

Utvärdering av maskinsystemet MALWA för tidig gallring

Evaluation of the MALWA machine system for early thinning



FOTO: MALWA

Summary

In Sweden, stands are normally thinned with cut-to-length harvesters and forwarders with a service weight of 11-20 tonnes. Private, non-industrial forest owners are showing interest in shifting to smaller and lighter machines for thinning, especially first thinning. This interest derives from concerns about soil and stand damage caused by heavy machinery.

In recent years, harvesters and forwarders with a service weight of 5-11 tonnes have been brought onto the market to address these concerns, by manufacturers such as Malwa, Vimek and Terri. Two master's theses and studies by Skogforsk have been carried out with the aim of comparing one such new machine, the Malwa 560 system, with the conventional machines. Together, these studies enable evaluation and comparisons of productivity and logging costs, thinning quality, ergonomic properties, and impact on soil.

Productivity, logging costs and thinning quality were studied in southern Sweden 2016 by Gustavsson (2017). The harvested stems had a mean volume of 0.038 m³sub. The data was supplemented with the results from a study by Skogforsk in 2017 in a stand where the harvested trees were slightly larger (0.048 m³sub).

The productivity of the Malwa 560H harvester was 24.6% lower (4.3 m³sub/PMH) than that of the compared harvester, John Deere 1170E (5.8 m³sub/PMH). This difference seems to increase with increasing stem size. The lower time cost for the Malwa compensated for the lower productivity, and harvesting cost was only marginally higher (SEK 5/m³sub).

The Malwa 560C forwarder reached a productivity of 6.1 m³sub/PMH at forwarding distance 200 m. This was 54% of the productivity of the conventional machine, represented by a Ponsse Wisent (11.1 m³sub/PMH). The direct logging cost was SEK 375/m³sub for the Malwa system, which was SEK 50 more than the unit cost for the conventional system. The difference was almost entirely due to the increase in forwarding cost, where the lower time cost of the Malwa cannot compensate for the lower transport capacity.

Fuel consumption of the Malwa 560H, 1.73 l/m³sub, was 27% lower than for the JD 1170E harvester, but the fuel consumption of the Malwa forwarder, 0.84 l/m³sub, was 20% higher than for the Ponsse Wisent.

No significant differences could be found for various aspects of thinning quality, e.g. thinning quota, strip road area or damage to remaining trees. Both systems performed well.

Ergonomic aspects of the Malwa 560C forwarder were examined by Olsson (unpublished), based on the Ergonomic Checklist for Forest Machines. In the overall results for ergonomic profiles, the Malwa was equivalent to the compared forwarder, a Komatsu 845. In the test of vibration exposure, the Malwa had identical scores on operator health to those of the Ponsse Buffalo.

In the rutting test, the Malwa forwarder with a trailer was compared to the Ponsse Buffalo, driven empty and laden on straight and slalom test tracks with wheels only or with tracks. The Malwa forwarder performed well, with significantly less rut formation than the Buffalo in all tests. Although the rutting tests are not conclusive for impact on normal forest soil, the impact of the Malwa can be expected to be less than that of a larger, conventional machine.



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se

Foto: Skogforsk där annat ej anges
Redaktör: Anders Thorén, Thorén Information
©Skogforsk 2018 ISSN 1404-305X

Förord

Denna arbetsrapport baseras på främst på två examensarbeten från SLU samt på studier utförda av Skogforsk. Intresset för små, lätta maskiner i förstagallring har under en period varit stigande, särskilt från privatskogsbruket. Jag har därför sett det som angeläget att överskådligt sammanställa och sammanfatta resultaten från de olika studierna inom en och samma pärm.

De båda examensarbetena är

- *Tidsstudie och kvalitetsuppföljning vid jämförelse av små och konventionella skördare och skotare i förstagallring* av (Gustavsson, 2017)
- *Arbetsmiljö i en gallringsmaskin för skotning – en jämförelse mellan en liten och mellanstor maskin* av (Olsson, (opubl))

Skogforsks bidrag till kunskapandet har, förutom visst handledningsstöd, varit

- *Tidsstudier* utförda av Hagos Lundström som stöd för det första examensarbetet (Gustavsson 2017) samt som komplettering för att få en bättre spridning vad gäller medelstam (Brunberg & Lundström, 2017).
- *Standardiserad vibrationsmätning* utförd av Fredrik Henriksen på Skogforsks vibrationsbana i Jälla, som stöd för det andra examensarbetet (Olsson, (opubl)).
- *Standardiserad spår djupsmätning* utförd av Skogforsks personal inom Driftsystemprogrammet på institutets område för spår djupstest i Bultebo, norra Uppland 2017 (opubl.).

Bakom denna Arbetsrapport ligger således ett ganska omfattande underlag. I denna Arbetsrapport fokuseras de huvudsakliga resultaten från de utförda studierna. För en fylligare presentation av metod, material m.m. hänvisas till respektive originalpublikation. Ett stort antal personer från SLU och på olika positioner hos tillverkare, på entreprenadföretag och ute i skogsbruket har bidragit på olika sätt.

Jag tackar dem alla – men alldeles särskilt Henning och Anneli som ställt sina examensarbeten till mitt förfogande och dessutom hjälpt mig med kritisk granskning av texten!

Uppsala 2018-01-22

Rolf Björheden

Innehåll

Summary.....	2
Förord	3
Sammanfattning	5
Bakgrund och syfte	7
Material och metoder	8
Tidsstudier.....	8
Studiebestånd	9
Maskinsystem	9
Arbetsmiljögranskning.....	11
Studerade maskiner.....	11
Granskning enligt ergonomisk checklista	11
Spårdjupstest.....	15
Testbanor och spårdjupsmätning	16
Mätning av markegenskaper	18
Resultat	19
Prestation	19
Normering av resultatet från tidsstudie 2017	20
Arbetsmomentanalys.....	21
Bränsleförbrukning per kubikmeter	22
Gallringskvalitet	22
Arbetsmiljön i Malwa 560.....	24
Granskning enligt ergonomisk checklista	24
Test på vibrationsbana	25
Spårdjupstest.....	26
Homogenitet och likvärdighet för testbanorna.....	26
Spårbildning på rak bana	27
Spårbildning på slalombana.....	28
Diskussion och slutsatser	30
Källor och litteratur	32
Bilaga 1 Arbetsmoment för skördare och skotare vid tidsstudier	35

Sammanfattning

Gallring utförs i Sverige vanligen med konventionella skördare och skotare i storleksklass 11–20 ton. Särskilt bland privata skogsägare ökar efterfrågan på att gallring, framförallt förstagallringsingreppen, ska utföras med betydligt mindre maskiner. Bakom dessa önskemål ligger en oro för att de stora, tunga maskinerna ska orsaka skador på mark och bestånd samt genom sitt utrymmesbehov ge upphov till allt för stor stickvägsandel i beståndet:

- Markskadorna befaras, förutom att vara estetiskt stötande, sänka markens produktionsförmåga och även ge annan negativ miljöpåverkan, till exempel genom metylering av kvicksilver.
- Om det växande beståndet skadas så oroas skogsägaren för kvalitets- och tillväxtförluster på de skadade träden. Det finns även risk för sekundärt förvärrade skador p.g.a. ökad risk för rotröta och andra skadegörare i ett skadat bestånd med nedsatt vitalitet.
- Bredare och mer omfattande stickvägar antas ge sänkt produktion under resten av omloppstiden.

För att svara upp emot denna oro marknadsförs nu skotare och skördare i storleksklass 5–11 ton av flera tillverkare, t.ex. Malwa, Vimek och Terri. På senare tid har segmentet varit framgångsrikt, så redovisar t.ex. Skogsforum.se att 63 nya maskiner levererades under 2017. Av dessa var 45 skotare och 18 skördare Malwa (19 skotare och 7 skördare) och Vimek (17+10) dominerar med 53 maskiner, medan övriga tillverkare tillsammans levererat 10 maskiner. Malwa levererade dessutom 4 trailervagnar.

Två examensarbeten och ett antal riktade studier utförda av Skogforsk har genomförts för att jämföra sådana, mindre maskiner med konventionella gallringssystem. Studierna ger ett underlag för att bedöma gallringskvalitet, prestation och kostnader samt ergonomi för de undersökta maskinerna, som i detta fall utgjorts av Malwa 560.

Jämförelsen av prestation, kostnader och gallringskvalitet (stickvägsbredd, gallringskvot och beståndsskador) genomfördes på fem parvisa försöksytor i södra Sverige av Henning Gustavsson (2017), bl. a. baserat på tidsstudier utförda av Skogforsk. Materialet omfattade 6 160 avvercade träd med Malwa-skördare (medelstam på 0,038 m³fub) och 53 skotarlasse. För att ge säkrare bedömning av Malwans prestation i något grövre bestånd (Brunberg & Lundström, 2017) kompletterades studiematerialet genom en studie av Skogforsk. Därmed utökades materialet med 257 träd om 0,048 m³fub/stam.

I Gustavssons (2017) studie hade Malwan 560H 24,6 % lägre prestation än jämförelsemaskinen, en John Deere 1170E. Analyser av momenttiderna visar detta främst förklaras av att tidsåtgången för volymsberoende arbetsmoment är 29 % högre för Malwa än för John Deereskördaren vid den aktuella medelstammen, ca 0,04 m³fub. Den relativa skillnaden mellan skördarna bedöms öka med ökande stamvolym.

Skotaren Malwa 560 C (körd utan trailervagn) uppnådde en prestation på 6,1 m³fub/G₀h vid studien (medelstam 0,04 m³fub och terrängtransportavstånd 200 meter). Det är 54 % av prestationen för jämförelsemaskinens, en Ponsse Wisent, 11,1 m³fub/G₀h.

Bränsleåtgången för Malwasystemet var 2,6 l/m³fub. Det konventionella systemet förbrukade 3,1 l/m³fub. Den högre förbrukningen faller helt på den konventionella skördaren (2,36 jämfört med 1,73 l/m³fub), medan den konventionella skotaren hade lägre bränsleåtgång (0,70 jämfört med 0,84 l/m³fub).

Drivningskostnaden, vid nämnda studieförutsättningar blev ca 375 kr/m³fub för Malwa-systemet, vilket var ca 50 kr högre än för det konventionella systemet som hamnade på ca 325 kr/m³fub. Fördyringen beror i stort sett helt av den dyrare terrängtransporten med Malwaskotaren, medan den lägre prestationen för Malwaskördaren i denna studie kompenseras genom lägre tidkostnad.

Även gallringskvaliteten bedömdes av Gustavsson (2017) som inte kunde notera någon signifikant skillnad i gallringskvot eller frekvens stamskador. Malwasystemet hade en genomsnittlig stickvägsbredd på 3,1 meter och en stickvägsandel på 24 %. Det konventionella systemet hade bredare stickvägar, 4,4 m, men lägre stickvägsandel som en följd av glesare stickvägsnät. Skillnaden i stickvägsbredd och -areal torde inte ha någon avgörande betydelse för systemvalet. Båda systemen visade sig kunna uppfylla de krav som kan ställas på skadenivåer, grundyteuttag, selektivitet, gallringskvot och stickvägsareal i den aktuella beståndstypen.

Den ergonomiska granskningen (Olsson opubl.) har endast omfattat Malwa som skotare jämfört med en konventionell skotare (Komatsu 845 eller Ponsse Buffalo). Malwan klarade sig väl i jämförelsen som gjordes med stöd av den ergonomiska checklistan. För granskningsområdena Reglage och Underhåll får Malwa till och med bättre poäng än jämförelsemaskinen, Komatsu 845. I vibrationstestet, där Malwa jämfördes med Ponsse Buffalo, uppnådde Malwa likvärdigt resultat som den fullstora maskinen.

I spårdjupstesterna klarade sig Malwaskotaren med trailer utmärkt och hade signifikant lägre spårbildning än Ponsse Buffalo i alla fyra försöksleden. Detta gällde både räknat per överfart och då jämförelsen gjordes baserat på utfört transportarbete. Spårdjupstesterna, som utförs på en brukad åker med organogen jord, tjänar mest till att rangordna maskinerna. De spårdjup som noteras kan alltså inte alls användas för prediktion av spårdjup och markpåverkan på normal skogsmark. Men markpåverkan från Malwa kan förväntas vara begränsad jämfört med en större konventionell maskin.

Bakgrund och syfte

Skogsbrukets mekanisering – med införande av terränggående maskiner för avverkningsens alla moment och för terrängtransport av tillredda sortiment fram till avlägg – har inneburit en kraftfull rationalisering av skogsbruket (Björheden, 2014). I huvudsak synes drivkrafterna bakom mekaniseringens ha varit att sänka kostnaderna samt att hantera en på landsbygden tilltagande knapphet i tillgången på arbetskraft (Perlinge, 1992).

Att skogsbrukets lönsamhet upprätthållits (Brunberg, 2017), trots under flera decennier sjunkande reala virkespriser (Jonsson, 2011) visar att dessa strävanden har lyckats. Andra positiva effekter av mekaniseringen är att det tidigare tunga, slitsamma och olycksdrabbade skogsarbetet har underlättats och blivit säkrare (Axelsson, 1997).

Mekaniseringen har även skapat oro för att de tunga terrängmaskinerna kan skada skogsmarken och dess långsiktiga produktionsförmåga. Vid mekaniserad gallring uttryckte skogsägare oro för produktionsförluster i det kvarvarande beståndet som en följd av alltför stor stickvägsareal (Bucht, 1981). Dessutom befarades tillväxt- och kvalitetsförluster på grund av skador på det kvarvarande beståndet (Fröding, 1982) som en följd av den omfattande trafiken, särskilt av skotaren, som ombesörjer terrängtransporten av virket. För att minska stickvägsareal och trafikintensitet konstruerades långkrans- och vinschsystem och dessutom marknadsfördes mindre och lättare maskiner (Nordfjell, 1985), i storleks- och kostnadsregister från professionella system till teknik främst konstruerad för självverksamhet. De undersökningar som genomfördes visade dock inte entydigt på fördelar för den nedskalade tekniken vare sig ur ekonomisk, arbetsmiljö- eller skogsvårds-mässig synvinkel (Fröding, 1983) (Knutell (red), 1985).

För gallring med mindre maskiner utvecklades en metod med omväxlande körstråk och stickvägar. I körstråken arbetar endast skördaren som arbetar upp virket mot någon av stickvägarna, där skotaren kör (Uusitalo, 2010). Metoden medger att stickvägsavståndet, räknat mellan skotningsvägarna, blir betydligt längre (Pettersson, 2016). De beståndsgående maskinerna är även något smalare än konventionella gallringsmaskiner och kan därmed slingra sig fram i beståndet vilket teoretiskt ger möjlighet till högre selektivitet (Edlund, 2015).

Perioden 1985–2010 genomgick det svenska storskogsbruket en mycket dynamisk utveckling. Mekaniseringen fick fullt genomslag, även i gallring (Persson, 2016), avverknings- och skogsvårdsarbetet outsourcades till ett stort antal små entreprenadföretag, produktiviteten ökade kraftigt och drivningskostnaderna sjönk. Även arbetsrelaterade olyckor och ohälsa minskar kraftigt under perioden som en följd av ökad mekanisering och allt bättre arbetsmiljö i maskinerna (Axelsson, 1997). Under samma period ökade den genomsnittliga storleken på skotare högst väsentligt (Nordfjell m.fl. 2010) och i debatten fokuseras skador på mark och vatten i stigande grad. Stora utvecklingsinsatser görs för att minska risken för markskador som en följd av tunga terrängmaskiner (Björheden & Thor, 2017).

Oron för markskador har emellertid inte minskat utan kvarstår hos många skogsägare. I en enkätstudie som riktade sig till skogsägare i sydvästra Sverige förklarade drygt två tredjedelar (69 %) av de tillfrågade skogsägarna att de för gallring önskar små beståndsgående maskiner (Grönesjö, 2016). Åter marknadsförs nyutvecklade små maskiner och minskad risk för skador på mark och bestånd är viktiga delargument. Mindre maskiner efterfrågas i allt högre grad och utgör ofta argument vid köp av gallringsposter (Thorner, 2016).

Bland de mera kända svenska tillverkarna av sådana små maskiner återfinns Malwa, Vimek och Terri. Marknadssegmentet för små maskiner verkar växa. Skogsforum.se redovisade i januari 2018 (Lantbruksnytt, 2018) att 63 nya maskiner levererades under 2017. Av dessa var 45 skotare och 18 skördare. Malwa (19 skotare och 7 skördare) och Vimek (17 +10) dominerar med 53 maskiner, medan övriga tillverkare tillsammans levererat 10 maskiner.

I denna Arbetsrapport är det Malwas sexhjuliga maskinserie 560, lanserad från år 2013 som studerats (Malwa, 2017).

Mot denna bakgrund har det känts angeläget och naturligt för Skogforsk att ge ett extra stöd vid datainsamling och handledning för de båda examensarbeten som utgör ryggraden i faktaunderlaget för denna arbetsrapport. Skogforsk har även, genom fristående studier, sökt fylla i några av de luckor som återstår även efter publiceringen av de nämnda studentuppsatserna.

Material och metoder

TIDSSTUDIER

Tidsstudier har utförts på fem olika grandominerade ytor. Tidsstudiedata och träd diametrar insamlades i en Allegro datasamlare genom kontinuitetsmetoden. Momentindelingen fram går av Bilaga 1. I ett senare skede kuberades träden och framräknad stamvolym inkluderades i datamaterialet. Tidsstudiemannen, Hagos Lundström, Skogforsk, följde arbetet som medföljande i maskinhytt.



Figur 1. Malwas skördare 560H i samband med studierna 2016. Foto: Henning Gustavsson

Studiebestånd

Jämförande tidsstudier av Malwas skördare (Figur 1) och skotare (Figur 2) och ett konventionellt system representerat av en John Deere 1170E skördare och en Ponsse Wisent skotare genomfördes på fem parvisa provytor i fyra olika grandominerade bestånd. Studierna genomfördes mellan 28 september och 19 oktober 2016 på en fastighet tillhörande Södra skogsägarna, belägen mellan Värnamo och Ljungby i västra Småland (Gustavsson, 2017). Terrängförhållandena bedömdes motsvara GYL 222. Studierna genomfördes i dagsljus i mulet väder med någon enstaka regnskur och 10 °C. Lövträden var lövade.

Den 20 juni 2017 studerades enbart Malwas skördaresystem i ett något grövre, grandominerat bestånd i närheten av Hjortseryd i Halland (Brunberg & Lundström, 2017). Terrängförhållandena var här GYL 211 och trädslagsblandningen TGL 181. Vid studietillfället rådde sommarförhållanden, fullt dagsljus, 20 °C och fullt utslagna lövträd.

Maskinsystem

Studerade småmaskiner

Malwa 560 (Figur 2) är en sexhjulig basmaskin och började säljas år 2015. Malwa 560 finns i tre varianter, skotaren Malwa 560F, skördaren Malwa 560H och kombimaskinen Malwa 560C. Maskinerna väger från 5,4 ton. Tidsstudierna på små maskiner gjordes på Malwas skördare 560H och som skotare studerades Malwa 560C i skotarutförande.

Skotaren 560F har en kranräckvidd från 6,1– 8 meter beroende på val av kran (Cranab FC45 alt FC45DT). I denna studie användes 6,1 m kran. Som skotare kan den lasta 5,5 ton, men kan även utrustas med en driven boggitrailer vilket ger en ökad lastvikt till 9 ton. Lastbärarens och trailerns boggi kan utrustas med lättvikts kompositband för minskat marktryck.

Skördaren, 560H väger från 5,4 ton och har en kranräckvidd på 6,2 m utrustad med Mowi 400 parallellförd vikarmskran. Standardaggregat för maskinen är LogMax 928A (Malwa, 2017). Kvistknivarna kan öppna maximalt 470 mm och har omslutningsdiameter från 20 till 245 mm (LogMax, 2017).



Figur 2. Malwas skotare 560C på Skogforsks bana för vibrationstest i Jälla. Foto Anneli Olsson.

Studerade konventionella maskiner (jämförelsesystem)

Som jämförelsesystem i de fyra tidsstudierna i Småland studerades John Deeres skördare 1170E med ett H754-aggregat tillsammans med skotaren Ponsse Wisent. Båda maskinerna utgör för Södra Skogsägarna vanliga val vid gallring och anses kunna representera "konventionell teknik" vid en jämförelse med "små maskiner". För jämförelser av drivningskostnader gjordes antagandet att den tekniska utnyttjandegraden var 85 % för skördare och 90 % för skotare – lika mellan båda systemen. I Tabell 1 redovisas översiktligt vissa betydelsefulla maskinspecifikationer för de studerade maskinerna.

Tabell 1. Vissa maskinspecifikationer samt kalkylkostnader för maskinerna som ingår i studien.

	SKÖRDARE		SKOTARE	
	Malwa 560H	John Deere 1170E	Malwa 560C	Ponsse Wisent
Vikt (ton)	7,3 ¹	17,8	5,4	17,3
Lastkapacitet (ton)	-	-	5,4	12
Grindarea (m ²)	-	-	2,0	4,0-4,5
Kranlängd (m)	6,2	11,3	6,1	10
Bredd, inkl. band (m)	2,10	3,04	1,95	2,84
Hjuldimension (mm)	500	710	500	710
Antal hjul	6	6	6	8
Aggregat	Log Max 928A	H754		
Vikt (kg)	421	890		
Apteringsprogram	Log Mate 500	Timbermatic H09		
Matningshastighet (m/s)	3,1 ²	4,5-7 ³		
Dragkraft (kN)	14,6	18-22		
Max kapdiameter (mm)	410	620		
Max valsöppning (mm)	330	560		
Flerträdshantering	Nej	Ja		
Griparea (m ²)			0,20	0,26
Tidkostnad (kr/G15-h)	950 ⁴	1 214 ⁵	650 ⁴	740 ⁵
TU %	85	85	90	90
Tidkostnad (Kr/G0-h)	1118	1 428	722	822

¹Inkluderar 1,3 ton vatten i hjulen samt 0,6 ton/band.

²Vid flöde 140 l/min

³Rek flöde 200 - 250 l/min

⁴Tidkostnad uppgiven av maskintillverkare.

⁵Tidkostnad enligt Södra Skogsägarna.

ARBETSMILJÖGRANSKNING

Studerade maskiner

I studien jämfördes Malwas kombimaskin 560C som skotare med Komatsus mellanstora skotare 845. I Tabell 2 återges några maskinspecifikationer (Olsson, opubl och Komatsu, 2017).

Tabell 2. Information om maskinerna som ingår i studien.

Modell	Malwa 560C	Komatsu 845
Vikt (ton)	5,4	16,6
Lastkapacitet (ton)	5,5	12
Grindarea (m ²)	(Grind i skotarläge) 2,0	(Hydrauliskt växlande) 4,13-5,45
Kran längd (m)	6,1	7,8/9,5/10
Bredd (m)	(500 mm-hjul) 1,95 (600 mm-hjul) 2,15	(600 mm-hjul) 2,62 (710 mm-hjul) 2,94
Markfrigång (mm)	400	663
Roterande hytt	Nej	Nej
Hyttddämpning	Nej	Tillval
Nivellering	Nej	Nej

Granskning enligt ergonomisk checklista

Arbetsmiljön granskades med hjälp av riktlinjerna i *European ergonomic and safety guidelines for forest machines 2006* (Gellerstedt m. fl., 2006). I vissa steg av granskningen utnyttjades *Ergonomisk checklista för skogsmaskiner* (Löfroth m.fl., 2003) som tolkningsstöd.

Sexton bedömningsområden (insteg, hytt, sikt, buller etc) ingår i granskningen av arbetsmiljö och för varje sådant område kan flera punkter ingå, för hytten t.ex. utrymme för ben och knän, förekomst av vassa kanter och hörn m.m. Varje punkt har åsatts en vikt-faktor, beroende på hur viktig granskningspunkten bedöms vara för den totala maskin-ergonomin. Om kravet enligt riktlinjerna inte helt uppfylls så belastas punkten med ett avdrag som multiplicerat med punktens vikt-faktor ger en straffpoäng. Straffpoängen summeras efter granskningen för samtliga granskade punkter. Beroende på summa straffpoäng av möjlig straffpoäng för de granskade punkterna så hamnar maskinen i någon av klasserna A-E, där A är bäst och E är sämst. För en fullständig bedömning bör alla bedömningsområden granskas helt, men det är möjligt att utesluta bedömningsområden och genomföra en partiell granskning.

I Olssons (opubl.) ergonomiska granskning ingår 10 av totalt 16 bedömningsområden. Vibrationsnivåerna undersöktes på Skogforsks standardiserade testbana, medan övriga nio punkter granskades vid besök hos respektive tillverkare. Dessa nio punkter beskrivs i följande avsnitt.

Insteg

Insteg, ledstång och hyttddörr undersöktes. Mått, dimensioner och vinklar mättes och bedömdes med stöd av riktlinjerna (Gellerstedt m.fl., 2006). Av totalt 20 bedömningspunkter var två inte möjliga att undersöka, nämligen punkt 15 om hyttddörren stannade i öppet läge vid 15° lutning, samt punkt 16 som avser vilket moment (Nm) som krävs för att öppna och stänga dörren.

Hytt

I hytten mättes utrymmet med avseende på utrymme samt plats för personliga tillhörigheter, och om det finns utrymme att vända sig med stolen. Även hur lätt hytten kan städas samt förekomst av vassa hörn eller kanter bedömdes.

Sikt

Bedömningen av sikt omfattar dels hur väl operatören kan se i sitt huvudsakliga arbetsområde, dels hur god uppsikt operatören har runtom maskinen. Med en standardiserad operatörsplacering mäts synliga, skymda och blinda sektorer, hur nära inpå maskinen man har marksikt, funktion hos vindrutetorkare, defroster m.m. bedöms, med skilda krav beroende på vilken maskintyp som undersöks.

Reglage

Av de 14 aktuella punkterna i checklistan så granskades 10 punkter. Vissa relativt viktiga bedömningspunkter, t.ex. placering av primära och sekundära reglage enligt ISO 6682 har dock inte bedömts.

Arbetsställning

Arbetsställningen bedöms genom en bedömning av hur operatörer med olika kroppsstorlek och konstitution kan få en god arbetsställning med god sikt, om det går att byta arbetsställning och om stol, armstöd, knappar m.m. kan justeras för att skapa en individuellt anpassad arbetsplats.

Manualer och instruktioner

Manualer och instruktionsböcker kontrollerades i enlighet med instruktionerna i riktlinjerna.

Underhåll

Underhållsarbetet bedöms i två steg, Allmänna förutsättningar inkluderande mått, tillgänglighet och liknande samt Underhållsindex som ger en sammanvägning av maskinens underhållstyngd.

Allmänna förutsättningar

Dimensioner och mått på serviceplattformar med tillhörande trappsteg och ledstänger uppmättes. Instruktionsböckernas hjälpavsnitt granskades och tillverkarna intervjuades med avseende på säkerheten kring servicearbetet, t.ex. om maskinen kan vara avstängd vid underhåll, om huvar kan låsas i upplyft läge, lokalisering av batteri, möjlig belysning vid underhållsarbete etc. Även informationsergonomiska aspekter bedömdes, t.ex. tydlighet hos feldiagnoser som redovisades på skotarens dator. Av 30 bedömningspunkter undersöktes 28 punkter. Bedömningspunkterna 23 (hur stor kraft, Nm, som krävs för att öppna huvar för åtkomst till servicepunkter) och 30 (erforderlig gripkraft, N, för att utföra vanliga underhållsarbeten) granskades inte.

Underhållsindex

Underhållsindex baseras på hur ofta, omfattande och besvärligt underhållet av den aktuella maskinen är. Lägre index indikerar säkrare, enklare och snabbare underhåll. Även underhållspunkternas placering, tillgänglighet och utförande påverkar index. Ju högre frekvens, större fara, besvärligare eller tyngre underhållsarbetet är desto högre blir underhållsindex. Underhåll granskades inte fullt ut av Olsson (opubl.).

Belysning

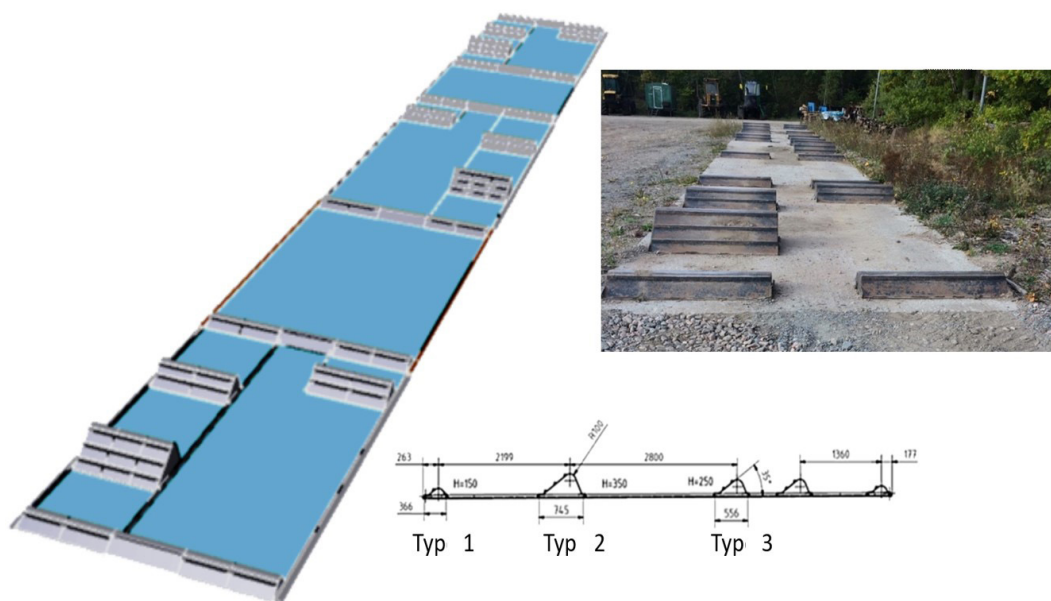
Belysningen på maskinerna bedömdes utifrån standardutförande vid leverans, d.v.s. utan eventuella tillval. Dessutom kontrollerades om standardljuset går att dimma eller släcka gruppvis vid behov, samt om man kan rikta om lamporna om maskindelar och fönster skapar störande reflektioner.

Gaser och partiklar

På detta bedömningsområde granskades luftfilter, hur lätt det är att byta och att avgaserna inte riktas mot hyttens luftintag. Dessutom kontrollerades att luften går att åter-cirkulera med automatisk avstängning.

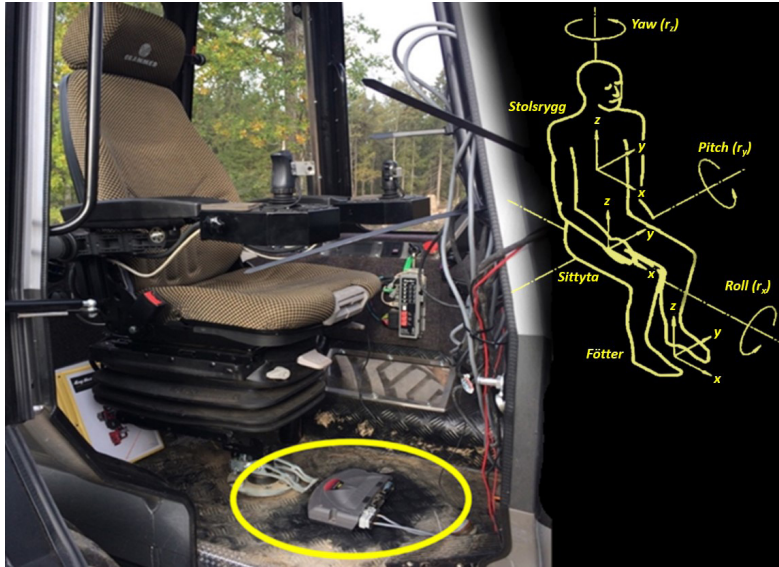
Vibrationer

Vibrationstest utfördes på Skogforsks standardiserade testbana i Jälla, strax norr om Uppsala. Fredrik Henriksen och Olle Gelin, båda Skogforsk, genomförde testerna. Fredrik Henriksen var testförare. Testbanan är 50 meter lång varav 28 meter består av standardiserade fasta hinder på en betongplatta, konstruerade för att motsvara ytstrukturklass 2. Tre typer av hinder ingår, med höjden 15, 25 respektive 35 cm (Figur 3). Malwas skotare kördes olastad på banan, fem gånger i 0,25 m/s, fem gånger i 0,5 m/s och tre gånger i hastigheten 0,75 m/s. Vid vibrationsmätningarna jämfördes Malwan med en Ponsse Buffalo som även utgjorde jämförelsemaskin vid spårdjupstestet.



Figur 3. Skogforsks standardiserade bana för vibrationstester i Jälla.

Maskinerna utrustas med en accelerometer (Figur 4) som mäter rörelse i x-, y- och z-led samt roll och pitch (Figur 4). Accelerometern fästs under förarstolen i maskinen (Figur 4) för att erhålla jämförbara värden på vibrationsexponering, men rensade från inverkan av förarens vikt och stolsberoende skillnader.



Figur 4. Accelerometers placering i hytten samt vibrations- och rotationsriktningar.

Skogforsk analyserade data över accelerationer (m/s^2) genom att kompensera för offset p.g.a. gravitation (drygt $9,8 \text{ m/s}^2$). Därefter omförs accelerationerna från tids- till en frekvensdomän med Fouriertransformation och ett RMS-värde (Root Mean Square, s.k. effektivvärde) beräknas enligt ISO 2631 för att därefter transformeras tillbaka till tidsdomän. RMS-värdet beräknas i komponenter för varje accelerationsriktning som har olika vikt beroende på den inverkan de har på människokroppen då värdet för daglig exponering för vibrationer, $A(8)$, beräknas enligt Arbetsmiljöverkets (2015) formel för beräkning av daglig vibrationsexponering:

$$A(8) = A_{\max} \sqrt{\frac{T}{8}}$$

Där $A_{\max}$ är den frekvensvägda accelerationen i den riktning av x, y och z som ger högst värde under varaktigheten T timmar (Arbetsmiljöverket, 2015). Varaktigheten beräknades under följande antaganden: Teknisk Utnyttjandegrad antogs vara 88 % (Nordfjell m.fl. 2010). Andelen av arbetstiden som åtgår för körning olastad antogs vara 24 %, för körning lastad 16 %, repektive för lastning och lossning 60 % enligt Rehn m. fl. (2005). Resultatet jämfördes med arbetsmiljölagen (Arbetsmiljöverket, 2015) som reglerar den mängd vibrationer som en förare av en skogsmaskin får utsättas för under en arbetsdag.

Både *Komfort*- och *Hälsovärde* redovisas i studien. Komfortvärdet är intressant då det inkluderar flertalet accelerationsriktningar medan Hälsovärdet indikerar maskinens inverkan på människokroppen enligt Arbetsmiljöverkets (2015) föreskrifter. Det angivna *Komfortvärdet* avser ett medeltal av RMS-värdena i dominanta riktningarna, inkluderat rotationsaxlarna Roll och Pitch. Värdet beräknas enligt

$$a_v = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2} \quad (\text{vibrationens totalvärde})$$

Hälsovärdet baseras enbart på maxvärdet av x-, y- och z-riktningarna med multiplikationsfaktorer (Tabell 3) som avser att återspegla deras respektive inverkan på människokroppen och beräknas med uttrycket

$$a_{\max} = \max(k_x a_{wx}, k_y a_{wy}, k_z a_{wz}) \quad (\text{vibrationens totalvärde})$$

Tabell 3. Multiplikationsfaktorer (enligt ISO 2631-1) för uträkning av Komfortvärde respektive Hälsovärde.

Vibrationsled	Komfortvärde	Hälsovärde
Y-led: W_d, k_X	1	1,4
Y-led: W_d, k_Y	1	1,4
Z-led: W_k, k_Z	1	1
Roll r_x (stolsyta): W_e, k_{rx}	0,63 m/rad	-
Pitch r_y (stolsyta): W_e, k_{ry}	0,4 m/rad	-

Klassning av bedömningsområdena enligt ergonomiska checklistan

De granskade maskinerna erhöll för varje bedömningsområde en klass enligt den ergonomiska checklistan, som visas i Tabell 4.

Tabell 4. Klasser enligt den ergonomiska checklistan samt klassvidd i procent av antalet straffpoäng. Klassningen ska egentligen utföras på en fullständig granskning, men i denna studie, som endast utförts för delar av bedömningspunkterna, beräknas klasserna på procent av poäng för de bedömda punkterna. Färgkodningen av klasserna utnyttjas i sammanställningen i resultatkapitlet.

Klass	Nedre klassgräns	Övre klassgräns	Kommentar
A	0 %	3 %	Uppfyller riktlinjerna för säkerhet, ergonomiskt mycket bra
B	> 3 %	10 %	Uppfyller riktlinjerna för säkerhet, ergonomiskt bra
C	>10 %	25 %	Uppfyller riktlinjerna för säkerhet, ergonomiskt acceptabel
D	>25 %	50 %	Uppfyller riktlinjerna för säkerhet, ergonomiskt ej acceptabel
E	>50 %	100 %	Uppfyller ej riktlinjerna för säkerhet, ergonomiskt ej acceptabel

SPÅRDJUPSTEST

Spårdjupstesterna genomfördes första veckan i september 2017 på en åker med mäktig organogen jord ca 7 km SO Tierp i norra Uppland (60°18'49.4"N 17°37'40.3"E). Förhållandena är mycket gynnsamma för jämförande studier av markpåverkan och spårbildningstendenser och har använts under flera upprepade spårdjupstester av Skogforsk. Men de absoluta mätvärdena som erhålls på denna "extrema" mark ska inte ses som indikationer på spårdjup som kan förväntas vid praktisk körning på skogsmark. Malwan kördes i detta test tillsammans med tre andra skotare. I denna rapport jämförs Malwan med Ponsse Buffalo 8W. Malwaskotaren med trailer (Figur 5) kördes av Magnus Wallin, Malwa och Ponsseskotaren av Anders Jacobsson, Ponsse Sweden AB.



Figur 5. Malwa 560 F utrustad med trailer (vikt 800 kg) och kompositband under spårdjupstest 2017.

Maskinernas tjänstevikt kontrollerades med portabla fordonsvågar. Vikterna noterades för varje hjul separat dels tjänstevikten (tom, fulltankad med förare) dels lastad till 75 % av uppgiven tillåten lastvikt, också fulltankad och med förare. Resultaten sammanfattas i Tabell 5. som fokuserar på viktfordelningen fram och bak.

Tabell 5. Maskinvikt och viktfordelning mellan fram- och bakvagn för de jämförda skotarna

Maskin	totalvikt, kg	varav framvagn	varav bakvagn	last
Buffalo 8W (band*) tom	22 670	14 360	8 310	–
Buffalo 8W (band*) lastad	33 820	14 640	19 180	12 520
Malwa (band**) tom	7 940	6 210	1 730	–
Malwa (band**) lastad	14 470	9 210	5 260	(6 530)

* Olofsfors ECO-Track-Baltic

** Malwa kompositband (Figur 7)

Testbanor och spårdjupsmätning

Spårbildning mättes på en rak bana och en slombana (Figur 6). Skotarna kördes tio överfarter (Ponsse Buffalo) eller 15 överfarter (Malwa 560 F) i en hastighet av 3–4 km/tim. Spårbildningen på den raka banan mättes i båda hjulspåren på 15 fasta mätpunkter med 2 m intervall, dvs totalt 300 mätningar/bana, med ett stort skjutmått (Figur 7).



Figur 6. Drönarfoto som visar testens layout med slombanor och raka banor.



Figur 7. Spårdjupet mäts på de raka banorna.

På slalombanorna mättes spårdjupet i stället med rotationslaser och mätsticka (Figur 8) för att undersöka effekterna av skjuvning vid maskinens kurvtagning. Också här mättes spårdjupet i båda hjulspåren, vinkelrätt mot körriktningen på fasta mätpunkter på 2 meters avstånd räknat mitt emellan hjulspåren. Mätningar gjordes efter var och en av 1–5 överfarter och sedan efter 8:e och 10:e överfarten.



Figur 8. Spårdjupsmätning med rotationslaser och mätsticka på slalombanorna. (Den maskin som syns på bilden är en prototyp med gummiband, från ett annat test än det som beskrivs i denna Arbetsrapport).

Mätning av markegenskaper

Samtliga testbanor mättes med konpenetrometer före undre och efter genomfört test (Figur 9) för att säkerställa att testbanorna var och förblev likartade under testet. Mätningarna gjordes med en Eijelkamp konpenetrometer med en ASAE standardkona (30°, 2,1 cm diameter, 3.3 cm²) som drevs ned med en ungefärlig penetrationshasighet på 3 cm/s till 80 cm djup (eller tills motståndet överstiger 1,5 MPa, vilket ej inträffade).



Figur 9. Konpenetrometer användes för att undersöka markens beskaffenhet före, under och efter spår-djupstest.

Resultat

PRESTATION

De tidsstudier som genomfördes 2016 (Gustavsson, 2017) visade att det konventionella systemet hade en signifikant ($p < 0,001$) lägre tidsåtgång per avverkad m^3 fub än Malwa-systemet. Vid en skördad medelstam på $0,04 m^3$ fub var tidsåtgången 29% lägre för JD 1170-skördaren jämfört med Malwa 560H. Gustavsson (2017) beräknade följande funktioner för tidsåtgången för materialet från 2016 års studier:

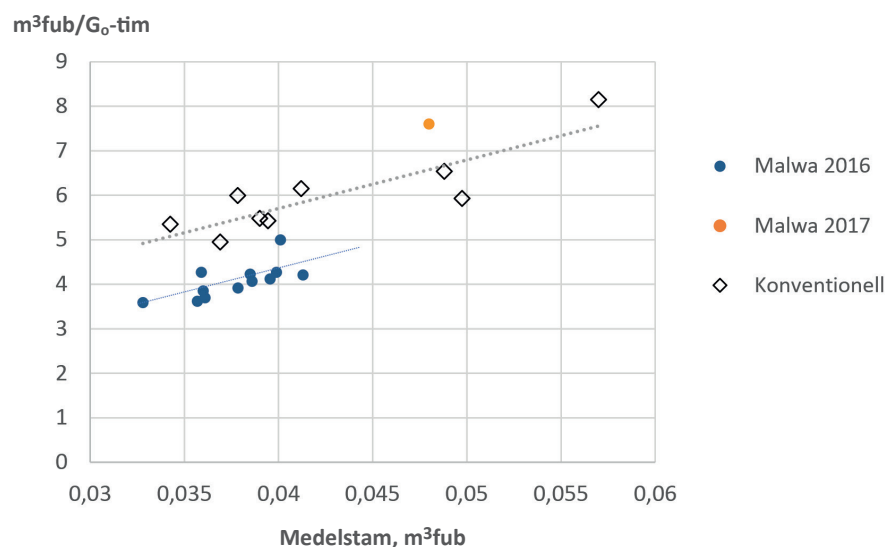
$$\text{Tidsåtgång, } G_0 \text{ tim}/m^3 \text{fub}_{\text{Malwa 560H}} = -7,3744x + 0,5293 \quad (R^2 \text{ } 0,60)$$

$$\text{Tidsåtgång, } G_0 \text{ tim}/m^3 \text{fub}_{\text{JD 1170}} = -3,73x + 0,3205 \quad (R^2 \text{ } 0,70)$$

Användning av dessa funktioner bör ske med reservationen att de gäller under de specifika förutsättningar som gällde för de utförda studierna.

Med de timkostnader som antogs för studien och en TU på 85 procent för båda skördarna kostar Malwa-avverkningen, vid medelstam $0,04 m^3$ fub, $257 \text{ kr}/m^3$ fub vilket är 5 kr mer per kubikmeter än för den konventionella skördaren.

Prestationens beroende av de avverkade trädens volym är tydlig för båda systemen (Figur 10). I medelstamregistret $0,03\text{--}0,06 m^3$ fub/stam ger tio liter ökning i stamvolym cirka en kubikmeter högre prestation per G_0 -timme.



Figur 10. Observerade prestationsnivåer för Malwa-systemet och ett konventionellt system JD 1170 observerade av (Gustavsson, 2017) samt enligt den kompletterande studie som utfördes av Skogforsk (Brunberg & Lundström, 2017). Tendensen är att Malwa-systemet har en lägre prestationsnivå än det konventionella systemet, med en liknande känslighet för medelstamvolym. Trendlinjerna baseras enbart på de studier som utfördes 2016.

Arbetsmomenten *fällning*, *upparbetning* och *röjning* tog signifikant längre tid för Malwa 560H än för JD 1170. Flerträdshantering ger konventionell teknik möjlighet att arbeta med betydligt högre prestation än vad Malwa kan uppnå, men utnyttjades inte under denna studie.

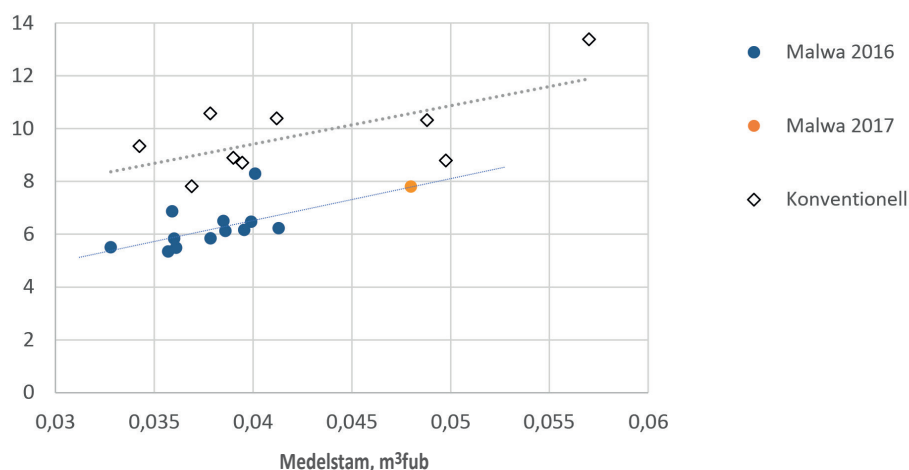
Den konventionella skotaren, Ponsse Wisent hade signifikant ($p < 0,001$) högre prestation än Malwa 560C. Vid 200 m terrängtransportavstånd var tidsåtgången för Malwa 0,165 och för Ponsse 0,09 $G_0\text{-h}/\text{m}^3\text{fub}$, en skillnad på 83 procent. Med de kostnader som använts för skotarna kostar Malwa, vid 200 m skotningsavstånd, 118 kr/ m^3fub vilket är 45 kr mer per kubikmeter än för Ponsse Wisent.

Totalt visar studierna från 2016 (Gustavsson, 2017) att Malwa-systemet ger en fördyring av drivningskostnaden på cirka 50 kr/ m^3fub vid en medelstam på 0,04 m^3fub och ett skotningsavstånd på 200 m.

Normering av resultatet från tidsstudie 2017

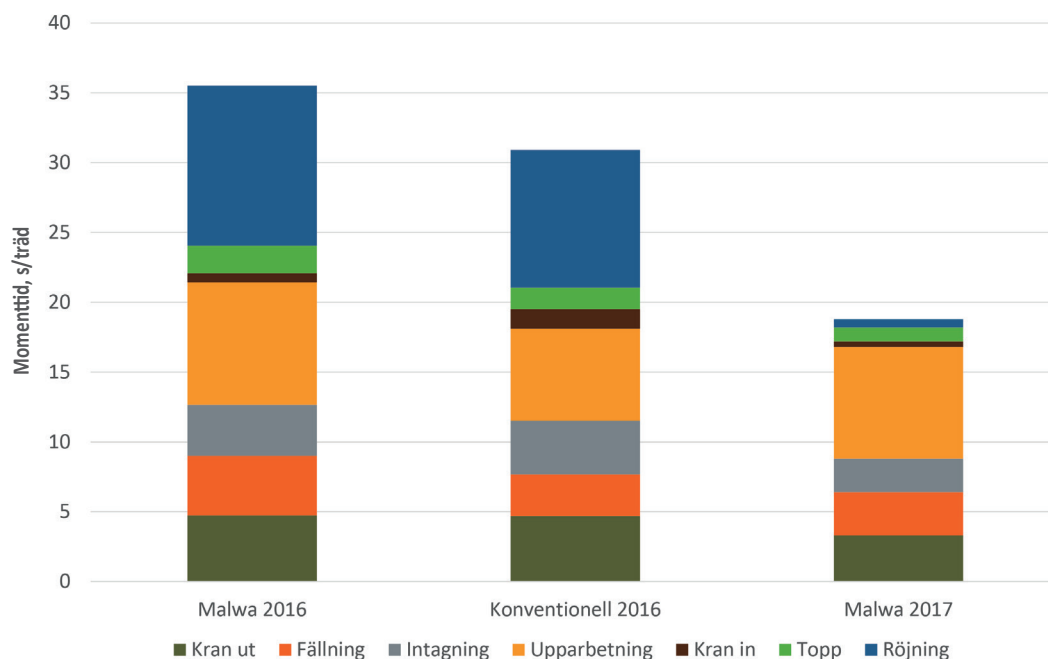
Studie av avverkning med Malwa-skördare 2017, vilken genomfördes för att ge en bild av Malwas prestation vid något grövre medelstam, skedde i ett bestånd utan besvärande underväxt. Prestationen kan därför inte direkt jämföras med siffrorna från 2016 års studier. En normering av materialet med avseende på arbetsmomentet röjning genomfördes. Resultatet av denna operation visas i Figur 11. Som synes ligger studieresultatet från 2017 väl i nivå med de prestationer som observerades av Gustavsson (2017). Någon tendens till avtagande prestation då medelstammen ökat från 40 till 50 liter är inte märkbar.

$\text{m}^3\text{fub}/G_0\text{-tim}$



Figur 11. Samma observationer av prestationer som i Figur 10, ovan, men normerat med hänsyn till röjning. Detta torde gynna Malwasystemet marginellt, men det framgår ganska klart att Malwan har en cirka 20–30 % lägre prestation än det konventionella systemet. I det undersökta medelstamsintervallet motsvarar detta cirka 2 $\text{m}^3\text{fub}/G_0\text{tim}$. Den studie som genomfördes i det något grövre beståndet 2017 följer detta mönster, inga tendenser syns till ökande svårighet för Malwa-skördaren då medelstammen närmar sig 0,05 m^3fub

Arbetsmomentanalys



Figur 12. En jämförelse av skördararbetets fördelning på arbetsmoment i de båda utförda studierna.

De två vänstra staplarna i Figur 12 (Gustavsson, 2017) visar att den konventionella skördaren framförallt var effektivare i momenten fällning, upparbetning och röjning. Då det gäller momenten kran ut, intagning och kran in bör man hålla i minnet att Malwa 560H har en kran på 6,2 m medan JD 1170E har en kran på 11,3 m. Detta innebär att den genomsnittliga kranrörelsen per moment kommer att bli betydligt längre för JD 1170E.

Stapeln till höger i Figur 12 visar momentfördelning vid studien av Malwa i det något grövre beståndet (Brunberg & Lundström, 2017). Bilden av skillnaden mellan de båda skördarna är likartad även om behovet av underröjning varit betydligt mindre i det något grövre bestånd som avverkades i 2017 års studie.

Funktionen för tidsåtgång över stamvolym, $T = s/\text{träd}$ och $V = \text{medelstamvolym, m}^3/\text{träd}$ blev i 2017 års studie:

Upparbetning	Körning + övrig tid + röjning
$T=13,2+104*V$	4,7

BRÄNSLEFÖRBRUKNING PER KUBIKMETER

Gustavsson (2017) mätte i sina studier även bränsleförbrukningen för de jämförda maskinsystemen. Som ett medeltal för de fem klena (cirka 0,04 m³fub/stam) försöksytorna åtgick 1,73 (0,06) l/m³fub för Malwaskördaren (standardavvikelsen inom parentes) och 0,84 (0,07) l/m³fub för Malwaskotaren. För skördaren JD 1170E var bränsleförbrukningen 2,36 (0,07) l/m³fub medan skotaren, Ponsse Wisent, klarade sig med 0,70 (0,11) l/m³fub.

Den konventionella skotaren hade, i detta försök, något lägre drivmedelsåtgång än Malwa, medan Malwas skördare hade 36 procent lägre drivmedelsåtgång per kubikmeter. För Malwasystemet som helhet var åtgången 2,6 l/m³fub medan det konventionella systemet behövde 3,1 l/m³fub.

GALLRINGSKVALITET

Jämförelsen av gallringskvalitet mellan Malwasystemet och det konventionella systemet (JD 1170E och Ponsse Wisent) baseras på 2016 års studier, redovisade av Gustavsson (2017). Några beståndsdata före och efter gallring för studierna utförda 2016 presenteras i Tabell 6.

Tabell 6. Beståndsdata före och efter gallring per provyta och i medeltal för 2016 års studier.

	Medel- höjd, m	Grundyta före gallr. m ² /ha	Grundyta efter gallr. m ² /ha	St/ha före gallr.	St/ha efter gallr.	Diam. uttag mm	Gallrings- kvot
Malwa 1	12	24,1	13,3	2278	870	113	0,72
Malwa 2	13	30,6	19,2	2722	1167	106	0,67
Malwa 3	13	36,0	22,0	2806	1361	127	0,77
Malwa 4	13	23,3	13,0	2292	958	102	0,78
Malwa 5	11	26,7	16,3	2583	1306	113	0,80
Konv 1	12	25,5	14,5	2197	1000	123	0,79
Konv 2	13	28,9	16,5	2288	1030	125	0,77
Konv 3	13	32,5	18,2	2652	1152	126	0,75
Konv 4	13	31,7	19,0	2159	977	132	0,74
Konv 5	11	25,1	14,4	2470	1106	110	0,77
Medel Malwa	12,4	28,1	16,8	2536	1132	112	0,75
Medel Konv	12,6	28,7	16,5	2353	1053	122	0,76

Grundyta och gallringskvot

Den genomsnittliga grundytan var i stort sett lika i medeltal för båda systemen, 28,1 m², för Malwa- och något högre, 28,7 m², för John Deereskördaren. Samma gallringsinstruktion gällde för båda systemen. Den konventionella skördarens uttag, räknat på grundyta var 2,1 % högre jämfört med Malwan, men denna skillnad är inte signifikant utan maskinerna har klarat denna uppgift lika väl.

Måttet gallringskvot skapas genom att medeldiameter hos utgallrade träd divideras med medeldiametern hos kvarvarande bestånd. Båda skördarna hade en gallringskvot under 0,75 (Malwa) respektive 0,76, d.v.s. de hade genomfört en låggallring. Malwans gallringskvot var 0,016 lägre än för JD 1170E, men inte heller detta var en statistiskt signifikant skillnad. Även här är intrycket att båda maskinerna har lyckats lika väl.

Stamantal och medelstam

Efter gallring var stamantalet något högre (79 st/ha) i medeltal på provytor gallrade med Malwa. Skillnaden hade dock utjämnats i förhållande till stamantalet före gallring, då Malwaytorna höll 2536 st/ha vilket var 183 st/ha fler än i de ytor som gallrades av JD 1170E. Att de ytor som gallrades med konventionell skördare trots detta hade högre grundyta före gallring antyder att medelstammen varit högre på dessa provytor, vilket inte omöjliggör jämförelser av prestation, men försvårar en direkt jämförelse av gallringsingreppets kvalitet. Även här är dock skillnaden mycket liten.

Beståndsskador och stickvägar

För båda systemen noterades 5 skadade stammar totalt på ingående provytor. Det är känt att man vid inventering missar ungefär en tredjedel av skador som finns i beståndet, vilket innebär att det verkliga antalet kanske kan uppgå till 6–7 stammar för vardera försöksledet. Malwa avverkade 1,94 ha provyta med ett stamantal på 1132 st/ha efter gallring. Provytearealen för det konventionella systemet var 2,73 ha med ett stamantal på 1053 stammar/ha efter gallring. Det innebär en noterad skadefrekvens på endast 0,2 %, för båda systemen, vilket är mycket lågt. En skicklig och motiverad förare kan således gallra skadefritt med såväl en beståndsgående, liten skördare som med en konventionell stickvägsgående maskin. Skillnader i skadefrekvenser, till de beståndsgående maskinernas fördel har rapporterats, t.ex. av Edlund (2015) och Öberg (2016). Det förefaller dock rimligt att anta att förarens förmåga är av överordnad betydelse för skadefrekvens och gallringskvalitet än valet av tekniskt system (Fröding, 1983).

Stickvägarna var för Malwasystemet endast 3,1 m breda i medeltal, medan det konventionella systemets stickvägar var 4,4 m vilket är över de 4,3 m som rekommenderas av Södra Skogsägarna. Gustavsson (2017) anger att detta delvis kan sammanhålla med att de på provytorna snitslade stickvägarna delvis lagts parallellt med planteringsraderna vilket ibland gjorde det nödvändigt att avverka två rader.

Stickvägsavståndet var 12,6 m för Malwa-ytorna mot 22,7 m efter gallring med JD 1170E. Det innebär att stickvägsarealen uppgår till 24 % för Malwa medan det konventionella systemets bredare stickvägar täcker 20 % av beståndsarealen. Malwan hade trots detta avverkat 6 % färre stammar i stickväg än JD-skördaren, men andelen grova stickvägsträd var högre för den lilla skördaren.

ARBETSMILJÖN I MALWA 560

Granskning enligt ergonomisk checklista

I Tabell 7 redovisas vilka poäng som erhöles i respektive område vid granskningen av Olsson (opubl.).

Tabell 7. Maximal och utdelad straffpoäng, klassintervall och erhållen klass per bedömningsområde. (Klassintervall med kursiv text anger att klassen omräknats p.g.a. att endast delar av bedömningspunkten granskats).

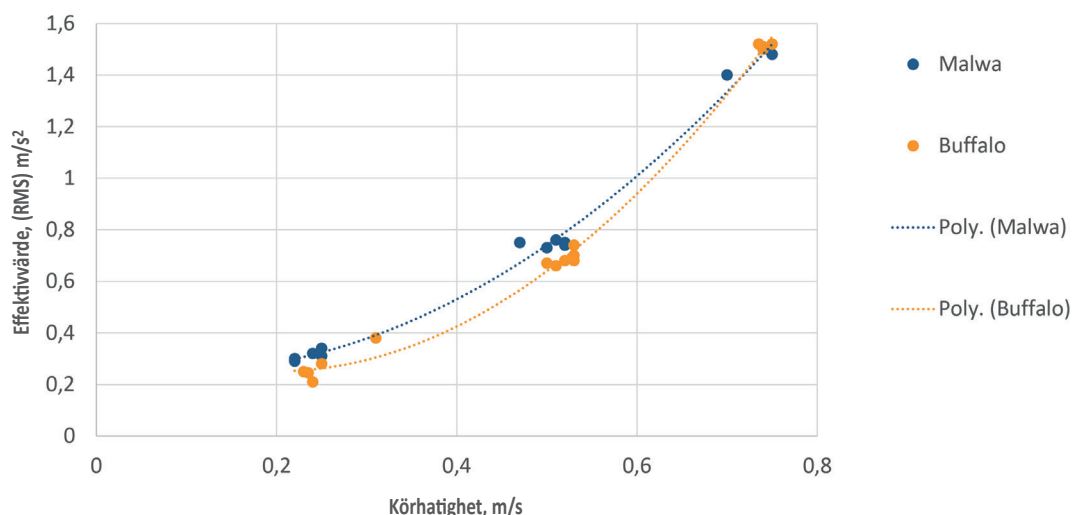
Område (max poäng)		Malwa 560	Komatsu 845	Anmärkning
Insteg (592)	Straffpoäng Klassintervall Klassning	181 <i>148 – 296</i> D	145 <i>59 – 147</i> C	Maximalt 592 poäng på granskade punkter, d.v.s. 95 % av totalt möjligt. Klassvidden räknas om till 95 % av riktlinjernas totala klassvidd.
Hytt (327)	Straffpoäng Klassintervall Klassning	83 <i>82 – 164</i> D	17 <i>10 – 33</i> B	Främst det sämre utrymmet i huvudhöjd i Malwan har bidragit till straffpoäng.
Sikt (224)	Straffpoäng Klassintervall Klassning	40 <i>22 – 56</i> C	44 <i>22 – 56</i> C	Maximalt 224 poäng, d.v.s. 79 % av totalt möjligt. Klassvidden har omräknats till 79 % av riktlinjernas totala klassvidd.
Reglage (210)	Straffpoäng Klassintervall Klassning	6 <i>0 – 6</i> A	12 <i>12 – 21</i> B	Maximalt 210 poäng, d.v.s. 49 % av totalt möjligt. Klassvidden har omräknats till 49 % av riktlinjernas totala klassvidd.
Arbetsställning (151)	Straffpoäng Klassintervall Klassning	51 <i>38 – 75</i> D	35 <i>16 – 37</i> C	
Gaser & partiklar (238)	Straffpoäng Klassintervall Klassning	54 <i>24 – 60</i> C	40 <i>24 – 60</i> C	Maximalt 238 poäng, d.v.s. 80 % av totalt möjligt. Klassvidden har omräknats till 80 % av riktlinjernas totala klassvidd.
Belysning (95)	Straffpoäng Klassintervall Klassning	11 <i>10 – 24</i> C	9 <i>3 – 9</i> B	Maximalt 95 poäng, d.v.s. 94 % av totalt möjligt. Klassvidden har omräknats till 94 % av riktlinjernas totala klassvidd.
Underhåll (696)	Straffpoäng Klassintervall Klassning	43 <i>22 – 70</i> B	111 <i>71 – 654</i> C	696 poäng, d.v.s. 47 % av totalt möjligt. Klassvidden har omräknats till 47 % av riktlinjernas totala klassvidd. Komatsu 845 underkänd på två handtagsavstånd och storlek på en serviceplattform.
Dokumentation (660)	Straffpoäng Klassintervall Klassning	456 <i>330 – 660</i> E	200 <i>165 – 329</i> D	Båda skotarna belastas med 60 poäng för att ergonomisk granskning enligt riktlinjerna ej redovisas i handboken.
Vibrationer (60)	Straffpoäng Klassintervall Klassning Exponering A(8)	4 <i>2 – 6</i> B 0,53 m/s ²	4 <i>2 – 6</i> B 0,55 m/s ²	Maximalt 60 poäng, dvs 50 % av totalt möjligt. Klassvidden har omräknats till 50 % av riktlinjernas totala klassvidd.

I Olssons (opubl.) arbete jämfördes Malwa 560C i skotarutförande med Komatsu 845, en vanlig, ”mogen” mellanstor skotare i syfte att undersöka den lilla maskinens arbetsmiljö jämfört med en etablerad konventionell maskin.

I Olssons studie blev vibrationsvärdet likartat mellan maskinerna men i testet togs ingen hänsyn till att K 845 oftast har hyttedämpning (Hasselryd, 2015). Detta ger lägre vibrationsnivåer (Jönsson m.fl. 2010). Skogforsk utförde därför en ytterligare test med skotaren Ponsse Buffalo. Resultatet redovisas i nästa avsnitt. Malwan visade sig ge en likartad exponering för vibrationer, även jämfört med Ponsseskotaren.

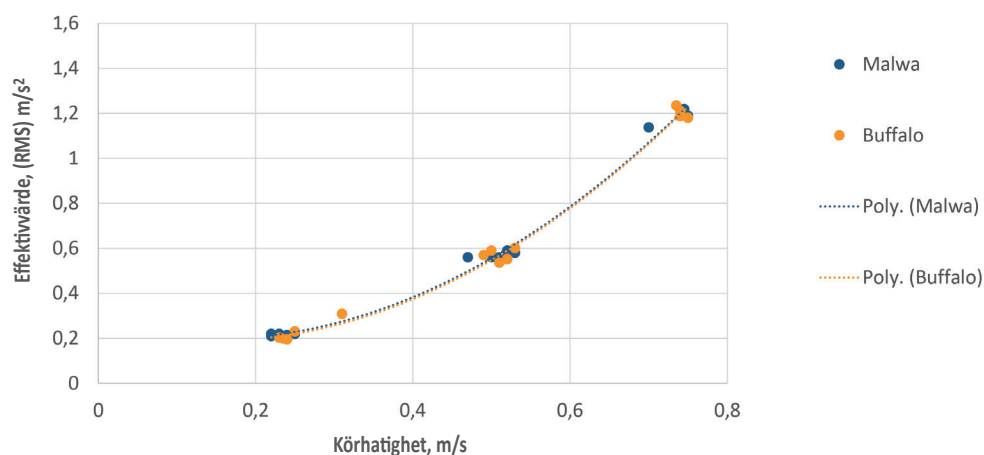
Test på vibrationsbana

Resultatet av vibrationstesterna framgår av Figur 13 (Komfortvärde) och Figur 14 (Hälsövärde). Ett oväntat resultat var att Malwan endast uppvisar marginellt sämre komfortvärde än Ponsse Buffalo, och att hälsövärdet är i stort sett identiskt för båda maskinerna. Förklaringen torde i hög grad stå att finna i det faktum att Malwan är just en liten maskin – föraren sitter endast cirka 1,6 m ovan marken och därmed blir pendelrörelsen relativt begränsad vid passage av hinder (rotationshastigheten ökar med pendellängden i kvadrat). På en skotare som Ponsse Buffalo sitter föraren ungefär på 2,4 m höjd. Eventuellt kan även den mekaniska transmissionen i kombination med kort boggilåda ha hjälpt till att bromsa hjulen nedför hindren.



Figur 13. Uppmätt effektivvärde, m/s^2 avseende Komfortvärde för vibrationer vid varierande körhastighet på Skogforsks vibrationsbana med Malwa 560 respektive Ponsse Buffalo. Linjerna utgör polynomiella utjämningar av observationerna utförda med Excel.

För helkroppsvibrationer anges i Arbetsmiljöverkets (2015) föreskrifter insatsvärde $0,5 \text{ m/s}^2$ och gränsvärde $1,1 \text{ m/s}^2$ vid vibrationsexponering A(8) för en 8-timmars arbetsdag. Båda maskinerna når gränsvärdet vid en körhastighet strax under $0,75 \text{ m/s}$ och insatsvärdet uppnås vid cirka $0,45 \text{ m/s}$ (Figur 13) vid körning på vibrationstestbanan som byggts för att motsvara ytstrukturklass 2. Körningen på testbanan avspeglar dock inte arbetsförloppet under normalt arbete med alla dess moment och variation i terrängförhållanden. De flesta förare anpassar erfarenhetsmässigt sin körhastighet så att de upplever vibrationsexponeringen som acceptabel. Då ytstrukturen försämras så sänker man körhastigheten.

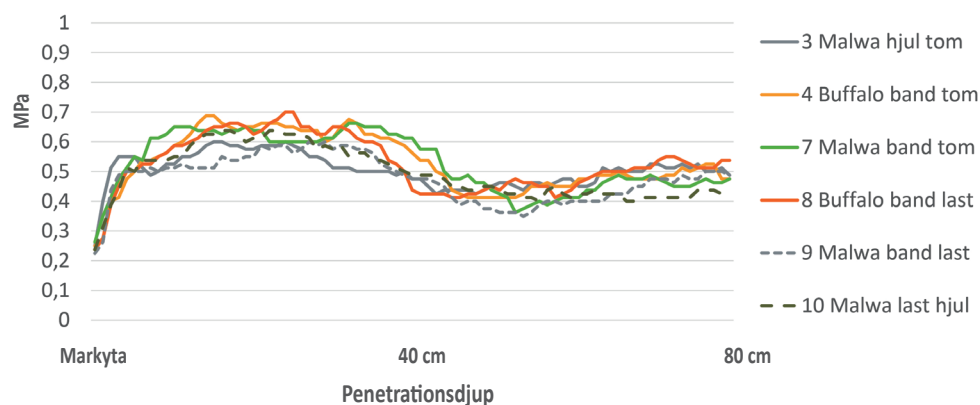


Figur 14. Uppmätt effektivvärde, m/s^2 avseende Hälsovärde för vibrationer vid varierande körhastighet på Skogfors vibrationsbana med Malwa 560 respektive Ponsse Buffalo. Linjerna utgör polynomiella utjämnningar av observationerna utförda med Excel.

SPÅRDJUPSTEST

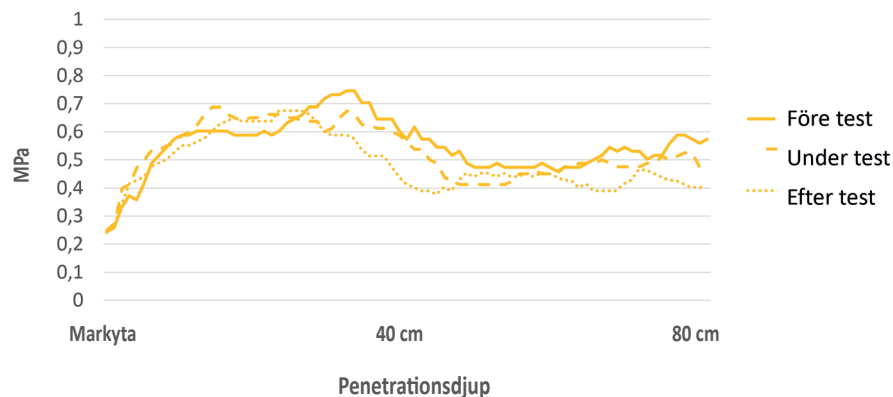
Homogenitet och likvärdighet för testbanorna

För att säkerställa att förhållandena var homogena och likvärdiga testades spårdjupsbanorna till ett djup av 80 cm med konpenetrometer, före under och efter avslutat test. Därmed kunde kontrolleras om penetrationsmotståndet påverkats av maskinernas överfart. I Figur 15 visas resultatet av testet. Som exempel visas sex av de totalt 16 banorna eftersom grafiken annars är oläsbar p.g.a. den stora likheten mellan banorna.



Figur 15. Exempel på konpenetrationsmotstånd efter påbörjat test för testbana 3, 4, 7, 8, 9 och 10. Figuren visar att markförhållandena är mycket homogena och att inga signifikanta skillnader finns mellan banorna.

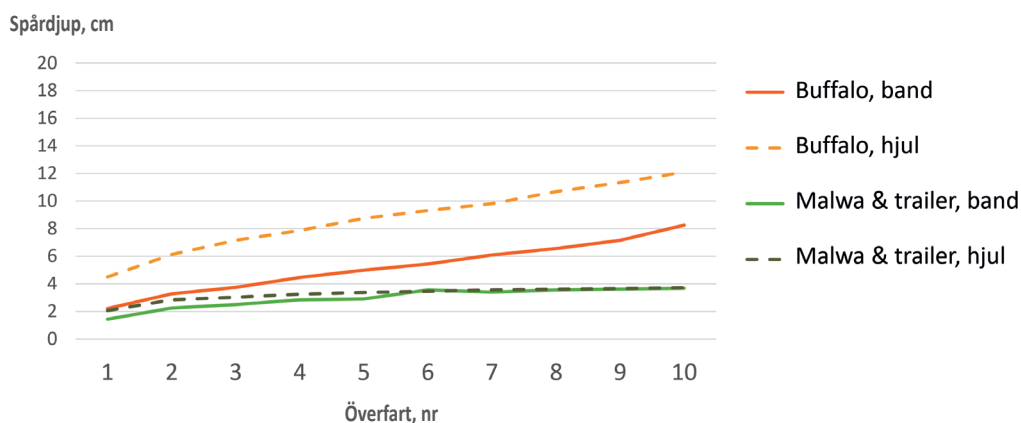
Figur 16 visar, också som ett exempel, registrerat konpenetrationsmotstånd för bana 4 före, under och efter test. Profilerna är nästan identiska vilket visar att marken ej märkbart förändrats av de upprepade överfarterna. Resultaten är likartade för båda maskinerna och samtliga banor.



Figur 16. Konpenetrationsmotstånd på Rak bana 4, Buffalo med band, tom: före, under och efter genomfört test. Resultaten visar att markens konpenetrationsmotstånd ej märkbart förändrats under testets gång.

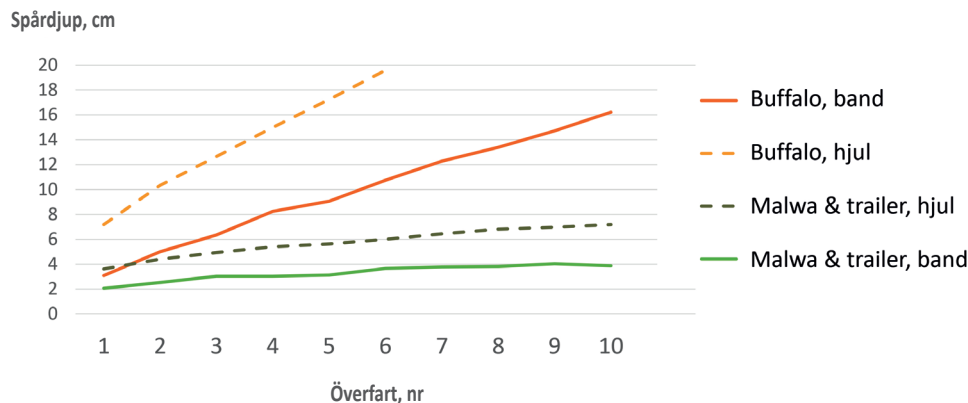
Spårbildning på rak bana

Malwan och jämförelsemaskinen, den åttahjuliga Ponsse Buffalo, kördes tomma på de raka testbanorna och spårdjupsutvecklingen mättes efter varje passage. Maskinerna kördes både med och utan band (Olofsfors Eco-Track-Baltic). Resultatet redovisas i Figur 17. Ponsseskotaren har, som förväntat, betydligt kraftigare spårbildning än Malwa. En skillnad mellan maskinerna är att Buffalon har tydligt mindre spårbildning med band än med hjul vid körning på rak bana, medan skillnaden är betydligt mindre för Malwan. För Malwan finns dessutom en tendens till avtagande spårbildning efter cirka fem överfarter. Skillnaderna mellan Buffalo med och utan band är signifikanta, liksom skillnaden mellan Malwa och båda Buffalo-serierna. För Malwa föreligger ingen signifikant skillnad vid körning med eller utan band.



Figur 17. Spårbildning efter körning med och utan band, utan last på rak bana (genomsnitt av V och H spår).

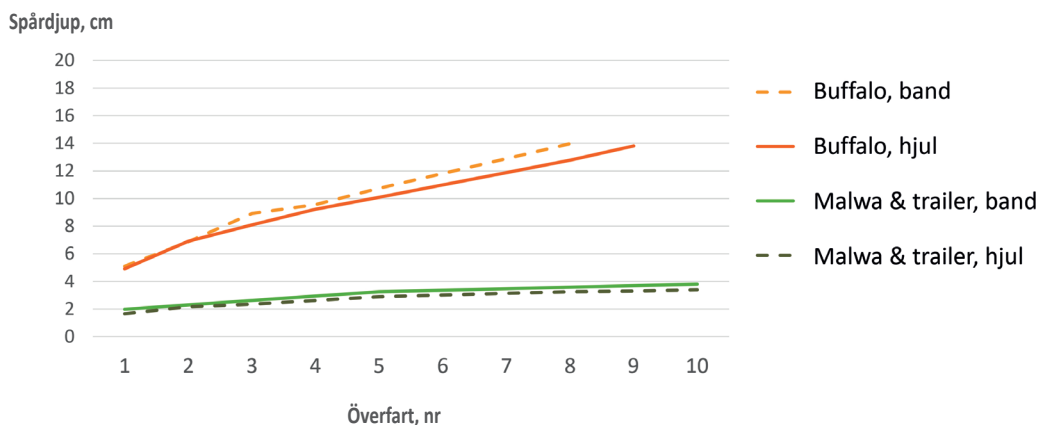
Maskinerna kördes även på rak bana med last, Buffalon med 10,5 ton massaved och Malwan med totalt 6,5 ton (inkl. trailer). Spårbildningen framgår av Figur 18. För Buffalo på hjul avbröts testet efter 6 överfarter, då spårdjupet närmade sig 20 cm, för att inte försvåra återställning av provområdet.



Figur 18. Spårbildning vid körning rakt fram med last, med eller utan band (genomsnitt av V och H spår). För Ponsse Buffalo avbröts testet med hjul efter 6 överfarter.

Spårbildning på slalombana

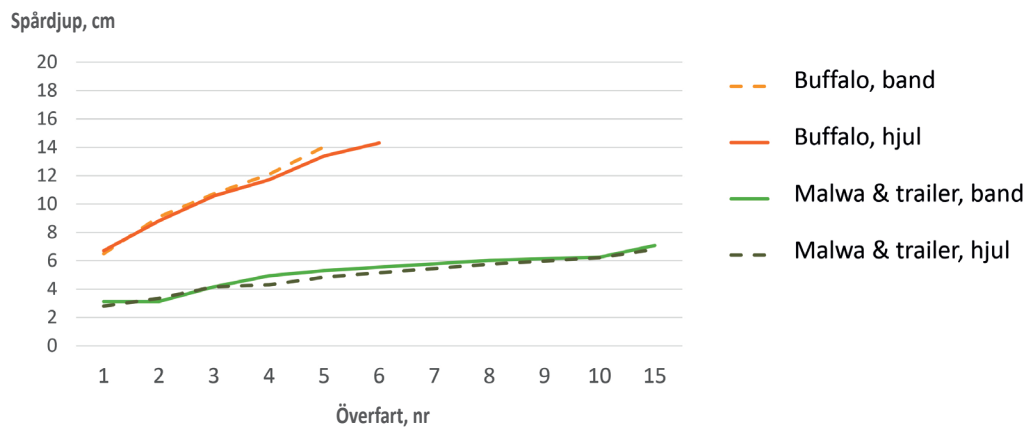
Även på slalombana kördes maskinerna tomma och med last, med och utan band, på samma sätt som på de raka teststräckorna. Här mättes spårdjupet efter varje överfart till och med nr 5, och sedan efter överfart nr 8 och nr 10. Resultatet för lastade maskiner redovisas i Figur 19. Man ser att Buffalons metallband genom ganska aggressiv skjuvning ger upphov till mer omfattande spårbildning än då maskinen kördes rakt fram. Den uppvisar nu spårbildning i nivå med då maskinen körs utan band. Malwa har fortfarande mycket begränsad spårbildning, såväl med som utan band. Skillnaden mellan Malwa och Buffalo är signifikant.



Figur 19. Spårbildning (genomsnitt av V och H spår) då maskinerna körts tomma på slalombana.

Maskinerna kördes även lastade med 10,5 (Buffalo) respektive 6,5 (Malwa + trailer) ton massaved på slalombana. Resultatet visas i Figur 20. För Buffalo med band avbröts försöket efter fem överfarter och för Buffalo utan band efter sex överfarter, eftersom klara resultat erhållits och för att minska arbetet med att återställa testområdet. Det är intressant att notera att spårbildningen, för Buffalon, är relativt likartad såväl med som utan band. Det kan indikera att nackdelen av mindre markkontaktarea då maskinen körs med hjul uppvägs av minskad tendens till skjuvning och lägre vikt de förhållanden som rådde på försöksområdet. Givetvis bör maskinens dragkraft ha påverkats negativt då den körs utan band, men detta mättes inte.

Malwa uppvisar även på slalombanan mycket låg spårbildning, såväl med som utan band. För Malwa utsträcktes försöket till att omfatta 15 överfarter, för att även generera värden vid lika stort totalt transportarbete som för Buffalon efter planerade tio överfarter. Ökningen av Malwans spårdjup var mycket måttlig, från cirka 6 cm vid tio överfarter till cirka 7 cm efter 15 överfarter.



Figur 20. Spårbildning (genomsnitt av V och H spår) då maskinerna körts lastade på slalombana. Försöket avbröts efter fem respektive sex överfarter för Buffalo, men utsträcktes till 15 överfarter för Malwa.

Diskussion och slutsatser

Brunberg (2000) konstaterade i en studie av engreppsskördare i gallring att de medelstora skördarna har ett bredare användningsområde eftersom de klarar att avverka samtliga gallringstyper, medan små skördare begränsas till klena gallringar i goda till medelgoda terrängförhållanden. Småskördarna (Rottne 2004, FMG 470, Valmet 701 och Sampo) hade enligt studien en kostnadsfördel i de klenaste gallringarna, som en följd av lägre drifts- och underhållskostnader. Vid sänkt årsproduktion, t. ex. vid lågkonjunktur eller p.g.a. inoptimalt val av bestånd så försvinner denna fördel, då nedgången i avverkad volym är cirka 17 %. Även begränsad framkomligheten i snö kan vara en faktor att ta hänsyn till i de norra delarna av landet (Brunberg, 2000).

Frågan om lämplig skördarstorlek i gallring har undersökts av Skogforsk även vid senare tillfällen. (Brunberg m.fl. (2009) redovisar en jämförande studie av JD 770D, 1070, 1170E samt 1270D som kördes av en och samma förare under så likvärdiga förhållanden som möjligt. Av prestationsstudierna drogs slutsatserna att små skördare är att föredra i de allra klenaste bestånden (medelstam <0,087 m³fub). Om medelstammen var grövre än så var medelstora skördare (JD 1070 - 1170) ett bättre alternativ ur ekonomisk synvinkel.

Den tekniska utvecklingen av skördaraggregat har förbättrat möjligheterna till flerträds-hantering (Belbo, 2011), för medelstora till stora basmaskiner. Detta torde ha minskat den ekonomiska fördel de små skördarna har och kan förklara varför avverkningskostnaden för Malwa 560H i Gustavssons studie (2017) var högre än för den medelstora skördaren JD 1170, även om skillnaden inte var stor.

Att drivningskostnaden, vid 200 m terrängtransportavstånd, var 50 kr/m³fub högre för Malwasystemet i Gustavssons (2017) studie beror därmed helt på Malwaskotarens lägre prestation, vilken inte kompenseras genom lägre tidkostnad.

Jämförelsen av gallringskvalitet för Malwasystemet och för det konventionella systemet, i detta fall JD 1170 E samt Ponsse Wisent, visade inga nämnvärda skillnader. Båda systemen visade sig i den aktuella, klena förstagallringen kunna uppfylla de krav som kan ställas på grundyteuttag, selektivitet, gallringskvot och stickvägsareal. Andelen skadade träd var mycket lågt för båda systemen. Resultaten antyder att det i första hand handlar om förarens motivation och skicklighet samt på att kvalitetsfrågorna premieras och följs upp av uppdragsgivare och skogsägare.

Den ergonomiska granskning (Olsson opubl.) som varit underlag för denna studie har endast omfattat Malwan som skotare med en konventionell skotare (Komatsu 845 eller Ponsse Buffalo) som jämförelsemaskin. Malwan har fallit relativt väl ut i den granskning Olsson (opubl.) utförd med stöd av den ergonomiska checklistan. För några av de granskade områdena – Reglage samt Underhåll - får Malwa till och med bättre poäng än Komatsu 845 som utgjorde jämförelsemaskin. Även i vibrationstestet, där Malwa jämfördes med Ponsse Buffalo, uppnådde Malwa ungefär samma resultat som den fullstora maskinen.

Olsson (opubl.) diskuterar upplevda svagheter i sin granskning av arbetsmiljön. Vissa krav enligt EUs ergonomiska checklista (Gellerstedt m.fl., 2006) – som även gäller gräv-maskiner och jordbrukstraktorer – upplevdes som orimliga, som kravet att kunna se marken mellan framhjulen. Olssons studie är heller inte komplett utan har begränsats av olika anledningar, t.ex. gjorde avsaknaden på bullermätare att punkten buller ej kunde

granskas. Men sammantaget är intrycket efter Olssons granskning att Malwans arbetsmiljö är relativt nära den nivå som erbjuds i jämförelsemaskinen.

I spårdjupstesterna klarade sig Malwaskotaren med trailer utmärkt och hade signifikant lägre spårbildning än Ponsse Buffalo i alla fyra försöksleden. Detta gällde både räknat per överfart och då jämförelsen gjordes baserat på utfört transportarbete. Det bör påpekas att spårdjupstesterna, som utförs på en brukad åker med organogen jord, mest tjänar till att rangordna maskinerna. De spårdjup som noteras kan alltså inte alls användas för prediktion av spårdjup och markpåverkan på normal skogsmark. Men markpåverkan från Malwa kan förväntas vara begränsad jämfört med en större konventionell maskin.

Källor och litteratur

- Arbetsmiljöverket. (2015). Vibrationer – arbetsmiljöverkets föreskrifter om vibrationer samt allmänna råd om tillämpning av föreskrifterna. Stockholm: Arbetsmiljöverket.
- Axelsson, S.-Å. (1997). The Mechanization of Logging Operations in Sweden and its Effect on Occupational Safety and Health. Garpenberg: Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. of Operational Efficiency, Research notes 300/1997.
- Belbo, H. (2011). Efficiency of Accumulating Felling Heads and Harvesting Heads in Mechanized Thinning of Small Diameter Trees. Växjö: Linnaeus University Press, Dissertations 66/2011.
- Bergkvist, I. (2009). Skördarstorlek och metod i förstagallring av tall och gran . Uppsala: Skogforsk, Arbetsrapport 685-09.
- Björheden, R. (2014). Drivkrafterna bakom den tekniska utvecklingen i skogen. Skogs-historiska Sällskapets Årskrift , ss. 52-59.
- Björheden, R., & Thor, M. (2017). Skonsam och produktiv skogsteknik -rapport från ett treårigt program 2014-2016. Uppsala: Skogforsk, Skogsbrukets forskningsinstitut.
- Brunberg, T. (2000). Engreppsskördare i gallring. Uppsala: Skogforsk, Stencil 2000-05-18.
- Brunberg, T. (den 30 oktober 2017). <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2017/skogsbrukets-kostnader-och-intakter-2016/>. Hämtat från Skogforsk.
- Brunberg, T., & Lundström, H. (2010). Rätt maskinval i gallring – studie vid SCA Skog. Uppsala: Skogforsk, Resultat nr 6-2010.
- Brunberg, T., & Lundström, H. (2017). Studie av Malwa 560 H skördare i 1:a gallring av gran. Uppsala: Stencil, Skogforsk 2017.
- Brunberg, T., Lundström, H., & Thor, M. (2009). Gallringsstudier hos SCA vintern och sommaren 2009. Uppsala: Skogforsk, Arbetsrapport 691-09.
- Bucht, S. (1981). Effekten av några olika gallringsmönster på beståndsutvecklingen i tallskog (The effect of some different thinning patterns on the development of Scots pine stands). Umeå: Swed.Univ.Agric. Sci., Dept. of Silviculture, Reports 4-1981.
- Edlund, L. (2015). Uttagsnivå i förstagallring och dess inverkan på framtida tillväxt och avkastningspotential i talldominerade bestånd – en jämförelse mellan beståndsgående och stickvägsgående maskiner. Umeå: Inst. f skogens biomaterial och teknologi, SLU.
- Fröding, A. (1982). Hur ser våra nygalrade bestånd ut? en studie av 101 st slumpmässigt valda gallringsbestånd. (The condition of newly thinned stands – a study of 101 randomly selected thinnings.). Garpenberg: Swed. Univ. Agric. Sci., Dept of Operational Efficiency, Report No. 144 .
- Fröding, A. (1983). Delmekaniserad gallring – en studie av effekterna på kvarvarande bestånd. Garpenberg: SLU, Inst f Skogsteknik, Rapport 152-1983.
- Fröding, A. (1983). Skador och stickvägar vid delmekaniserad gallring. Garpenberg.: Inst f Skogsteknik, SLU.

- Gellerstedt, S., Eriksson, G., Frisk, S., Hultåker, O., Synwoldt, U., Tobisch, R., & Weise, G. (2006). European ergonomic and safety guidelines for forest machines 2006. Uppsala: Sveriges lantbruks universitet.
- Grönesjö, R. (2016). Viktiga faktorer för skogsägare vid gallring. Skinnskatteberg: SLU, Skogsmästarskolan. Arbetsrapport 28.
- Gustavsson, H. (2017). Tidsstudie och kvalitetsuppföljning vid jämförelse av små och konventionella skördare och skotare i förstagallring. Umeå: SLU, Institutionen för skogliga biomaterial och teknik. Arbetsrapport 5, Examensarbete i Jägmästarprogrammet SLU.
- Hasselryd, P. (den 21 januari 2015). <http://www.mynewsdesk.com/se/komatsuforest/news/komatsu-skotare-tar-ledningen-108750>. Hämtat från <https://www.mynewsdesk.com/se>
- Jonsson, R. (2011). Trends and Possible Future Developments in Global Forest-Product Markets—Implications for the Swedish Forest Sector. *Forests*, 147-167.
- Jönsson, P., Löfgren, B., & Thor, M. (2010). Aktiv dämpning minskar helkroppsvibrationer i skotare. Uppsala: Skogforsk. Resultat Nr. 8.
- Knutell (red), H. (1985). Tänk till i gallringsfrågan! : nya tankar kring stickvägar, skador och teknik i gallring . Upps. och Res. 52-1985 (ss. 1-97). Garpenberg: SLU, Inst. för Skogsteknik.
- Komatsu. (den 3 november 2017). Produkter/Våra-skotare/845. Hämtat från <https://www.komatsuforest.se>.
- Lantbruksnytt.com (den 18/1, 2018) www.lantbruksnytt.com/sma-skotare/
- LogMax.com (den 1/11, 2017). <http://www.logmax.com/se/produkter/928a>. Hämtat från <http://www.logmax.com/se>.
- Löfroth, C., Erikson, S., Frisk, S., & Thor, M. (2003). Ergonomisk checklista för skogsmaskiner . Uppsala: Skogforsk, Arbetsrapport 534.
- Malwa. (den 1 oktober 2017). [malwa.se](https://www.malwa.se/). Hämtat från <https://www.malwa.se/>.
- Nordfjell, T. (1985). Småmaskiner för terrängtransport, Studier av grundläggande egenskaper. Garpenberg: SLU, Inst för skogsteknik, Rapport nr 169-1985.
- Nordfjell, T., Björheden, R., Thor, M., & Wästerlund, I. (2010). 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(4), 382-389.
- Olsson, A. ((opubl)). Arbetsmiljö i en gallringsmaskin för skotning - en jämförelse mellan en liten och mellanstor maskin. SLU, opublicerat manus för examensarbete.
- Perlinge, A. (1992). Skogsbrukets tekniska utveckling under 100 år. Stockholm: Nordiska museets förlag.
- Persson, D. (2016). Engreppsskördarens tekniska utveckling. Umeå: ersson, D., 2016. Engreppsskördarens tekniSLU, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi. Arbetsrapport 7.

- Pettersson, F. (2016). Effekter av olika gallringsformer och stickvägsavstånd på virkesproduktion och ekonomi i tallförsöket Kolfallet – Resultat efter två gallringar och en 20-årig försöksperiod. Uppsala: Arbetsrapport 900-2016, Skogforsk.
- Rehn, B., Lundström, R., Nilsson, L., Liljelind, I., & Jörvholm, B. (2005). Variation in exposure to whole-body vibration for operators of forwarder vehicles – aspects on measurement strategies and prevention. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(9), 831-842.
- Thorner, M. (oktober, Nr3 2016). Mindre maskiner efterfrågas. *Tidningen Skogsteknik*, ss. 24-25.
- Uusitalo, J. (2010). *Introduction to Forest Operations and Technology*. Joensuu: JVP Forest Systems Oy.
- Öberg, D. (2016). En jämförande studie mellan stickvägsgående och beståndsgående skördare och skotare. Växjö: Institutionen för skog & träteknik, Linnéuniversitetet.

BILAGA 1

Arbetsmoment för skördare och skotare vid tidsstudier

Arbetsmoment för	Momentgränser	Prioritet
Skördare		
Kran ut	Från skördaren sträcker kranen från stickvägen, eller efter att ett träd ackumulerats, eller från att topp släpps tills aggregatet är 0,5 meter från nästa träd.	1
Fällning	Från slut kran ut till trädet skilts från stubben.	1
Intagning	Från slut fällning till när kvistning/kapning startar.	1
Upparbetning	Från när matning inleds till sista virkesbiten kapas.	1
Kran in	Från momentet kvistning/kapning slutar eller momentet topp slutar till kranen är inne vid stickvägen eller inne vid maskinen.	
Topp	Från momenten kvistning/kapning eller kran in slutar tills aggregatet släpper toppen.	1
Körning	Börjar när hjulen börjar rotera inför flytt till ny uppställningsplats och slutar när hjulen stannar.	2
Röjning	Röjning av underväxt med aggregatet. Börjar när aggregatet är 0,5 meter från underväxten och slutar när aggregatet släpper underväxten.	1
Körning till/från	Börjar när hjulen börjar rotera inför transport mellan avverkningsplats och koja, slutar när hjulen stannar.	2
Övrigt	Övrigt för drivningen nödvändigt arbete.	2
Risning	Risning (Grot placeras på stickvägen).	
Störning	Arbete som inte ingår i drivningsarbetet, exv. telefonsamtal, kedje- brott, slangbrott.	3

Arbetsmoment för	Momentgränser	Prioritet
Skotare		
Tomkörning	Körning från avlägg till uppställning för lastning.	2
Kran ut	Från att gripen släppt virke i lasset eller första gången kranen går ut från lastredet tills gripen är ovan virke på marken.	1
Gripa	Från momentet kran ut eller momentet sammanföring slutar tills kran in börjar.	1
Sammanföring	Från att momentet gripa slutar tills momentet gripa börjar vid nästa hög.	1
Jämndragning	Från momentet kran in slutar till momentet kran in eller momentet släppa börjar (jämndragning av virket mot grinden eller marken under lastningen).	1
Kran in	Från momenten gripa eller jämndragning slutar tills gripen är mitt över lasset, alt. att jämndragning börjar.	1
Släppa	Från kran in slutar tills virkesknippet släppts och moment kran ut eller tillrättläggning börjar.	1
Tillrättläggning	Justering av virket på lastbärare. Från att momentet släppa slutar till momentet kran ut eller körning börjar.	1
Lossning	Från att gripen flyttas mot lastbärare inför första krancykeln i lossningen tills gripen återgår efter lossningens sista krancykel inför transport mot-/lastningsplats.	1
Nytt avlägg	Från hjulen stannat till iordningläggning av nytt avlägg är gjort så momentet lossning kan börja.	2
Körning vid avlägg	Från att hjulen börjar rotera tills de slutar rotera vid nästa uppställningsplats.	2
Störning	Arbete som inte är nödvändigt för drivningen.	3
Övrigt	Övrigt arbete som är nödvändigt för drivningen.	3