notera att samtliga axlars relativa skalor är olika. Notera även att varken x- eller y-axlar börjar vid 0.

Däremot varierar utformning av prestationskurvor mellan bestånden. I det grova beståndet är sambandet nästan linjärt genom hela registret, från 0,25 till 0,55 m³fub, framförallt för TMS medan X19:s kurvor böjs något mer. I det klena beståndet minskar tidsåtgången snabbt till en början, men börjar plana ut redan vid cirka 0,2 m³fub. Utformningen av prestationskurvor i det klena och grova beståndet är lika. Detta beror på att antal studerade stammar i det klena beståndet var mer än dubbelt så stort som i det grova beståndet (se kapitlet Material och metoder). Sammantaget är klena stockar relativt överrepresenterade i den hopslagna datainsamlingen, och det klena beståndet har större vikt i resultaten.



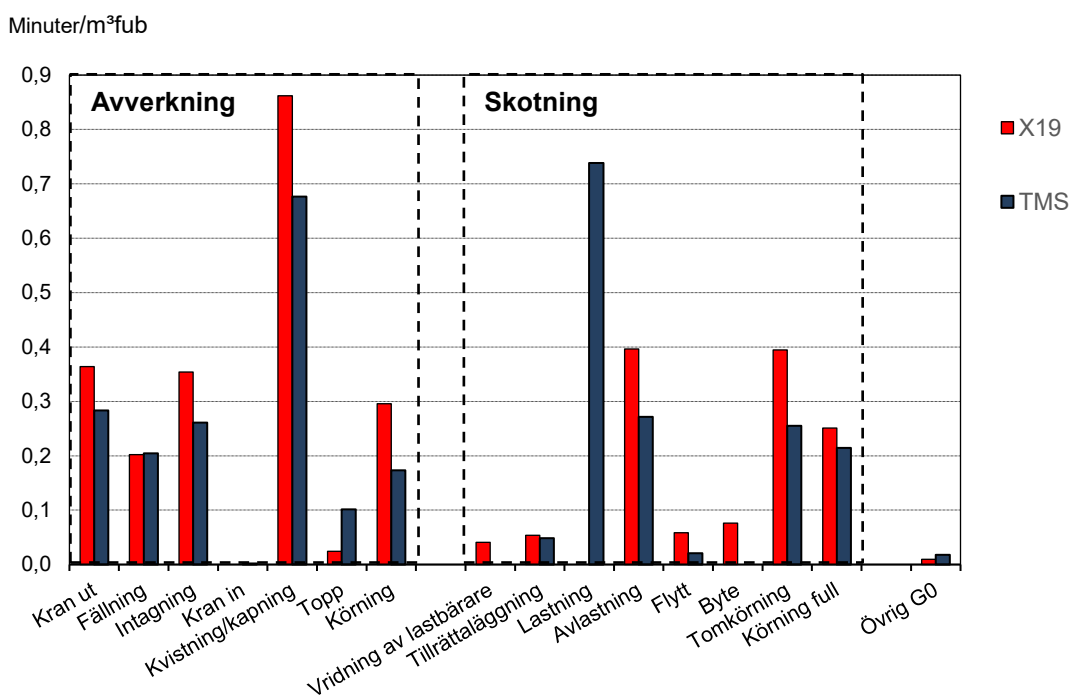
Figur 2.

X19: avverkningsarbetets andel (procent) av X19:s totala tidsåtgång på y-axeln, som funktion av stamvolym på x-axeln (m³fub/stam) för 100 och 400 meters terrängtransportavstånd. TMS: skördarens andel (procent) av TMS totala tidsåtgång på y-axeln, som funktion av stamvolym på x-axeln (m³fub/stam) för 100 och 400 meters terrängtransportavstånd. För båda systemen, terrängtransportavstånd, som kurvan visar, är given strax nedanför kurvan. Data från de båda bestånden hopslagna. Använda modeller är hämtade från Bilaga 3. TMS tidsåtgång är summa av skotarens och skördarens funktionsvärden. Notera även att varken x- eller y-axel börjar vid 0.

JÄMFÖRELSE AV MOMENT

Skördarens totala tidsåtgång (minuter per m³fub) och X19:s terminaltid (minuter per m³fub) korrelerade starkt med stamvolym (0,93 ≤justerad R² ≤0,97, *Ekvation 11* och *13* i Bilaga 3). Däremot är sambandet tidsåtgång-stamvolym inte lika tydligt på nivån arbetsmoment (Figur 3, fullständiga analyser ej redovisade). Det enda arbetsmoment som tydligt påverkades av stamvolymen var kvistning-kapning (0,57 ≤justerad R² ≤0,66, sammanslagna data 3 452 ≤ n ≤2 982). För övriga arbetsmoment var korrelation mellan tidsåtgång och stamvolym försumbar. Den starkaste korrelationen, som ändå är praktiskt taget försumbar, fanns mellan X19:s arbetsmoment fällning och stamvolym (justerad R²=0,13, n=3 452). Mestadels var korrelationer dock nära noll.

Jämfört med TMS förlorade X19 tid på alla arbetsmoment utom topp (tid från toppkap tills toppen släpps). Direktlastningens ”bortrationalisering” av arbetsmomentet lastning räckte inte till att kompensera för den förlorade tiden.



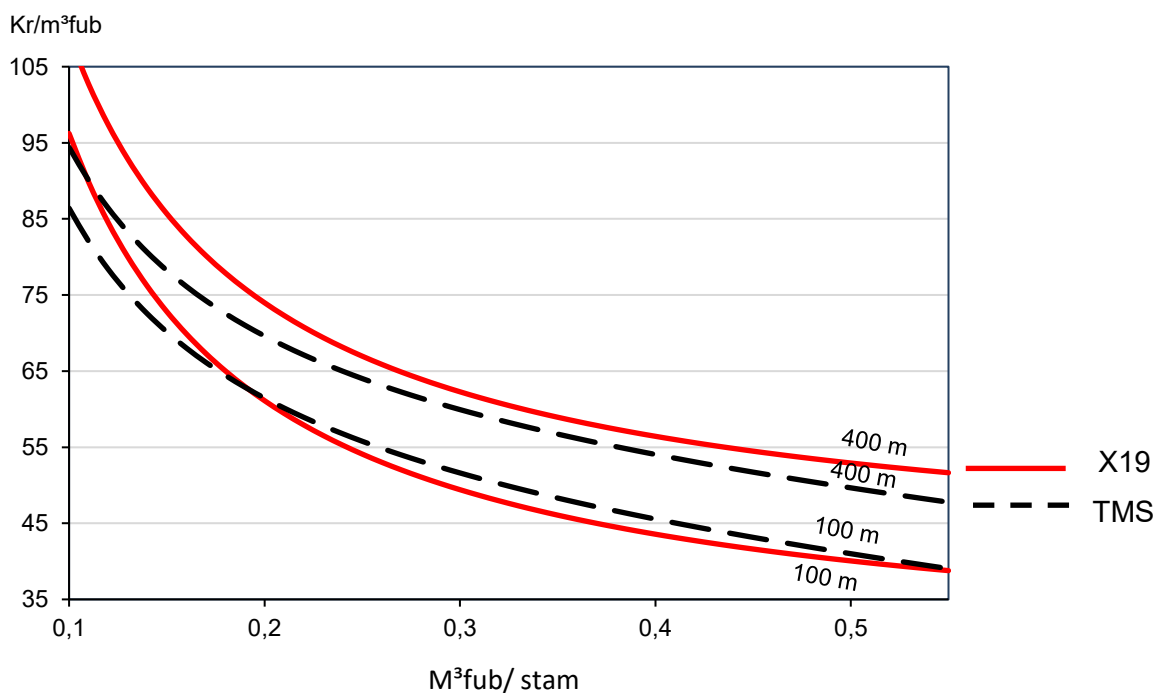
Figur 3.

Normerad arbetsmomentvis tidsåtgång (minuter/m³fub), hopslagna data (se Bilaga 1). Tidsåtgång för kvistning/kapning är ett funktionsvärde. Övriga värden utom transport är medelvärden. Transporttid är baserad på funktionerna 1 och 2, 300 meter har använts som terrängtransportavstånd. Övrigt är tidsåtgång normerad efter studiernas generella stamvolym (0,214 m³fub/stam). Lastning består av skotarens arbetsmoment: kran ut, gripa, kran in, körning under lastning, sammanföring och jämndragning. Byte består av: av grip, på aggregat, av aggregat och på grip.

KOSTNADER

Studiens förare har i genomsnitt presterat cirka 70 procent över norm i avverkningsarbetet och 35 procent över norm i skotningsarbetet (Brunberg, 2014). Med ökad prestationsnivå kommer antalet flyttar och därmed andelen flyttid att bli högre än för normalpresterande förare. Korrigering gjordes med faktorn 0,76 vid beräkning av kostnaderna. Enligt von Hofsten m.fl. (2005) kalkylverktyg med studiens kostnadsantaganden, kostar X19 1 196 kronor per timme, skördare (Komatsu 941) 1 117 kronor per timme och skotare (Komatsu 895) 1 068 kronor per timme.

Utformningen av X19:s tidsåtgångs- och kostnadskurvor är identiska (jämför Figur 1, båda bestånden och Figur 4). Detta beror på att X19:s timkostnad är konstant, trots att dess andel avverknings-lastningstid av total tidsåtgång minskar med ökande stamvolym (Figur 2, X19). Alltså, X19:s timkostnad har antagits vara konstant oavsett om den avverkar, lastar eller skotar. Däremot kan man se viss asymmetri för TMS i utformning av tidsåtgångs- och kostnadskurvor (jämför Figur 1, båda bestånden och Figur 4). Detta beror på att skördaren, som har högre timkostnad än skotaren, får en lägre andel av total tidsåtgång med ökande stamvolym (Figur 2, TMS). Sammanfattningsvis kan konstateras att tidsåtgång i stort sett är omvandlingsbar till kostnader för drivarens del, men för TMS är motsvarande omvandling mer komplex.



Figur 4.

Systemvis drivningskostnad ($\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$) som funktion av stamvolym (m^3fub) för 100 och 400 meters terrängtransportavstånd. X-axel: stamvolym ($\text{m}^3\text{fub}/\text{stam}$), y-axel: kostnad ($\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$). Terrängtransportavstånd, som kurvan visar, är given strax nedanför eller ovanför kurvan. Funktionsvärden, från figur 1: båda bestånden, har multiplicerats med maskinvis timkostnad ($\text{kr}/\text{G}_{15}\text{-h}$). Timkostnad har beräknats med kalkylverktyget SkogforskFLIS (von Hofsten m.fl., 2005). Notera att varken x- eller y-axeln börjar vid 0.

KOMPLETTERANDE ANALYSER

Enligt grundscenariet beräknas drivningskostnaden vara 1,7 procent högre för X19 än för TMS. Resultaten bygger främst på systemens känslighet för nyckelvariabler som stamvolym och terrängtransportavstånd. Det finns fler variabler som inverkar på tidsåtgång och kostnader. Bland dessa har effekten av ränta och X19:s restvärde analyserats. Det finns även variabler med inverkan på resultaten vars nivåer är okända eller svåra att skatta. Känsligheten har analyserats för X19:s restvärde, TU, investeringskostnad och prestationsnivå. Skillnaderna mellan X19 och TMS är beräknade i kronor per m³fub (Tabell 2).

Tabell 2.
Kompletterande analyser.

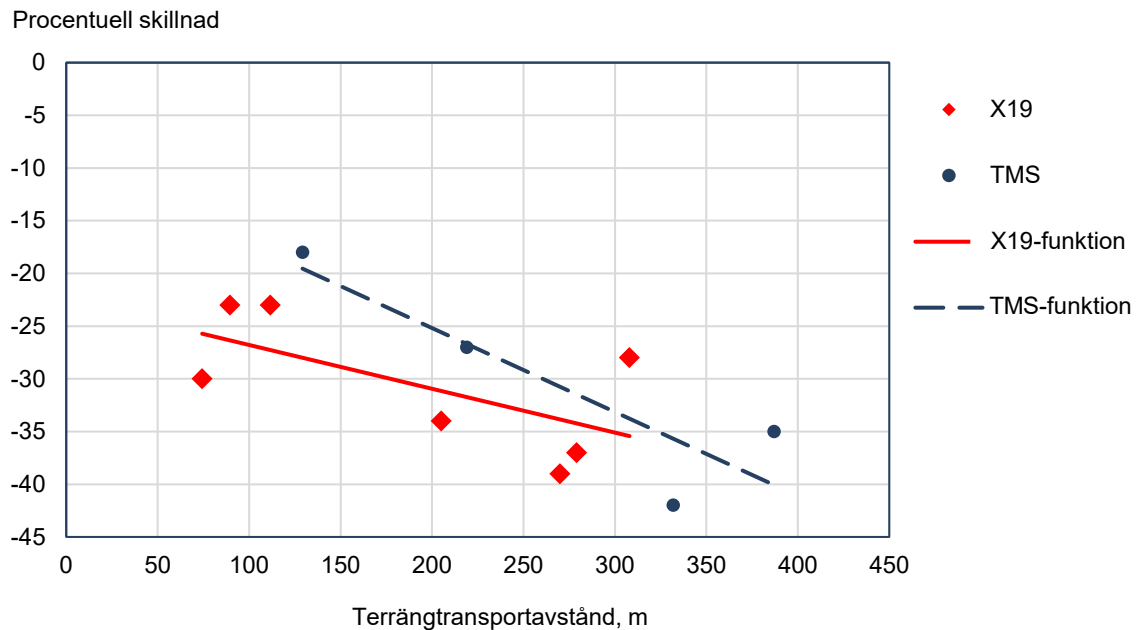
Variabel, testat värde	Värde enligt grundscenariot	Testat värde	Kostnadsbesparing gentemot TMS, procent	Skillnad gentemot grundscenariot, procent
Grundscenariot	–	–	–1,7	–
Höjd ränta, procent	2,5	5	–2,9	–1,3
Ökad traktstorlek, m ³ fub/trakt	1 000	1 500	–3,9	–2,2
Minskad traktstorlek, m ³ fub/trakt	1 000	500	4,1	5,7
Minskad investeringskostnad, X19	6 000 000	5 500 000	0,8	2,5
Sänkt restvärde X19, procent	22	12	–4,9	–3,2
Minskad TU, procent	87	84	–2,9	–1,3
Höjd prestationsnivå X19, procent	100	104	2	3,7

Skillnaden påverkas starkt av traktstorleken, där en kraftig minskning har stor effekt till fördel för X19. Prestation och kostnader är starkt korrelerade. Således ökar skillnaden mellan systemen till X19:s fördel då X19:s prestation ökar och TMS är orörda. Skillnaden mellan systemen är dock inte identisk med X19:s prestationsökning, då fler faktorer som exempelvis flyttar inverkar. Skillnaden påverkas tydligt av X19:s restvärde, då samtidigt restvärdet för skördare och skotare hålls fast. Skillnaden påverkas däremot svagt av minskad TU för X19 samt höjd ränta för X19 och TMS.

DRIVMEDELSFÖRBRUKNING

Både X19 och TMS drog i genomsnitt cirka 30 procent mindre diesel (liter per m³fub) än normvärden för skördare och skotare. Den lägre drivmedelsförbrukningen förklaras huvudsakligen av den höga prestationsnivån för de två studerade förarna.

Inga säkra skillnader har i denna studie kunnat konstateras i drivmedelsåtgång mellan de båda studerade systemen (Figur 5, Bilaga 4).



Figur 5. Procentuell jämförelse av i studien observerad bränsleförbrukning och norm för skördare och skotare. Negativt värde på y-axeln innebär att systemet har förbrukat mindre än norm. Bränsleförbrukningen är beräknad i liter/m³fub. På x-axeln anges terrängtransportavstånd.

Diskussion

JÄMFÖRELSE AV STUDIENS RESULTAT MED UPPGIFTER I BEFINTLIG LITTERATUR

Jylhä m.fl. (2006) har gjort en omfattande litteraturstudie om EMS. Studien omfattar både institutionsrapporter och vetenskapliga artiklar och anger att drivare kan vara konkurrenskraftiga vid kort terrängtransportavstånd och vid klen medelstamvolym. Detta stämmer med observationerna i denna studie där X19:s relativa konkurrensförmåga var högre i det klena beståndet än i det grova. X19 var även känsligare för ökat terrängtransportavstånd.

I Jylhäs m.fl. (2006) studie var tidsåtgången för de drivare som var utrustade med en tilt- och roterbar lastbärare i genomsnitt 4,3 G₀-minuter per m³fpb i slutavverkning (medelstamvolym 0,219 m³fpb). I jämförelse var X19:s prestation i dessa studier cirka 25 procent högre. Detta kan stämma med ett grundantagande att teknik utvecklas över tiden (Nordfjell m.fl., 2010), men kan också spegla de valda försöksförarnas relativa prestationsnivå. Generellt måste sådana värden jämföras med reservation för att förutsättningarna varierar mellan studierna.

I denna studie analyserades X19 och TMS endast baserat på medelstamvolym och terrängtransportavstånd. Men fler faktorer påverkar drivningssystemens prestation samt ekonomiska konkurrenskraft. Jylhä m.fl. (2006) framhåller bl.a. följande:

- 1) EMS innebär mer komplicerade maskiner. Därmed kan lägre utnyttjandegrad förväntas.
- 2) Vid direktlastning finns ingen risk att glömma virke på hygget, t.ex. på grund av snöfall.
- 3) Taktningsproblemet upphör vid övergång till EMS.
- 4) Drivarens prestation sänks mer än TMS vid ökat antal sortiment.
- 5) EMS konkurrenskraft ökar när objekten är små samt utspridda på ett stort område – tack vare lägre flyttkostnader med bara en maskin.

Punkt 3, 4 och 5 kan anses vara kontrollerade. Den tredje och femte punkten har kontrollerats via von Hofstens m.fl. (2005) kalkylverktyg och kostnadsantaganden (se sidan 9, Material och metoder). Taktningen har kontrollerats med ökade timkostnader för den sämst presterande maskinen i TMS, men det krävs mer forskning för att utreda taktningkostnaden. Den fjärde punkten har kontrollerats genom att lägga upp studien med samma förutsättningar för båda systemen.

Dieselförbrukningen var cirka 30 procent lägre för både X19 och TMS, jämfört med norm för skördare och skotare. I en studie av Bergkvist (2007) presterade drivaren avsevärt bättre än TMS, vilket även ledde till cirka 30 procent lägre bränsleförbrukning i liter per m³fub hos drivare.

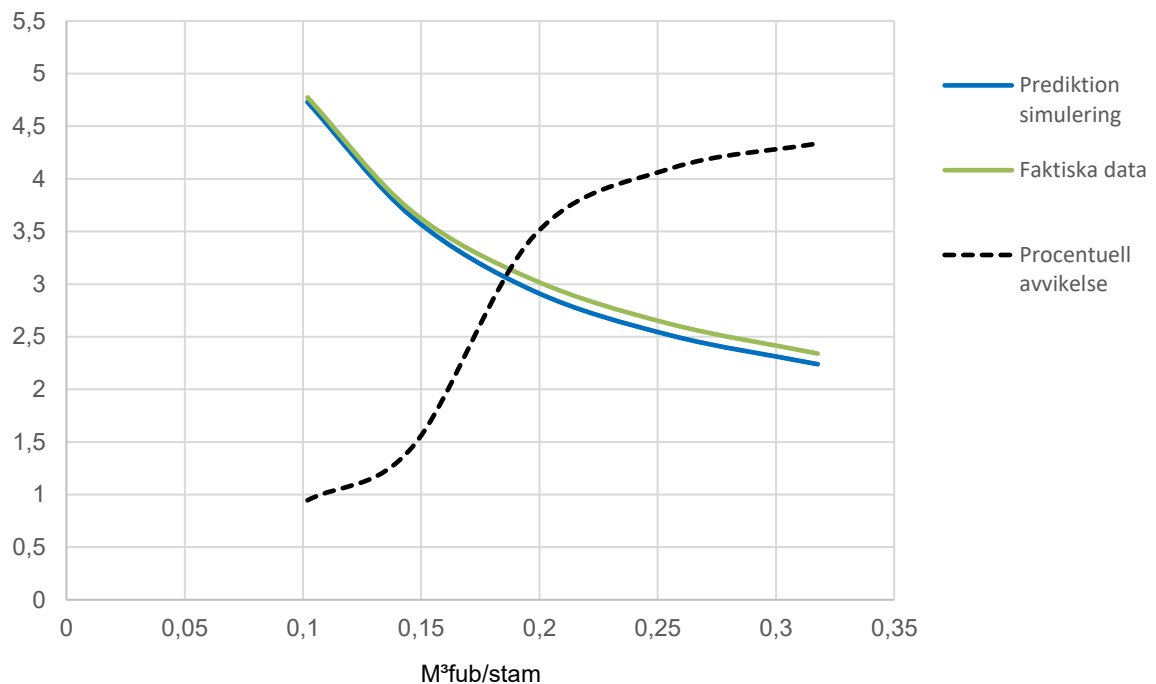
Tidigare studier visade aningen starkare potential för X19 att ekonomiskt konkurrera med TMS (Jonsson m.fl., 2016a, b). Då X19 har utvecklats under kortare tid än TMS, kvarstår sannolikt en betydande teknik- och metodutveckling och drivarsystemets inrutade arbete indikerar en potential för automation. Samtidigt finns det potential till utveckling i TMS, vilket ökar kraven på X19.

Studiens största osäkerhetsfaktor är timkostnaden för X19. En korrekt bedömd timkostnad är givetvis lika avgörande vid beräkningen av drivningskostnad som bestämningen av prestationsnivå. Vid grundscenariet noteras ingen kostnadsskillnad mellan systemen. Dessutom förblir systemskillnaderna inom ± 5 procent för samtliga testade variabler. Detta signalerar att systemjämförelsen är att betrakta som solid, och samtidigt att stora förändringar behövs för att generera konkurrenskraft för drivarkonceptet.

Jämförelse med simuleringar

Jonsson m.fl. (2016b) studerade X19 och TMS i skog med en medelstamvolym på drygt 0,3 m³fub. Sannolika prestationsnivåer för X19 undersöktes genom simulering i registret 0,1 – 0,3 m³fub i medelstamvolym. Simuleringsmodellen beskrivs utförligt i Jonsson m.fl. (2016b). Jämförelse mellan simuleringen i Jonsson m.fl. (2016b) och denna studies prestation i klen skog (Figur 6), visar att simuleringen gett en mycket god prediktion. Skillnaden mellan tidstudie-resultat och simulering varierar från 1 till drygt 4 procent. Därmed är simuleringsresultaten helt tillräckliga för att ge en god uppfattning av X19:s prestation i klena bestånd.

Procentuell skillnad och G₀-minuter



Figur 6. Jämförelse av simuleringsresultat och prestationsfunktion baserade på faktiska tidsstudier, samt den procentuella avvikelsen mellan dessa som visas på y-axeln. Stamvolym visas på x-axeln.

STYRKOR OCH SVAGHETER

Studien omfattar prestation, drivmedelsförbrukning och drivningskostnader. Andra viktiga aspekter, som möjligheten till arbetsväxling, vibrationsnivåer, taktning, markskador har inte studerats.

De studerade maskinerna var storleksmässigt och tekniskt likartade. Att de producerats av samma tillverkare gjorde att en stor del av komponenterna var identiska eller mycket lika. De två försöksförarna körde samtliga tre maskiner. Därmed har inte något system gynnats av bättre förutsättningar. Datainsamlingen var relativt omfattande och har utförts med hög upplösning och noggrannhet.

Konstruerade modeller möjliggör framför allt systemvis analys av stamvolymens och terrängtransportavståndets inverkan på prestation. Modeller skall enbart användas för systemjämförelser med reservation. Att drivare och TMS har olika observationsenhet gör systemjämförelser svåra, exempelvis blir inte variansanalyser aktuella. Viss motstridighet även i befintlig litteratur kan bero på just denna problematik – d.v.s. saknande av gemensam observationsenhet.

Att prestationen för avverkning ökar med ökande medelstamvolym är intuitivt. Däremot har medelstamvolymen i sig inte samma direkta inverkan på skotarpredation (Gullberg, 1997). Skotarens lastningstid, beror t.ex. på sambandet mellan griparea och virkeshögarnas dimensioner, samt på antal lastade sortiment (Gullberg, 1997; Manner m.fl., 2013). Brunberg (2004) tar inte ställning till medelstamvolymens direkta prestationsinverkan men att timmerandel samvarierar med medelstamvolym och prestation. Skotning av timmer går fortare än skotning av massaved och därmed ökar prestationen med ökande medelstamvolym. Utöver det, kan medelstamvolymen antas samvariera med flera andra faktorer också, såsom antal sortiment som generellt ökar med ökande medelstamvolym. Så, förmodligen, finns det inte ens något direkt samband mellan medelstamvolym och skotarens prestation. Däremot, enligt Brunberg (2004), är medelstamvolym en lämplig variabel för generell beskrivning av beståndsstruktur. Medelstammens inverkan på skotningsprestationen beror alltså på faktorer som i normalfallet samvarierar med medelstamvolymen, inte på medelstamvolymen i sig.

Sammanfattningsvis har denna studie trots diskuterade svagheter även betydande styrkor. Jämförda system studerades under lika förutsättningar, regressionsanalyser genererade exceptionellt höga förklaringsgrader och transportarbetet normerades baserat på vetenskaplig litteratur. Detta utgör en robust grund för slutsatserna i nästa avsnitt.

SLUTSATSER

Prestationsnivån för X19 och TMS var likartad. Kort terrängtransportavstånd sänkte X19:s kostnadsnivå något mer än TMS. Stamvolymen påverkade systemen likvärdigt. Under vissa förutsättningar presterade X19 bättre än TMS, men det räckte inte för att visa på kostnadsskillnad pga. X19:s högre timkostnad.

En hög timkostnad kan kompenseras med höjd prestation, men i dagsläget finns det inte någon offentligt dokumenterad teknisk lösning som påtagligt skulle kunna lyfta upp drivarens (eller X19:s) prestation, utan att också ge möjliga prestationshöjningar för TMS.

X19 uppvisar bättre prestation än tidigare drivare. En i huvudsak lyckad konstruktion och snabbfästet som möjliggör utnyttjande av specialredskap i stället för kombiaggregat är viktiga förklaringar. Men höga timkostnader och en mindre effektiv skotningsfunktion, särskilt under avlastning, gör att X19 i studerad utformning inte har ekonomisk konkurrensfördel mot TMS.

Referenser

- Bergkvist, I. 2007. Drivare i slutavverkning – direktlastning och låg bränsleförbrukning är starka kort. Resultat Nr. 15. Skogforsk.
- Bergkvist, I. 2010. Drivare i svenskt skogsbruk. Redogörelse Nr. 1. Skogforsk.
- Bildström, M. 2014. Stordrivare testas i Norsjöskogarna. Tidningen Skogen 9.
<http://www.skogen.se/nyheter/stordrivare-testas-i-norsjoeskogarna>
(Hämtad 2016-02-25)
- Brunberg, T. 2004. Underlag till produktionsnormer för skotare. Redogörelse nr. 3. Skogforsk.
- Brunberg, T. 2013. Bränsleförbrukningen hos skogsmaskiner 2012. Arbetsrapport nr. 789. Skogforsk.
- Brunberg, T. 2014. Skogsbrukets produktivitet 2008–2013. Nyhetsartikel nr. 50. Skogforsk.
- Di Fulvio, F. & Bergström, D. 2013 Analyses of a single-machine system for harvesting pulpwood and/or energy-wood in early thinnings, *International Journal of Forest Engineering* 24:2–15.
- Hofsten, von H., Lundström, H., Nordén, B. & Thor, M. 2005. System för uttag av skogsbränsle. Arbetsrapport nr. 597. Skogforsk.
- Jylhä, P., Väätäinen, K., Rieppo, K. & Asikainen, A. 2006. Aines- ja energiapuun hakkuu ja lähikuljetus korjureilla. Kirjallisuuskatsaus. Metlan työraportteja 34. Naturresursinstitutet.
- Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016a. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 med snabbfäste. Arbetsrapport nr. 911. Skogforsk.
- Jonsson, R., Björheden, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Manner, J. 2016b. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning. Arbetsrapport nr. 912. Skogforsk.
- Lindroos, O. 2012. Evaluation of technical and organizational approaches for directly loading logs in mechanized cut-to-length harvesting. *Forest Science* 58:326-341.
- Niléhn, A. 2009. Perfekt skördare för lövskog. Aug 01, 2009. Skogsmaskinstester.
<http://www.lantbruksnytt.com/perfekt-skordare-for-lovskog/> (Hämtad 2016-08-25)
- Nordfjell, T., Björheden, R., Thor, M. & Wästerlund, I. 2010. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. *Scandinavian journal of forest research* 25:382–389.
- Malinen, J., Laitila, J., Väätäinen, K. & Viitamäki, K. 2016. Variation in age, annual usage and resale price of cut-to-length machinery in different regions of Europe. *International Journal of Forest Engineering* 27:95–102.
- Manner, J., Nordfjell, T. & Lindroos, O. 2013. Effects of the number of assortments and log con-centration on time consumption for forwarding. *Silva Fennica* vol. 47 no. 4 article id 1030. 19 p.
- Manner, J., Palmroth, L., Nordfjell, T. & Lindroos, O. 2016. Load level forwarding work element analysis based on automatic follow-up data. *Silva Fennica* vol. 50 no. 3 article id 1546. 19 p.

- Ringdahl, O., Hellström, T. & Lindroos, O. 2012. Potentials of possible machine systems for directly loading logs in cut-to-length harvesting. *Canadian Journal of Forest Research* 42: 970–985.
- Sirén, M. & Aaltio, H. 2003. Productivity and Costs of Thinning Harvesters and Harvester-Forwarders. *International Journal of Forest Engineering* 14:39–48.
- Talbot, B., Nordfjell, T. & Suadicani, K. 2003. Assessing the utility of two integrated harvester-forwarder machine concepts through stand-level simulation. *International Journal of Forest Engineering* 14:31–43.
- Väätäinen, K., Liiri, H., Asikainen, A., Sikanen, L., Jylhä, P., Rieppo, K., Nuutinen, Y. & Ala-Fossi, A. 2007. Yhdistelmäkoneiden simulointi aines- ja energiapuun korjuussa. Metlan työraportteja 48. Naturresursinstitutet.

Bilaga 1

Arbetsmomentindelning

Tabell 3.
Arbetsmomentindelning.

Moment	Maskin	Beskrivning
Avverkningsarbete		
Kran ut	X19, skördare	Från att topp släpps till att aggregat är 0,5 meter från avverkningsstam.
Fällning	X19, skördare	Slutar när avverkningsstammen lättar från stubben.
Intagning	X19, skördare	Slutar när aggregatet börjar mata stammen.
Kvistning/ kapning	X19, skördare	Slutar när sista virkesbiten kapas.
Topp	X19, skördare	Tiden från att toppen kapas tills att aggregatet släpper toppen. Om föraren släpper toppen direkt efter kapet noteras ofta kran in eller kran ut beroende av vad nästa steg är.
Kran in	Skördare	Slutar när kranen passerar framför maskinen.
Körning	X19, skördare	Börjar när hjulen börjar snurra inför flytt till ny uppställningsplats och slutar när hjulen stannar.
Vridning av lastbärare	X19	Börjar när lastbäraren börjar röra sig och slutar då lastbäraren stannar.
Körning till/från	Skördare	Börjar när hjulen börjar snurra inför transportsträcka mellan avverkningsplats och koja, slutar när hjulen stannar.
Skotningsarbete		
Kran ut	Skotare	Från att grip släppt virke tills gripen vidrör virke på marken.
Gripa	Skotare	Slutar när gripen lyfts med virke i gripen.
Sammanföring	Skotare	Från att grip vidrör virke tills grip lyfts med virke i gripen.
Kran in	Skotare	Slutar när gripen är mitt över lasset.
Jämndragning	Skotare	Jämndragning av virket mot grinden under lastning
Släppa	Skotare	Slutar när virkesknippe släppts.
Tillrättläggning	X19, skotare	Justering av virke på lastbäraren.
Tomkörning	X19, skotare	Körning från avlägg till lastningsplats.
Körning under lastning	Skotare	Körning under pågående lastning. Från att hjulen börjar snurra tills de slutar snurra vid nästa uppställningsplats.
Körning full	X19, skotare	Körning från lastningsplats med fullt lass till avlägg.
Av grip	X19	Från att maskinen saktar in inför redskapsskifte tills gripen lossats från kranspetsen.
På aggregat	X19	Slutar när maskinen återupptar körning mot avverkningsplats med aggregatet monterat.
Av aggregat	X19	Från att maskinen saktar in inför redskapsskifte tills aggregatet lossats från kranspetsen.
På grip	X19	Slutar när maskinen återupptar körning mot avlägg med gripen monterad.
Avlastning	X19, skotare	Från att gripen flyttas mot lastbäraren inför första krancykeln i lossningen tills gripen återgår efter lossningens sista krancykel inför transport mot avverknings-/ lastningsplats.
Flytt	X19, skotare	Körning vid avlägg. Från att hjulen börjar snurra tills de slutar snurra vid nästa uppställningsplats.
Gemensamma moment		
Övrig G ₀	X19, skördare, skotare	Övrigt arbete som är nödvändigt för drivningen, exv. risning av stickväg.

Bilaga 2

Koefficienter i grundscenariet

Drivaren Komatsu X19 med snabbfäste, 365-aggregat och 0,36 m²-grip benämns X19, Komatsu 941 med 370-aggregat benämns 941 och Komatsu 895 benämns 895. Med ursprung:

- Drivargruppen avses diskussioner inom gruppen som lett till samlat medelvärde eller uppskattning om rimligt värde.
- Komatsu Forest AB avses hypotetiska kalkylvärden, särskilt för X19 där slutgiltiga kostnader inte kan fastställas förrän seriemässig produkt är under framtagning.
- Holmen Skog AB avses värden som används i företagets kostnadsuppskattningar.
- SCA Skog AB avses värden som används i företagets kostnadsuppskattningar.

Tabell 4.

Koefficienter i grundscenariet.

Koefficient	Värde	Ursprung
Bestånds- och maskinförutsättningar		
Traktstorlek, m ³ fub/år	1 000	Drivargruppen
Enkelt terrängtransportavstånd, meter	200	
Medelstamvolym, m ³ fub	0,2	
Antal sortiment/objekt	5	
Stamtäthet, antal stam/ha	1 000	
Ytstruktur	2	Studiemedelvärde
Lutning	1	Studiemedelvärde
Laststorlek 895, m ³ fub/lass	21,3	Studiemedelvärde
Maskinutnyttjande		
TU X19, procent	87	Drivargruppen
TU 941, procent	87	Brunberg, 2014
TU 895, procent	90	Brunberg, 2014
Ställtid vid flytt, G ₁₅ -h/flytt	4	Drivargruppen
Fasta maskinkostnader		
Investeringskostnad, X19	6 000 000	Komatsu Forest AB
Investeringskostnad, 941	4 000 000	Komatsu Forest AB
Investeringskostnad, 895	3 500 000	Komatsu Forest AB
Ekonomisk livslängd, G ₁₅ -timmar	15 000	Drivargruppen
Restvärde på hela investeringen för X19, 941 och 895, procent	22	Drivargruppen
Försäkring, X19, kr/år	25 000	SCA Skog AB
Försäkring, 941, kr/år	25 000	SCA Skog AB
Försäkring, 895, kr/år	16 000	SCA Skog AB
Övriga fasta kostnader, X19 (omfattar kostnaden för 1 vagn)	70 000	Drivargruppen
Övriga fasta kostnader, TMS (omfattar kostnaden för 1,5 vagn)	105 000	Drivargruppen
Rörliga maskinkostnader		
Flyttkostnad (trailerkostnad) för X19, 941 och 895, kr/flytt	4 000	Drivargruppen
Dieselförbrukning X19, liter/G ₁₅ -h	17	Drivargruppen
Dieselförbrukning 941, liter/G ₁₅ -h	17	Komatsu Forest AB
Dieselförbrukning 895, liter/G ₁₅ -h	17	Komatsu Forest AB
Oljeförbrukning X19, liter/G ₁₅ -h	0,7	Komatsu Forest AB
Oljeförbrukning 941, liter/G ₁₅ -h	0,75	Komatsu Forest AB
Oljeförbrukning 895, liter/G ₁₅ -h	0,4	Komatsu Forest AB
Rep och underhåll X19, kr/G ₁₅ -h	190	Drivargruppen
Rep och underhåll 941, kr/G ₁₅ -h	200	Drivargruppen
Rep och underhåll 895, kr/G ₁₅ -h	160	Drivargruppen

Fortsättning på tabell:

Globala värden		
Ränta, Stibor 90 + 3 procent, procent	2,53	Stibor 90
Dieselpriis exklusive moms, kr/liter	10,2	Holmen Skog AB
Smörj- och hydraulolja, kr/liter	30	Holmen Skog AB
Personalkostnader		
Grundlön (inklusive kvalificerade tillägg och semesterlön), kr/Utnyttjad timme (kr/U-h)	160	Drivargruppen
Sociala påslag (lagstadgade påslag, sjuklön, annan semestergrundande frånvaro, arbetstidskonto), procent	50	Drivargruppen
Utnyttjade dagar/år, antal	205	Drivargruppen
Skift per dygn, antal	2	Drivargruppen
U-h/skift	7,6	SLA-GS
Tillgänglig U-h utanför obekvämt arbetstid, U-h/dygn	10,5	SLA-GS
Ob-ersättning, kr/U-h	34,68	SLA-GS
Övertidsersättning, kr/U-h	43,52	SLA-GS
Enkel färdsträcka/anställd/dag, km	35	Drivargruppen
Resersättning, kr/km	3	Drivargruppen

Tidformler

Grovt bestånd

Skördare (5)

$$\text{Tidsåtgång (min/m}^3\text{fub)} = (24,3/X+49,6)/100$$

Där: X = stamvolym (m³fub)
Justerad R²=0,94 (n=1 090)

Skotare (6)

$$\text{Tidsåtgång (min/m}^3\text{fub)} = q([(1,2 \times Y/73,6 + 0,8 \times Y/57,6 + 21,4)/21,7] + 0,05 - X)$$

Där: Y = terrängstransportavstånd (m)
X = stamvolym (m³fub)
0,05-X är medelstameffekt enligt Brunberg (2004)
q = 1,45 om Y = 100 m, och q = 1,29 om Y = 400 m. OBS ifrågavarande q-värden (1,45 och 1,29) har räknats för given stamintervall [0,25; 0,55 m³fub] i Figur 1. Vid ändring av stamintervall, eller terrängstransportavstånd, ska q också räknas om enligt ekvation 3 (se Material och metoder) (n=18).

Drivare (7)

$$\text{Total tidsåtgång (min/m}^3\text{fub)} = (41,9/X+91,3)/100 + (1,2 \times Y/48,6 + 0,8 \times Y/51,0)/21,1$$

Där: Y = terrängstransportavstånd (m)
X = stamvolym (m³fub)
Justerad R² (gäller endast terminalarbete) = 0,73 (n=18)

Klent bestånd

Skördare (8)

$$\text{Tidsåtgång (min/m}^3\text{fub)} = (25,1/X+76,0)/100$$

Där: X = stamvolym (m³fub)
Justerad R²=0,90 (n=1895)

Skotare (9)

$$\text{Tidsåtgång (min/m}^3\text{fub)} = q([(1,2 \times Y/57,2 + 0,8 \times Y/46,4 + 25,5)/20,9] + 0,05 - X)$$

Där: Y = terrängstransportavstånd (m)
X = stamvolym (m³fub)
0,05-X är medelstameffekt enligt Brunberg (2004)
q = 1,14 om Y = 100 m, och q = 1,10 om Y = 400 m. OBS ifrågavarande q-värden (1,14 och 1,10) har räknats för given stamintervall [0,1; 0,35 m³fub] i Figur 1. Vid ändring av stamintervall, eller terrängstransportavstånd, ska q också räknas om enligt ekvation 3 (se Material och metoder) (n=14).

Drivare (10)

Total tidsåtgång (min/m³fub) = (33,9/X+118,3)/100+(1,2×Y/40,5+0,8×Y/42,4)/20
Justerad R² (gäller endast terminalarbete) = 0,95 (n=18)

Där: Y = terrängstransportavstånd (m)
X = stamvolym (m³fub)

Sammanlagda data, båda bestånden**Skördare** (11)

Tidsåtgång (min/m³fub) = (24,3/X + 73,9)/100

Där: X = stamvolym (m³fub)
Justerad R² = 0,93 (n=2 982)

Skotare (12)

Tidsåtgång (min/m³fub) = q([(1,2×Y/66,2+0,8×Y/52,5+23,2)/21,3]+0,05-X)

Där: Y = terrängstransportavstånd (m)
X = stamvolym (m³fub)
0,05-X är medelstameffekt enligt Brunberg (2004)
q = 1,28 om Y = 100 m, och q = 1,19 om Y = 400 m. OBS ifrågasättande q-värden (1,28 och 1,19) har räknats för given stamintervall [0,1; 0,55 m³fub] figur 1. Vid ändring av stamintervall, eller terrängstransportavstånd, ska q också räknas om enligt ekvation 3 (se Material och metoder) (n=32).

Drivare (13)

Total tidsåtgång (min/m³fub) = (35,2/X+109,0)/100+(1,2×Y/44,5+0,8×Y/46,7)/20,5

Där: Y = terrängstransportavstånd (m)
X = stamvolym (m³fub)
Justerad R² (gäller endast terminalarbete) = 0,97 (n=36)

Drivare (14)

Tidsåtgång för avverkningarbete (min/m³fub) = (31,3/X+64,5)/100

Där: X = stamvolym (m³fub)
Justerad R² = 0,98 (n=36)

Bilaga 4

Dieselförbrukning

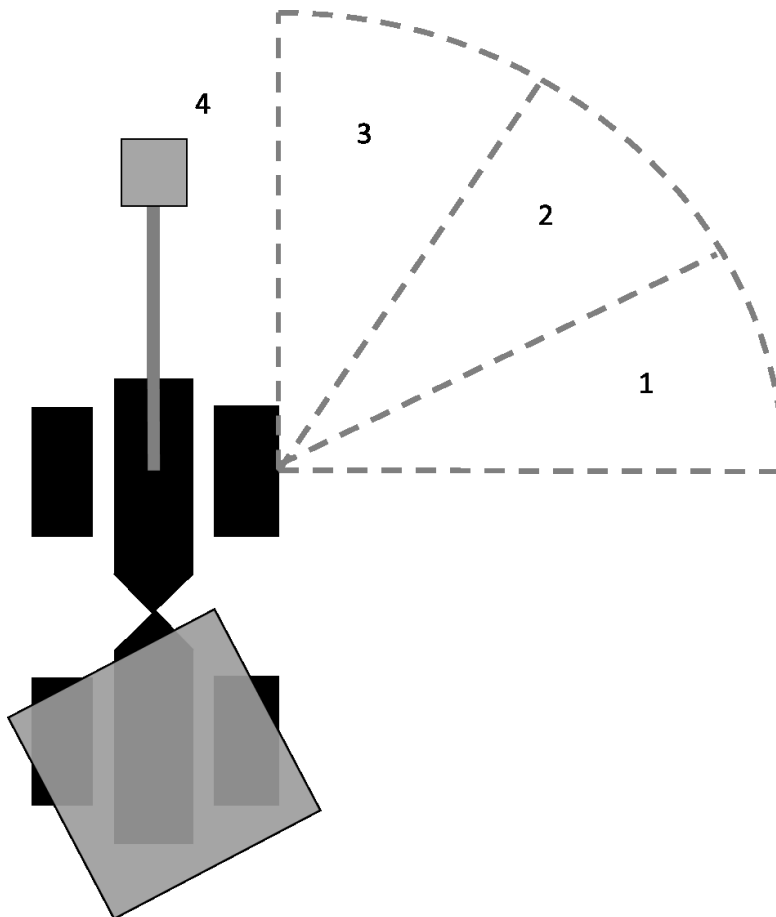
Tabell 5.

Dieselförbrukning per tids- och volymenhet. Totalt sju observationer för X19 och två per maskin i TMS.

Mätning	1	2	3	4	7	8	9	5	6	10	11
Studeieled	Grov	Grov	Grov	Grov	Klen	Klen	Klen	Grov	Grov	Klen	Klen
Maskinsystem	X19	X19	X19	X19	X19	X19	X19	TMS	TMS	TMS	TMS
Medelstamvolym, m ³ fub/stam	0,37	0,39	0,4	0,35	0,17	0,17	0,16	0,34	0,37	0,16	0,17
Transportavstånd, meter	308	205	270	279	112	74	90	387	332	129	219
Dieselförbrukning, liter/G ₀ -timme	22	21,5	21,5	20,7	21,8	19,6	22,1	–	–	–	–
Dieselförbrukning, liter/m ³ fub	1,01	0,88	0,83	0,88	1,25	1,13	1,28	0,95	0,82	1,38	1,22
Dieselförbrukning skördare och skotare, liter/m ³ fub (Brunberg, 2013)	1,4	1,34	1,36	1,4	1,62	1,62	1,68	1,46	1,42	1,69	1,67
Skillnad mellan norm och studie, procent	–28	–34	–39	–37	–23	–30	–23	–35	–42	–18	–27

Arbetszoner X19

Trädstammars position i förhållande till X19 noterades i tidsstudien. Tidsstudiemannen noterade vilken zon den avverkade stammen stod i samt avståndet från X19:s band till trädstammen (Figur 7). Båda noteringarna baserades på visuella uppskattningar.

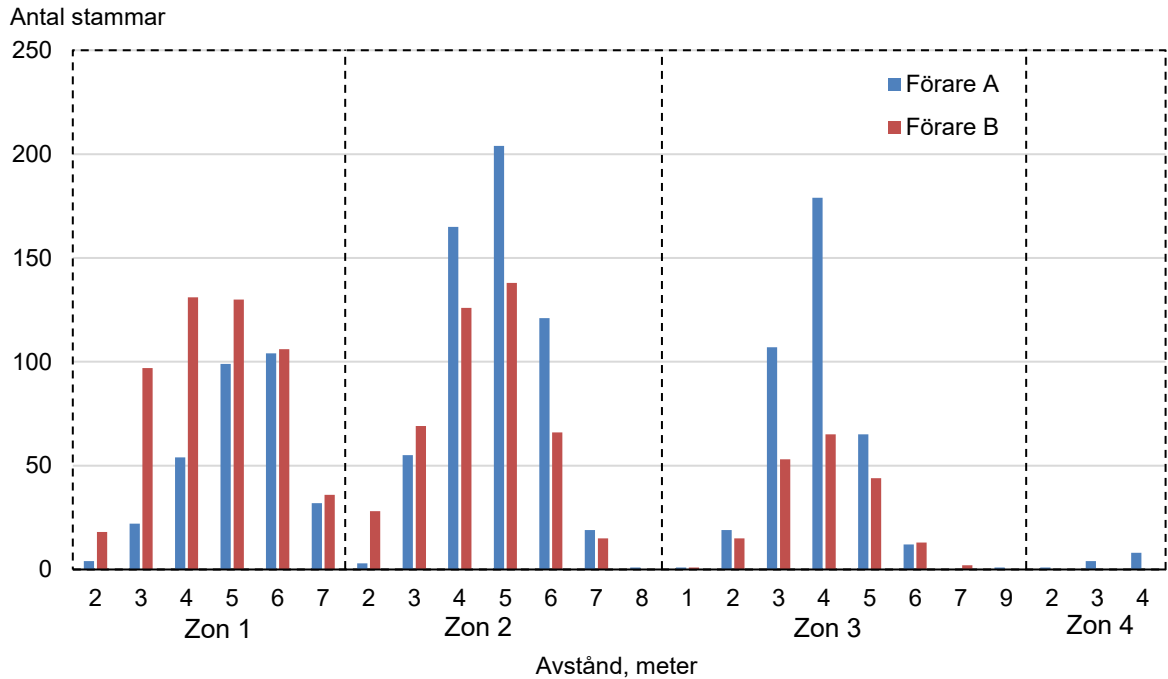


Figur 7.

Zoner vid avverkning, trädstammars position i förhållande till X19. Grå linje motsvarar kran riktad rakt fram, stor grå box nederst i figuren motsvarar lastbärare. Trädstammar märktes med zonidentitet och avstånd från X19:s band till trädstammen. Zon 4 definieras som trädstammar avverkade framför maskinen.

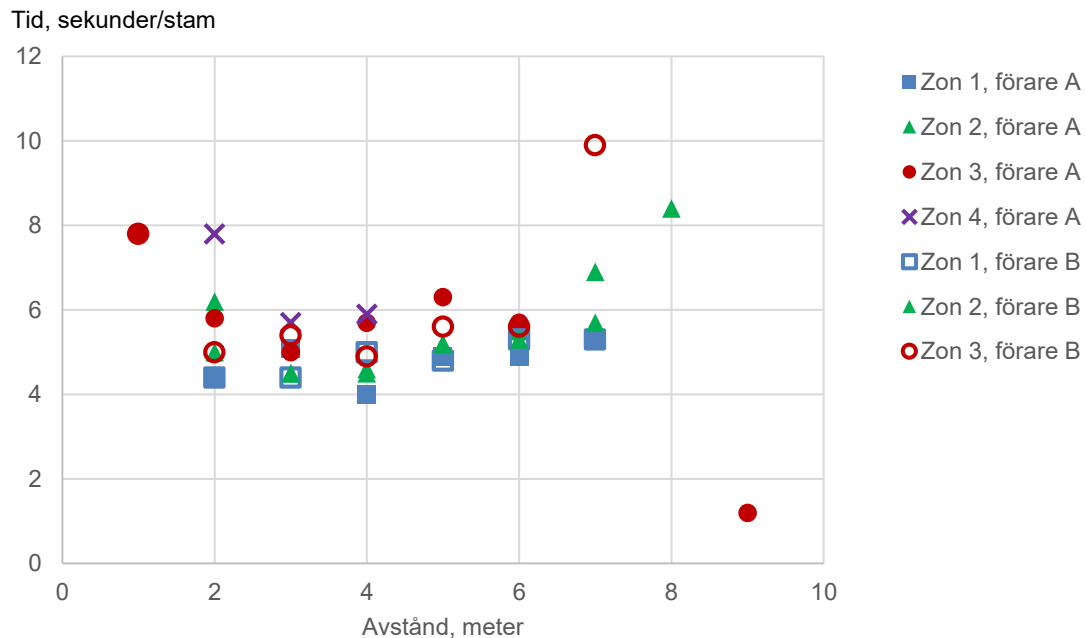
Tidsåtgångens beroende av förhållandet mellan trädstammars position och X19 kan utgöra en analysdel tillsammans med flera andra faktorer till underlag för metodrekommendationer.

I Zon 1 arbetade Förare A något längre från maskinen än Förare B, men med större ansamling av stammar vid givet avstånd. Förare A avverkade en större andel av sina trädstammar i Zon 2 vid avstånd om ca 4–6 meter. Förare B hade en förhållandevis jämn fördelning mellan Zonerna 1 och 2, men med stor variation i avstånd till de avverkade stammarna (Figur 8).



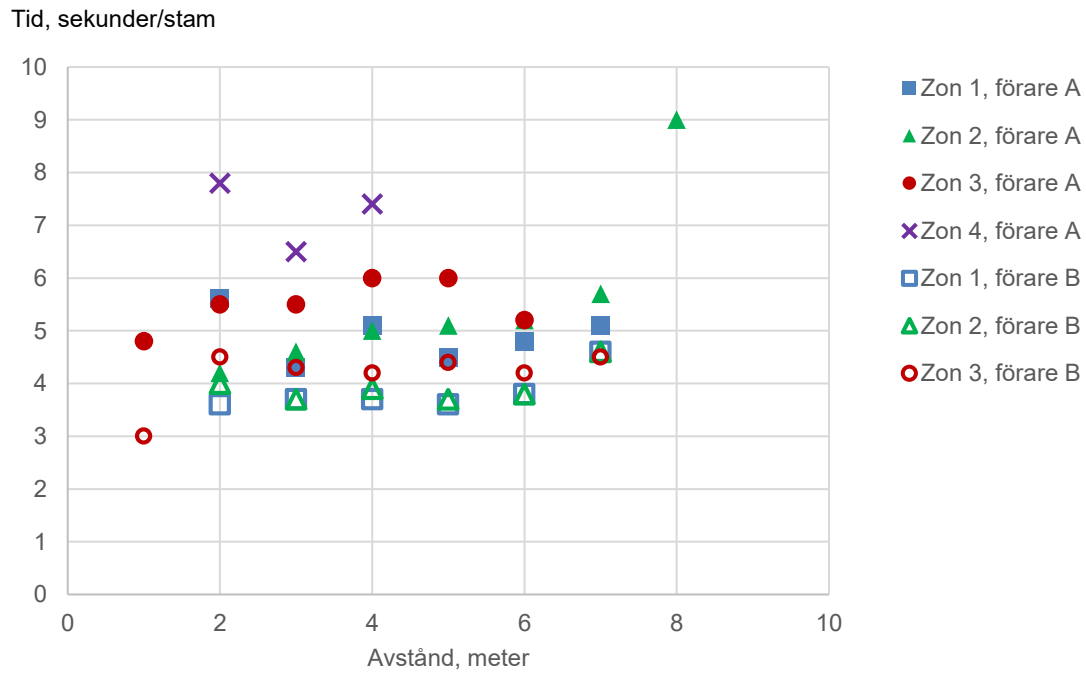
Figur 8.
Antal stammar per zon, avstånd, fördelat på förare.

Det fanns en tendens till svag tidsökning med ökat avstånd i Zon 1 för arbetsmomentet *kran ut*. Detsamma noteras i Zon 2, men där ter sig även stammar nära maskinen straffas. I Zon 3 kan inget mönster uttydas (Figur 9).



Figur 9.
Genomsnittlig tidsåtgång i sekunder/stam beroende av zon och avstånd, för *kran ut*.

För *intagning* noterades svag tidsökning med ökat avstånd (Figur 10).



Figur 10.
Tidsåtgång i cmin/stam beroende av zon och avstånd, för *intagning*.

Vid ANOVA-analys hade zon och avstånd signifikant inverkan på tidsåtgång ($p < 0,05$) för både *kran ut* och *intagning*, men förklarar en mycket liten del av tidsåtgången. Flera viktiga faktorer som inte ingått i modellen inverkar på tidsåtgången. I utvecklingen av arbetsmetodik är det intressant att analysera förhållandet mellan maskinen och den avverkade trädstammen.

- Nr 874 Enström, J. 2015. Möjligheter till inrikes sjötransporter av skogsbränsle. – Possibilities for coastal maritime transport of forest fuel in Sweden. 22 s.
- Nr 875 Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2015. Uttag av skogsbränsle vid avveckling av låg skärmar av björk. – Harvest of forest fuel when birch shelterwoods are removed. 15 s.
- Nr 876 Jacobson, S. 2015. Lågskärm av björk på granmark – Modellerings av beståndsutveckling och ekonomisk analys. – The use of birch as a shelter in young Norway spruce stands – Modelling stand development and economic outcome. 39 s.
- Nr 877 Grönlund, Ö., Iwarsson Wide, M., Englund, M. & Ekelund, F. 2015. Sektionsgallring en arbetmetod för täta klena gallringar. – Thinning in Sections – a work method for small-tree harvest. 17 s.
- Nr 878 Eliasson, L. & Nilsson, B. 2015. Skotning av GROT direkt efter avverkning eller efter hyggeslagring. – Forwarding of logging residue immediately after felling or after stor age on the clear-cut. – Effects on nutrient extraction, needle shedding, and moisture content. 10 s.
- Nr 879 Eriksson, B., Widinghoff, J., Norinm K. & Eliasson, L. 2015. Processkartläggning – Ett verktyg för att förbättra försörjningskedjor. – Process mapping – a tool for improving supply chains. 46 s.
- Nr 880 Möller, J.J., Nordström, M. & Arlinger, J. 2015. Förbättrade utbytesprognoser. – En förstudie genomförd hos SCA, Sveaskog och Södra. – Improved yield forecasts – a pilot study by SCA, Sveaskog and Södra. 14 s.
- Nr 881 von Hofsten, H. 2015. Vägning med hjälp av inbyggda vågar i fjädringen på lastbilar. – Payload weighing using onboard scales connected to the air suspension of trucks. 10 s.
- Nr 882 Rosvall, O., Kroon, J. & Mullin, T.J. 2015. Optimized breeding strategies at equivalent levels of population diversity. 61 s.
- Nr 883 Högbom, L. & Rytter, R.-M. 2015. Markkemi och fastläggning av C och N i bestånd med snabbväxande trädslag - Etapp 2. – Slutrapport till Energimyndigheten 2015. – Soil chemistry and C and N sequestration in plantations with fast-growing tree species – Phase 2. – Final report to The Swedish Energy Agency 2015. 17 s.
- Nr 884 Hannrup, B., Andersson, M., Henriksen, F., Högdahl, A., Jönsson, P. & Löfgren, B. 2015. Utvärdering av V-Cut – en innovation med potential att minska förekomsten av kapsprickor. – Evaluation of V-Cut – an innovative saw bar with potential to reduce the occurrence of bucking splits. 32 s.
- Nr 885 Willén E. & Andersson, G. 2015. Drivningsplanering. En jämförelse mellan sju skogsföretag – A comparison of seven forest companies 2015. 31 s. + Bilaga 2-8.
- Nr 886 Johansson, F. 2015. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon 2014. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT and ST vehicles 21 s.
- Nr 887 Högberg, K.A. 2015. Selektionseffekter vid förökning av gran med somatisk embryogenes. – Selection effects of somatic embryogenesis in propagation of Norway spruce. 11 s.
- Nr 888 Enström, J. & von Hofsten, H. 2015. ETT-Chips 74-tonne trucks – Three 74-tonne chip trucks monitored in operation over one year. 23 s.
- Nr 889 Rytter, L., Stener, L.G. 2015. Gråal och hybrid alder.-En potential för ökad energiinriktad produktion i Sverige. – Grey alder and hybrid alder-Potentials for increased biomass production for energy in Sweden. 28 s.
- Nr 890 Asmoarp, V. & Enström, J. 2015. Fokusveckor 2015-Bränsleuppföljning för ETT 74 tons flisfordon inom projektet ETT-Flis. – Focus Weeks 2015 Monitoring fuel consumption of a 74-tonne chip truck in the ETT project. 25 s.
- Nr 891 Johannesson, T., Enström J. & Ohls, J. 2015. Test av paraffinolja för att motverka fastfrysning av flis i containrar. – Test of paraffin oil to prevent wood chips freezing onto surfaces in steel containers. 5 s.

År 2016

- Nr 892 Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. och Nordström, M. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. – Evaluation of measurement quality and frequency of bucking splits in harvesting with the Komatsu X19 Harwarder. 21 s.
- Nr 893 Ågren, K., Möller, J. J. och Bhuiyan, N. 2016. Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. – Development of a standardised method for calibrating volume measurements when using a multi-tree handling harvester head. 27 s.
- Nr 894 Almqvist, C. & Rosenberg, O. 2016. Bekämpning av grankotterost (*Thekopsora areolata*) med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection (*Thekopsora areolata*) by use of fungicides – Trials performed in 2014 and 2015. 10 s.
- Nr 895 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige. – Kunskapsläge och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materias. 55 s.
- Nr 896 Mohtashami, S., Nordlund, S., Krook, M., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – en inventeringsstudie i Mälardalen. 16 s.
- Nr 897 von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. 8 s.
- Nr 898 Rytter, L. & Mc Carthy, R. 2016. – Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. - Sustainable production of hybrid aspen after harvest – Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346.
- Nr 899 Bhuiyan, N., Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppföljning. – Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot – Automatic follow-up of thinning-stand area estimation and use of crane angle data to identify strip road trees and calculate thinning quotient. 47 s.
- Nr 900 Pettersson, F. 2016. Effects of type of thinning and strip road distance on timber production and economy in the Scots pine field experiment at Kolfallet. Results after two thinnings and a 20-year study period.
- Nr 901 Eliasson, L., Mohtasami, S. & Eriksson, A. 2016. Analys av ett högproduktivt flissystem – Analysis of factors affecting a high productive chip supply system. 20 s.
- Nr 902 Enström, J., Asmomar, V., Davidsson, A., Johansson, F., Jönsson, P. & Mohtashami, S. 2016. Transportsystemet Inlandsbanan – The Inlandsbanan transport system. 50 s.
- Nr 903 Klingberg, A., Persson, T. & Sundblad, L.G. 2016. Projektrapport – Fröskörd från tallfröplantage T2 Alvik – Effekt av inkorsning på planteringsresultatet i fält (projekt nr 244). – Project report Harvests from the T2 Alvik orchard – Effect of cross-pollination on operational planting outcome.
- Nr 904 Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskartor körskador i skogsbruket – How operational procedures and depth-to-water maps can reduce damage on soil and water and rutting in the Swedish forestry 28 s.

- Nr 905 Berlin, M. & Friberg, G. 2016. Proveniensval av Svartgran i Mellansverige. – Provenance choice of black spruce in central Sweden.. 22 s.
- Nr 906 Grönlund, Ö. 2016. Kontrollmätningens utformning vid chaufförers travmätning – Quality control procedure for stack measurement by truck drivers. 16 s.
- Nr 907 Asmoarp, V., Flisberg, P., Rönnqvist, M. & Davidsson, A. 2016. Förslag på ett för skogsbruket prioriterat BK-4vägnät.
- Nr 908 Bhuiyan, N., Hannrup, B., Nordström, M. & Larsolle, A. 2016. Beslutsstöd för stubbskörd.– Utveckling av ett prototypprogram för snabbare implementering i skogsbruket. – Decision-support tool for stump harvest. – Development of prototype software for faster implementation in forestry. 22 s.
- Nr 909 Möller, J.J., Siljebo, W., Hannrup, B. & Bhuiyan, N. 2016. Modul för beräkning av skogsbränsle baserat på skördardata. – hprCM version 1.0 – Harvested Production Calculation Module baserad på StanForD 2010 version 3.2.
- Nr 910 von Hofsten, H., Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2016. Prestation och bränsleförbrukning för två stora trumhuggar avsedda för flisning på terminaler. – Production and fuel consumption for two large drum chippers. 14 s.
- Nr 911 Jonsson, R., Jönsson, H. & Lundström 2016. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 harwarder med snabbfäste. – Performance and cost in final felling for Komatsu X19. Harwarder with quick hitch. 40 s.
- Nr 912 Jonsson, R., Jönsson, P., & Manner J., Björheden, R. & Lundström, H. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning – Performance and costs for the Komatsu X19 harwarder compared to Komatsu 941/895 harvester/forwarder in large size final felling. 38 s.
- Nr 913 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, P., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. – Cutting capacity of saw chains – a comparative study. 38 s.
- Nr 914 Skutin, S.G. & Bergqvist, M. 2016. Slutrapport – Rapport Bergtäkt. – Potential er till kortare ledtider i miljöprövningen. – Final report of the 'Rock Quarry' project. Potential to shorten lead times in environmental assessment. 44 s.
- Nr 915 Ottosson, P., Andersson, D. & Fridh, L. 2016. Radarteknik för fukthaltsmätning – en förstudie- Radar technology for measuring moisture content – a preliminary study. 23 s.
- Nr 916 Manner, J., Björheden, R., Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. – Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system. 27 s.
- Nr 917 Bergqvist, M., Björheden, R. & liasson, L. 2016. Kompakteringseffekter på skogsbilvägar – Compactation effects on Forest roads. 24 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, 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. 916 –2016



www.skogforsk.se