

OLA LINDROOS

Bestensystemets konkurrensförmåga – jämfört med vanligt skördare–skotaresystem



- Systemet med en obemannad fjärrstyrd skördare som direktlastar två skotare skapar för långa väntetider för att kunna konkurrera ekonomiskt med ett vanligt skördare–skotaresystem.
- Tillräcklig balans i arbetstakt mellan den obemannade skördaren och skotarna kan uppnås i grov skog så länge skotningsavståndet varken är för långt eller för kort. Totalt sett är det dock en mycket liten andel av slutavverkningarna som uppfyller dessa krav.

I dagens kortvirkeskogsbruk är två-maskinssystemet med skördare och skotare helt dominerande, men andra drivningssystem har diskuterats och provats. För att påskynda teknikutvecklingen är det viktigt att så tidigt som möjligt styra utvecklingsresurser till system med stor potential i praktiskt skogsbruk. Detta kan göras genom att i ett tidigt utvecklingskede genomföra relevanta analyser av nya systems för- och nackdelar. Teoretiska systemstudier möjliggör sådana tidiga studier, även om maskinerna bara finns på idé- eller prototypstadiet. En fördel är att teoretiska studier fångar upp skillnader som beror på systemets principer, vilka i praktiska studier riskerar att blandas ihop med t.ex. skillnader i systemens tekniska mognad (prototyp jämförs mot etablerad produkt), förarskicklighet och olika arbetsförutsättningar.

Bestensystemet, där ett valfritt antal skotare turas om att fjärrstyra en förarlös skördare, har lyfts fram som konkurrenskraftigt jämfört med det vanliga skotarskördarsystemet i slutavverkning eftersom man genom skördarens direktlastning av skotaren minskar bränsleåtgången och samtidigt undviker att virke smutsas ned eller glöms bort. Dessutom minskas förarbehovet då varje stock bara hanteras av en enda förare. Nackdelen är att skördare och skotare blir direkt beroende av varandra, en arbetsprincip som innebär att systemet är helt integrerat ("hett"). I det vanliga systemet är skotaren indirekt beroende av skördaren, men beroendet minimeras bl.a. genom en arbetsbuffert i form av skogslager.

Nedan redovisas resultaten från en teoretisk analys av de principiella skillnaderna mellan ett vanligt skördare-skotaresystem

och Bestensystemet i slutavverkning. I Bestensystemet förutsätts två skotare användas per skördare, eftersom ett annat antal endast i undantagsfall visar sig vara fördelaktigt. Resultaten visar att det integrerade arbetssättet är en betydligt större nackdel än vad som framkommit i tidigare beräkningar.

Systemprinciper

Direktlastning anses generellt leda till en tidsvinst, vilket dock inte är säkert för Bestensystemet. Även om skotarens kranarbete undviks så försvinner inte lastningsmomentet (som det gör för en drivare), eftersom skotaren står och väntar medan skördaren lastar den. När skördaren faller och upparbetar snabbare än vad skotaren skulle kunna lasta själv så förkortas lastningsmomentet genom direktlastningen, men det kan också förlängas om skotaren skulle lasta snabbare än skördaren. Det innebär att för Bestensystemet är direktlastning fördelaktig i grov skog med låga uttagsvolym per hektar - men ofördelaktigt i klen skog med höga uttagsvolym.

Eftersom en Bestenskördare ska betjäna två skotare undviks skotarväntetid först när skördaren är avsevärt mycket snabbare än en skotare. Avverkningstiden, det vill säga tiden det tar att fylla en skotare, beror främst på medelstammen medan främst köravståndet påverkar tidsåtgången för transportarbetet. Vid en given medelstam uppstår därför väntetider vid både för korta och för långa skotningsavstånd (Figur 1). Den optimala situationen nås när det tar lika lång tid att fylla en skotare som det tar att köra ut, lasta av och köra tillbaka med den andra. Är körsträckan kort kommer skotaren tillbaka från avlastningen innan

FAKTARUTA

Facktermer i texten

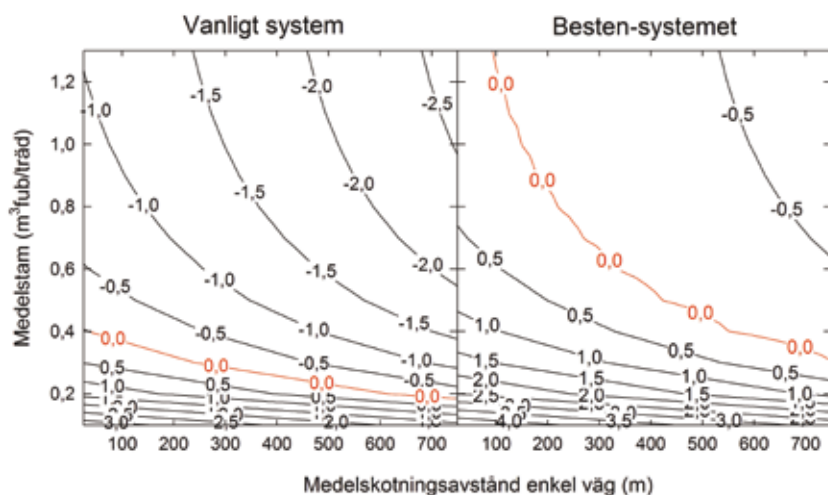
- Drivning:** Avverkning och utforsling av virke från skog till bilväg.
- Drivare:** Maskin som utför både avverkning och utforsling av virke.
- G₀-timme:** Tidsenhet där avbrott inte ingår, dvs. enbart den tid som går åt för en arbetsuppgifts egentliga lösande.
- m³fub,** fast kubikmeter virke under bark: Tillvaratagen stamvolym exklusive bark.
- Skotare:** Maskin för terrängtransport av helt burens virkeslast.
- Skördare:** Maskin som både faller, kvistar och kapar träd.
- Trakt:** Benämning på del av skog vid åtgärder som t.ex. drivning. En trakt kan bestå av ett, flera eller del av bestånd.
- TU, teknisk utnyttjandegrad:** Hur stor andel av schemalagd tid som maskinell utrustning nyttjas till arbetsuppgiftens egentliga lösande.

den andra skotaren är fylld och måste då vänta. Är sträckan lång lämnas skördaren sysslolös tills en skotare kommer tillbaka. Balansen är således hårfin och väntetider förekommer för merparten av kombinationerna av grovlek på skogen och transportavstånd. Obalans förekommer även i ett vanligt system (Figur 1), men eftersom maskinerna inte är direkt beroende av varandra går det att hantera så att det inte automatiskt leder till väntetid.

Även när Bestensmaskinerna är i balans uppstår dock väntan när till exempel maskinfel uppstår. Blir det stillestånd på den förarlösa skördaren blir båda skotarna stående tills skördaren är reparerad. Går en skotare sönder blir skördaren stående medan den fungerande skotaren utför transportarbete. Räkna man med lika hög teknisk utnyttjandegrad (TU) på de enskilda maskinerna oberoende av system blir således TU betydligt lägre för Bestensystemet. Vid det antagna TU på 80 % för en vanlig skördare och 90 % för en vanlig skotare innebär detta att i ett bestånd utan väntetider får skördaren och skotarna i Bestensystemet samma TU, endast 74 % vardera (dvs. något mer än 80 % × 90 %). Givetvis kan maskinerna i bästa fall gå sönder samtidigt, men chansen är liten att detta skall ske i någon större utsträckning.

Analysantaganden

Båda systemen antas ha samma egenskaper och vara exakt lika effektiva på gemensamma arbetsmoment. Samtidig tidsåtgång baseras på uppgifter från en finsk studie



FIGUR 1. Obalans mellan skördar- och skotarpåverkan i minuter per m³fub vid ett uttag av 300 m³fub/ha och TU 100 % (G₀-tid). Balans återfinns vid värdet noll. Positiva värden innebär att skotaren är snabbast medan negativa värden innebär att skördaren är snabbast.

TABELL 1. Antagna investerings- och timkostnader för maskinerna som ingår i analysen.

	Skördare	Skotare	Bestenskördare	Bestenskotare
Investeringskostnad (milj kr)	3,9	2,9	3,1	3,3
Total timkostnad (kr/tim)	1 025	851	561–629	723–799

(Nurminen et al. 2006). Systemskillnaderna är att i Bestensystemet bestämmer skördaren skotarens lastningstid, att det tar 2 minuter att byta mellan fjärrstyrande skotare samt att eventuella obalansväntetider tillkommer. Alla skotare antas lasta 18 m³fub och jag bortser ifrån antalet sortiment eftersom direktlastning kräver sortering vid avlägg. Avverkningen antas utföras enkelsidigt med en stråkbredd på 13 m. Samtliga maskiner antas vara schemalagda 2600 maskintimmar per år. Obalans mellan vanlig skördare–skotare har ”bestraffats” genom att obalansstiden får prispåslag (30 % av skotningskostnaden/timme) för förväntade kompensationsåtgärder (t.ex. ändrad arbetstid och fler flyttar).

Eftersom Bestensystemet inte finns i serieproduktion är dess inköpspris svår-förutsägbart, men använda antaganden grundar sig bland annat på skattningar från tillverkaren. Den förarlösa skördaren antas bli 20 % billigare än en vanlig skördare då ingen hytt behövs (Tabell 1). Skotarna beräknas dock bli 17 % dyrare än en vanlig skotare då fjärrstyrningsutrustning och vridbart lastutrymme för direktlastning tillkommer. Maskinerna antas finansieras med lån till 6,5 % ränta och bytas ut efter 6 år med 10 % av inköpspriset i restvärde. Driftskostnaden för skördare har satts till 400 kr/tim och 300 kr/tim för skotare. Väntetid och Bestenskotarens lastningstid antas dock ske under tomgångskörning, till en driftskostnad som är 65 % av normal kostnad. Timkostnaden för maskinerna i Bestensystemet varierar därför, beroende på hur stor andel som utgörs av lastning och väntetid (Tabell 1). Timkostnad för förare (dvs. två förares årslön och 75 % lönebikostnader delat med de 2600 maskintimmarna/år) sattes till 339 kr oavsett maskin.

Produktivitet och drivningskostnad

När man tar hänsyn till TU blir det över huvud taget ingen tidsvinst med Bestensystemet, som är som minst ofördelaktigt vid höga medelstammar, korta skotningsavstånd och små uttagsvolym per hektar (Figur 2, TU < 100 %). Skulle man däremot kunna uppnå orealistiska 100 % i TU (dvs. som G₀-tid) på samtliga maskiner så skulle Bestensystemet vara

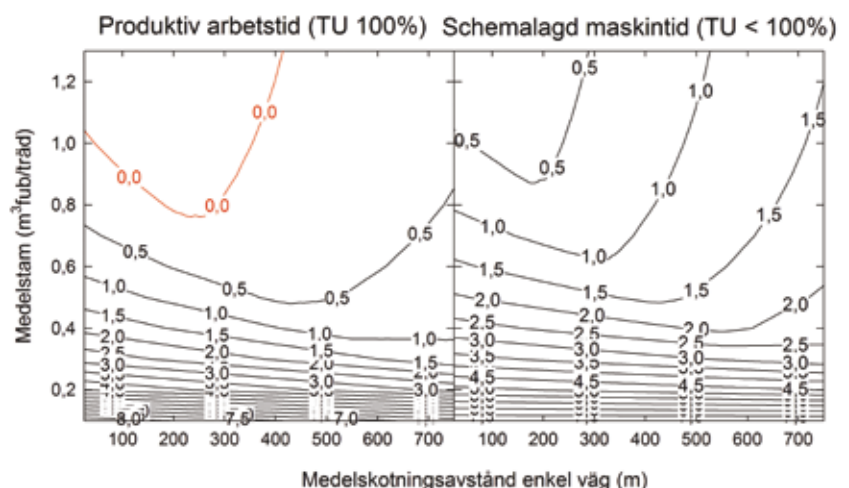
snabbast vid medelstam över 0,8 m³fub vid en uttagsvolym på 300 m³/ha, så länge skotningsavstånd inte är för långt eller kort (Figur 2, TU 100 %).

En jämförelse av drivningskostnader är mer gynnsam för Bestensystemet, tack vare maskinernas lägre timkostnad. Systemet är ekonomiskt fördelaktigt vid en medelstam över ca 0,7 m³fub vid ett uttag av 300 m³/ha (Figur 3, TU < 100 %). Uppnås TU på 100 % fås konkurrenskraft för avverkning av t.ex. en medelstam på 0,5 m³fub vid 300 m skotningsavstånd (Figur 1, TU 100 %). Effekten av obalans och TU-väntetid är dock så stor, att även om Bestenskördaren skulle vara gratis vid inköp, så är systemet inte konkurrenskraftigt under en medelstam på ca 0,4

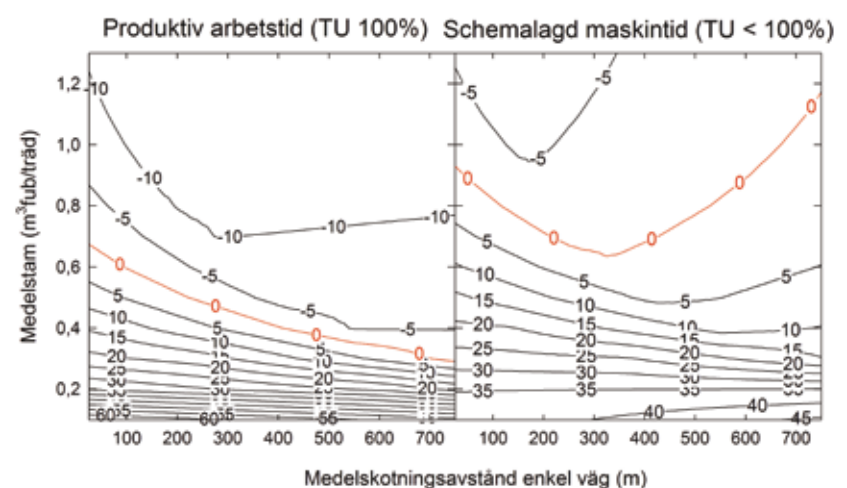
m³fub under givna antaganden! Vid den medelstammen balanserar arbetstakten för maskinerna i det vanliga systemet samtidigt som obalansen för maskinerna i Bestensystemet ökar drastiskt (Figur 1).

Läggs inte straffavgift på obalans för det vanliga systemet blir Bestensystemet endast konkurrenskraftigt vid medelstam över 0,7 m³fub och skotningsavstånd mindre än 400 m vid uttag av 300 m³fub/ha och TU < 100 %.

Analyserna visar att väntetid skall försöka läggas på den förarlösa skördaren, eftersom det är den billigaste maskinen att ha stående då den inte belastas av förarlön. Detta framgår av Figur 3, där kostnaderna ökar drastiskt i det nedre vänstra hörnet av låg medelstam och kort skotningsavstånd där skotarna får vänta på skördaren (jämför med Figur 1). Kostnadsökningen är avsevärt mildare då Bestenskördaren får vänta på skotarna (grov medelstam och långa avstånd). Att försöka upprätthålla avverkningstakten lönar sig alltså inte ekonomiskt.



FIGUR 2. Skillnad i tidsåtgång i min/m³fub vid uttag av 300 m³fub/ha. Positiva värden innebär att Bestensystemet är långsammare än det vanliga systemet.



FIGUR 3. Skillnad i drivningskostnad i kr/m³fub vid uttag av 300 m³fub/ha. Positiva värden innebär att Bestensystemet är dyrare än det vanliga systemet, medan Bestensystemet är billigare vid negativa värden.

TABELL 2. Analysens utfall vid tillämpning på faktiskt avverkade trakter.

	Norrboten	Medelpad	Östergötland och Sörmland	
Volym (m ³ fub)	346 000	319 000	1 067 000	
Medelstam* (m ³ fub/träd)	0,24	0,37	0,48	
Medelskottningsavstånd* (m enkel väg)	358	424	386	
Uttagsmängd* (m ³ fub/ha)	202	296	240	
Drivningskostnad* för alla trakter (kr/m ³ fub)	Konventionellt system	105,2	88,8	111,6
	Bestensystemet	134,6	106,1	124,8
Volymandel där Besten är lönsammast (%)	Utan flyttkostnad	0,6	3,3	7,6
	Med flyttkostnad	0,4	2,4	4,4

*) Volymvägd

Utfall på faktiskt förekommande trakter

Systemjämförelsen visar vid vilka traktegenskaper som Bestensystemet är lönsamt. Genom att applicera analysutfallet på faktiskt slutavverkade trakter får man indikationer på hur vanliga dessa traktegenskaper är. Därför har analyserna jämförts med uppföljningsdata för slutavverkningsvolymerna från tre områden i Sverige (Tabell 2). Dessutom kan effekten av Bestensystemets dyrare flyttkostnader studeras (tre maskiner skall tas till var trakt i stället för två). Flyttkostnaden har antagits vara 2 000 kr per maskin och trakt.

Sådana analyser visar att Bestensystemet endast är lönsamt på en väldigt liten andel av slutavverkningarna, med högst andel i södra Sverige. Ännu längre söderut borde andelen grov skog öka. I den relativt stormbefriade Kalmarregionen har dock bara ca 17 % av slutavverkningsvolymen en medelstam över 0,8 m³fub enligt Riksskogstaxeringens data. Det är därför rimligt att anta att maximalt en tiondel av slutavverkningsvolymen är lämplig för Bestensystemet.

Slutsummering

Analyserna bekräftar att Bestensystemets direktlastning oftast innebär lägre bränsleförbrukning samt bemanningsfördelar. Utöver dessa fördelar visar analysen tydligt nackdelarna med att integrera skördare och skotares arbete: väntetider är svåra att undvika och därmed är den ekonomiska konkurrenskraften begränsad. Ändå har Bestensystemet behandlats fördelaktigt i

denna analys. Exempelvis har inte Bestenskotarnas lastförmåga reducerats trots att det vridbara lastutrymmet kan antas öka skotarens olastade vikt. Fjärrstyrd skördare och skotare har också antagits kunna förflyttas samtidigt, och jag har för båda systemen bortsett från den nödvändiga sorteringen vid avlägg. Direktlastningen tvingar Bestensystemet till avläggssortering, vilket man i ett vanligt system kan välja att undvika på bekostnad av längre lastningstider.

Utöver dessa faktorer är det dock ännu viktigare att påpeka att även med 100 % TU, och med en trakt som har den perfekta kombinationen av medelstam och medelskottningsavstånd, så varierar i praktiken skottningsavståndet ofrånkolligen mellan lassen. Balans uppstår därför bara för en bråkdel av lassen, även på de bästa av trakter. Av samma anledning är det därför praktiskt ogörligt att väga upp Bestensystemets obalans genom att variera antalet skotare, eftersom antalet skulle behöva varieras såväl mellan trakter som inom varje enskild trakt.

Tekniskt sett är maskinerna i Bestensystemet intressanta med många nya lösningar på gamla problem. I traditionell rundvirkesskörd faller dock systemet på de principiella begränsningarna som dess integrerade arbetssätt medför. Minskat förarbehov och tidsbesparing genom direktlastning borde därför istället försöka åstadkommas utan att det skapas ett direkt maskinberoende. Trolig potential finns t.ex. i enmaskinlösningen med drivare

samt då en bemannad skördare kan kombineras med förarlösa skotarskyttlar som både kan direktlastas eller lasta sig själva. Det är dock möjligt att Besten-tekniken skulle kunna vara användbar i andra sammanhang, som t.ex. vid kombinerad biobränsle- och rundvirkesskörd (se t.ex. Bergkvist 2009).

Analyserna finansierades av fakulteten för skogsvetenskap vid SLU genom anslag från Stiftelsen fonden för skogsvetenskaplig forskning.

Ämnesord

Skogsteknik, systemanalys, drivning

Läs mer

- Bergkvist, I. 2009. Är det dags för kombinerade grot- och rundvirkesskördare? Resultat 16. Skogforsk.
- Nurminen, T., Korpunen, H. & Uusitalo, J. 2006. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica* 40:2, sid 335–365.

Författare



Ola Lindroos är forskare med inriktning mot systemanalyser, bioenergi och arbetsvetenskap vid institutionen för skoglig resurshushållning, SLU 901 83 Umeå
Tel: 090-786 86 36
E-post: Ola.Lindroos@srh.slu.se

FAKTA SKOG • Rön från Sveriges lantbruksuniversitet

Redaktör: Göran Sjöberg, 090-786 82 96, Goran.Sjoberg@adm.slu.se, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap,

901 83 Umeå **Ansvarig utgivare:** Tomas Lundmark, 090-786 82 38, Tomas.Lundmark@sfak.slu.se

Webb: www.slu.se/forskning/faktaskog

Prenumeration: 15 nummer per år för 340 kronor + moms.

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 Uppsala, 018-67 11 00 • Publikationstjanst@adm.slu.se

Davidsons Tryckeri AB, Växjö 2010

ISSN: 1400-7789 © SLU

