

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 608 2005



Kalibrering av apteringssystem i skördare

Henrik von Hofsten & Jan Sondell

Ämnesord: Aptering, kalibrering, skördarmätning.

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna 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.

Skogforsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. På de områden där Skogforsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien ARBETSRAPPORT dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från Skogforsk publiceras i följande serier:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Inledning	2
Material och metod.....	2
Studerade system.....	2
Studieupplägg	3
Resultat och diskussion.....	4
Kalibreringsstudien.....	4
Intervallkalibrering.....	6
Regressionskalibrering	8
Tidstudie.....	12
Dataklave och datahantering.....	13
Avslutande diskussion.....	14
KalibreRingsstudie.....	14
Tidsstudie.....	15
Datahantering.....	15
Sammanfattande slutsatser	15
Bilaga 1	16

Inledning

Vikten av att skördaren mäter korrekt har ökat på senare år. Sågverksindustrin söker bestämda dimensioner på virket och skördarens produktionsdata används för flödesstyrning. Betalning efter skördardata har också aktualiserats i Sverige efter att ha varit vanligt förekommande i Finland sedan flera år.

Mätningen i skördaren sker med berörande givare, som löpande måste kalibreras i första hand med hänsyn till årstid (savning) och temperaturväxlingar. Det är då viktigt att veta hur skördarnas kalibreringssystem fungerar och vilken datainsamling som krävs för att hålla givarna väl kalibrerade.

Denna studie har till syfte att undersöka hur olika tillverkares kalibreringssystem fungerar praktiskt vad gäller hantering, användarvänlighet m.m. och att ta reda på hur många träd som behöver mätas för att en felaktigt kalibrerad maskin skall kunna kalibreras till acceptabel noggrannhet. Vidare kan studieresultatet ge vägledning till förbättring av kalibreringssystemen.

Material och metod

STUDERADE SYSTEM

På den svenska marknaden finns i dag fyra mätsystem som tillsammans har mer än 90 % av nyanskaffningsmarknaden. Dessa är Maxi Harvester (Valmet), Timbermatic 300 (Timberjack), DASA4 (Rottne, Caterpillar/LogMax, Gremo) samt OPTI 4G (Ponsse). Samtliga system deltog i studien med två maskiner vardera utom MaxiHarvester som kommit med ett helt nytt koncept med regressionskalibrering. Denna fanns vid studietillfället bara på någon enstaka maskin varför endast en maskin/ett studietillfälle ingår. Slutligen utökades studien med två Timberjackmaskiner nyligen utrustade med Timbermatics nya regressionskalibrering. För kalibreringen användes Haglöf dataklavar utom i ett fall där Ponsses egen klave användes. Tabell 1 visar de studerade kombinationerna av maskin, mätsystem och klave.

På grund av inverkan från ett för oss okänt datafilter i Dasa4 på Rottnemaschinen, fick studien av det systemet upprepas. Filtret uteslöt kontrollmätvärden som över-/underskred det maskinmätta värdet med 5 %. Eftersom maskinen ändrats 10 % över hela diameterregistret erhöles inga kalibreringsförslag alls vid studien. I redovisningen av tidstudieresultaten har dock bägge studierna använts.

Tabell 1.

De studerade kombinationerna av maskiner, mätsystem och klavar.

Studie nr	Maskin	Mätsystem	Kalibrerings-princip	Diameter-mätning på	Klave
1	Caterpillar 570	Dasa4	Intervall	Kvistknivar	Haglöf
2	Rottne H20 ¹	Dasa4	Intervall	Kvistknivar	Haglöf
3	Valmet 941	MaxiHarvester	Regression	Kvistknivar	Haglöf
4	Ponsse Beaver	OPTI 4G	Intervall	Matarvalsar	Caliper+
5	Ponsse Buffalo	OPTI 4G	Intervall	Matarvalsar	Haglöf
6	Timberjack 1470D, Harg	Timbermatic 300	Intervall	Kvistknivar	Haglöf
7	Timberjack 1470D, Gimo	Timbermatic 300	Intervall	Kvistknivar	Haglöf
8	Timberjack 1470D, Falun	Timbermatic 300R ²	Regression	Kvistknivar	Haglöf
9	Timberjack 1070D, Mora	Timbermatic 300R ²	Regression	Kvistknivar	Haglöf
10	Timberjack 1470D, Falun	Timbermatic 300R ²	Regression	Kvistknivar	Haglöf

¹ Rottne H20 studerades två gånger, med respektive utan datafilter aktiverat.² Beteckningen "Timbermatic 300R" är inte en officiell beteckning utan används här för att särskilja Timbermatic 300 med intervallkalibrering från Timbermatic 300 med regressionskalibrering.

Studierna gjordes huvudsakligen i slutavverkningsbestånd där grov gran (dbh >40 cm) kunde användas som provträd. Undantagen var Ponsse Buffalo och Timberjack 1070D där det rädde brist på lämpliga granar, men där tallbestånden var sådana att de bedömdes som rimliga att använda, samt Valmet 941 som upparbetade vindfällda granar i Småland. Dessa var manuellt kapade från stubben men erbjöd i övrigt ingen skillnad mot stående skog.

Studie 10 var en direkt upprepning av studie 8 och genomfördes på grund av att studieobjektet vid första tillfället inte uppfyllde de beståndskrav vi ställt upp för att få god jämförbarhet mellan de studerade systemen. Se vidare under resultat och diskussion. Vid denna senare studie gjordes dock inga tidsstudier.

STUDIEUPPLÄGG

Innan studien påbörjades kontrollerades att respektive maskin var väl kalibrerad för det aktuella beståndet genom att ett par provträd togs ut, kontrollmättes och återfördes till maskindatorn. Om datorn då inte angav något kalibreringsbehov betraktades maskinen som kalibrerad. För varje diameterklass sänktes det aktuella värdet med 10 % (gammalt värde $\times$ 0,9 = nytt värde) för att på så sätt simulera ett större fel, exempelvis att kvistknivarna på ofruset virke gått under bark och nu, vid kall väderlek borde gå på bark. Därefter avverkades ett provträd, kontrollmättes och data återfördes till maskinen. Kalibreringsförslagen noterades och jämfördes med de ursprungliga värdena för att få en bild av hur nära "rätt" man kom med bara ett kontrollträd. Maskinen kalibrerades dock inte utan det första trädets data sparades i klaven medan ett nytt träd avverkades och kontrollmättes. Data återfördes igen, nu för två träd och resultatet granskades. Förfarandet fick fortsätta till dess kalibreringsförslagen stabiliserades.

Samtidigt med kalibreringsstudien genomfördes en tidsstudie av kalibreringsarbetet för att få en uppfattning om hur lång tid det tar att göra en kalibrering samt om det föreligger skillnader mellan olika maskiner, förare eller system.

De tider som registrerades var i kronologisk ordning:

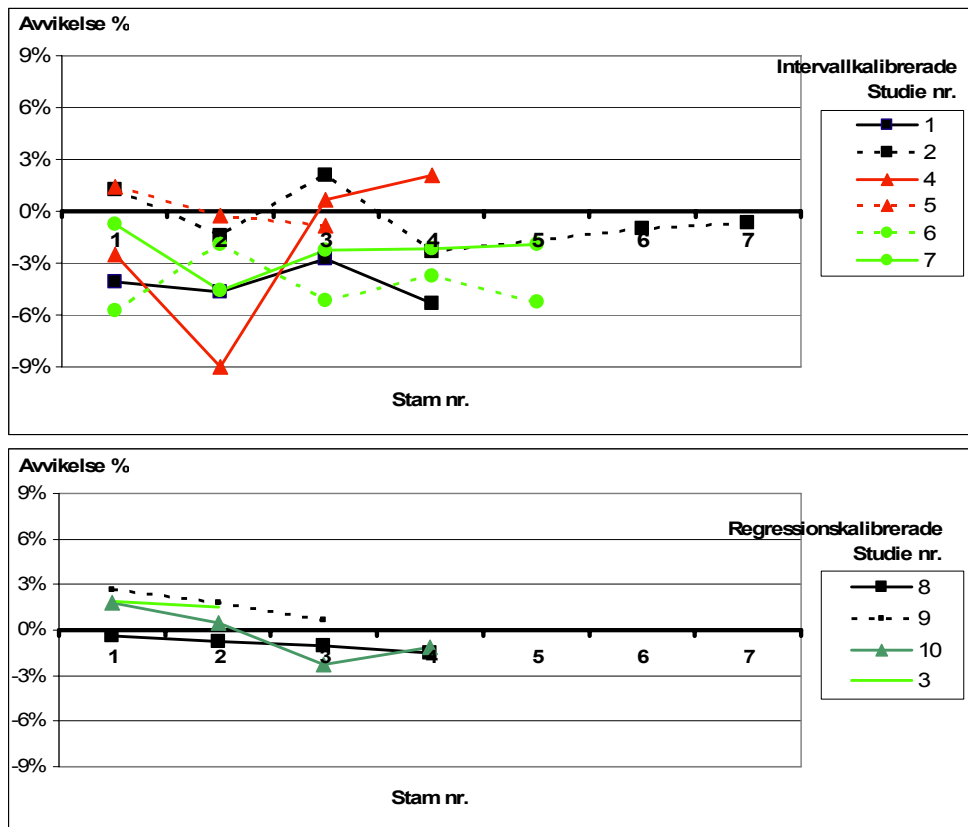
Positionering:	Körning av maskinen inför fällning
Kran ut:	Positionering av skördaraggregatet och gripning av trädet
Fällning	Fällning av trädet
Upparbetning:	Kvistning, kapning och parkering av skördaraggregatet.
Tillrättaläggning:	Tillrättaläggning av stockar som underlag, d.v.s. flyttning av enskilda bitar med kranen. Även rullning/flyttning av stockar under mättningsarbetet.
Förberedelser:	Dataöverföring från dator till klave.
Gång:	Gång från maskinen till/från kontrollstammen.
Mätning:	Kontrollmätning. Klockades per stock.
Återföring:	Återföring av data från klaven till datorn.
Övrig verktid:	Tid som inte kan hänföras till ovanstående definierade moment men som ingår i arbetet med att kontrollmäta.
Störning:	Tid som inte hör till arbetet med att kontrollmäta.

De olika tiderna registrerades med hjälp av en fältdator där även uppgifter om trädslag, stocknummer samt maskinens inställningar och kalibreringsförslag noterades. Tiderna registrerades i centiminuter (1 minut = 100 cmin). Studierna genomfördes under perioden september 2004 till december 2005.

Resultat och diskussion

KALIBRERINGSSTUDIEN

Inget av de testade systemen återgick helt till de inställningar de hade före omställningen, men alla stabiliserades efter 2-5 träd alternativt började svänga kring ett medelvärde. Att systemen till fullo skulle återgå till det ursprungliga var knappast heller att vänta. Det blir alltid små skillnader mellan det maskinmätta och det klavade, men i några fall var skillnaderna lite för stora för att vara helt acceptabla. Den genomsnittliga skillnaden för alla system mot de ursprungliga kalibreringsvärdena var -1 % (motsvarande -3 mm), men det skiljde ganska mycket för olika system, figur 1. Intressant att notera är att de flesta systemen stabiliserades på en nivå något under den ursprungliga. Undantagen var Ponsse Buffalo, Valmet 941 och Timberjack 1070 med Timbermatic 300R.



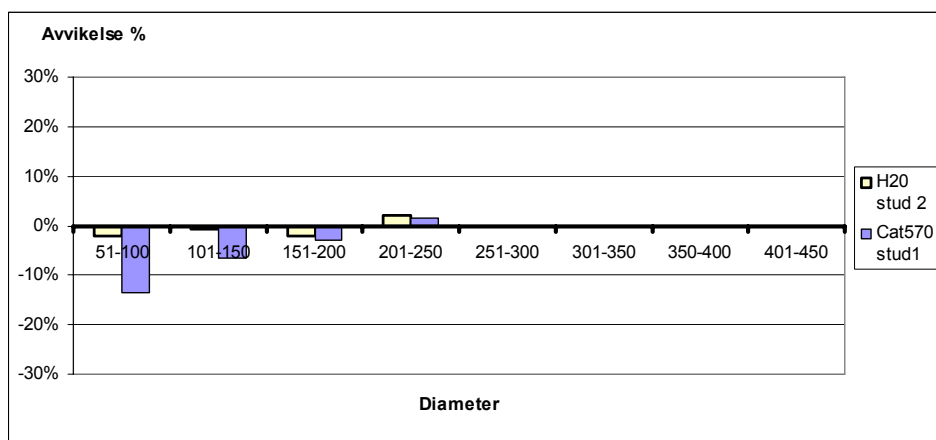
Figur 1.

Avvikelse från ursprungsvärdet i procent, som ett genomsnitt över diameterklasserna per provträd. Studerade maskin- och mätsystem i respektive studie anges i tabell 1.

De kurvor som visas i figur 1 är medelvärden av de diameterklasser >50 mm, där systemen givit kalibreringsförslag vid respektive antal provträd. I själva verket var variationen i kalibreringsförslagets precision mellan olika diameterklasser stor. Figurerna 2–4 visar avvikelserna för Dasa 4 (studie 1+2), OPTI4G (studie 4+5) och Timbermatic 300 (studie 6+7), då respektive studie avbröts.

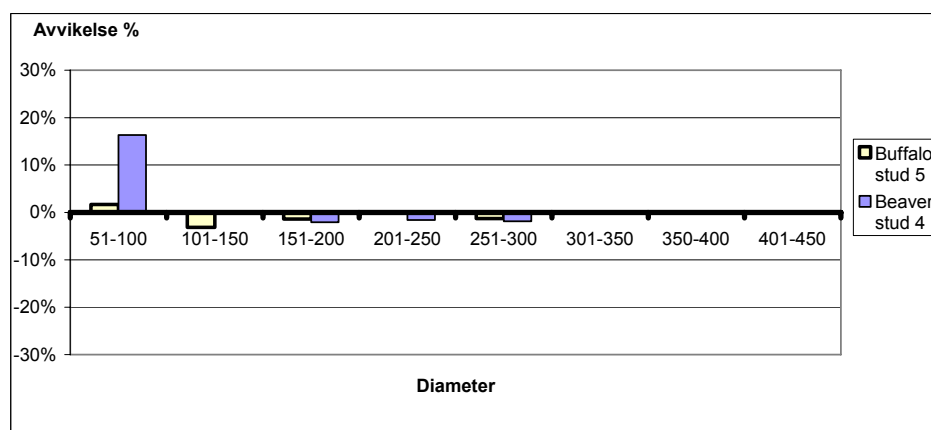
Intervallkalibrering

I figurerna 2–4 redovisas avvikelse från systemens ursprungliga inställning efter manipulering av kalibreringen med –10 % (se vidare under studieupplägg).



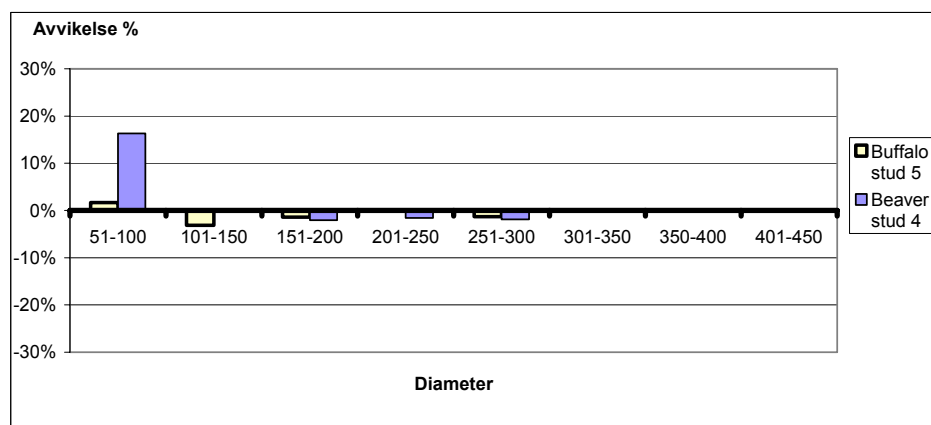
Figur 2.

Avvikelse i procent från systemens ursprungliga inställning per diameterklass efter fyra (Cat 570) respektive sju provträd (Rottne H20). H20 saknar värden för diameterklasserna över 250 mm på grund av för liten skog. (Studie 1+2).



Figur 3.

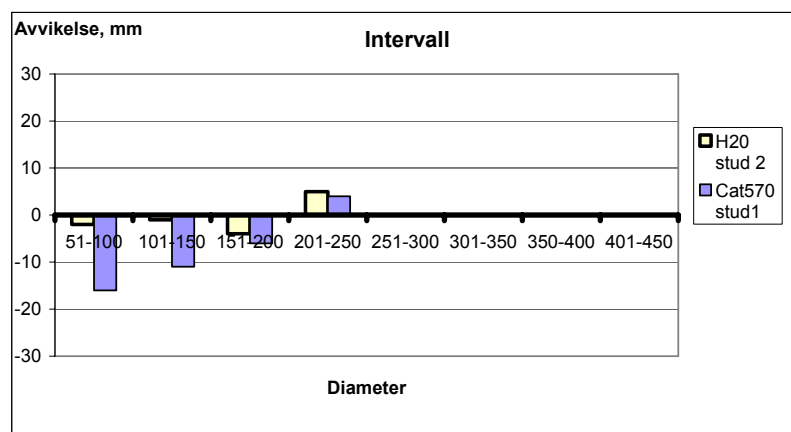
Avvikelse i procent från systemens ursprungliga inställning per diameterklass efter tre (Buffalo) respektive fyra provträd (Beaver). I de diameterklasser där staplar saknas, har inga kalibreringsförslag erhållits. Observera att i klassen 251–300 avvek förslaget med endast 0,1 % för Ponsse Buffalo. Studie (4+5).



Figur 4.

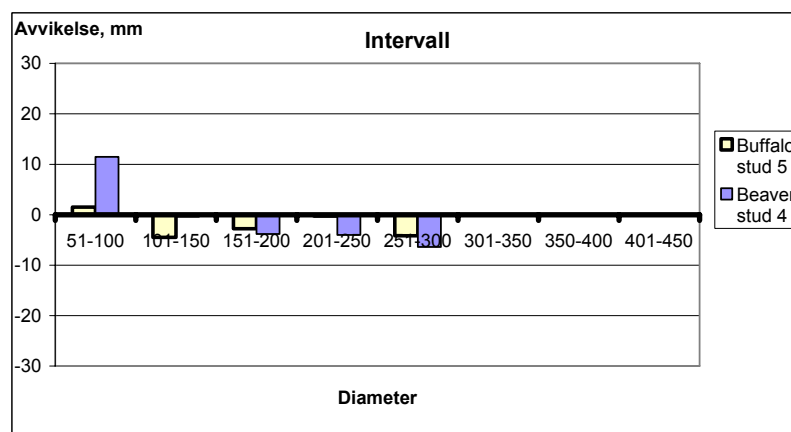
Avvikelse i procent från systemens ursprungliga inställning per diameterklass efter fem provträd för två Timbermatic 300-maskiner (Studie 6 och 7).

Figurerna 5–7 visar motsvarande avvikelser som figurerna 2–4 fast som faktiska värden i mm.



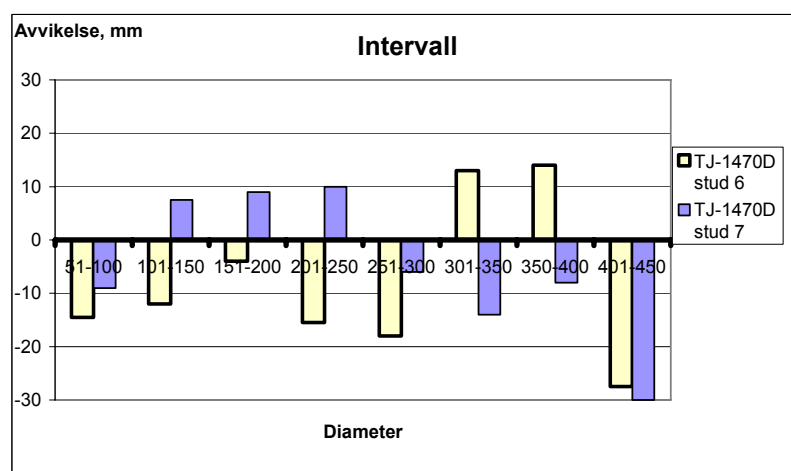
Figur 5.

Avvikelse i mm från systemens ursprungliga inställning per diameterklass efter fyra (Cat 570) respektive sju provträd (Rottne H20). H20 saknar värden för diameterklasserna över 250 mm på grund av för liten skog (studie 1+2).



Figur 6.

Avvikelse i mm från systemens ursprungliga inställning per diameterklass efter tre (Buffalo) respektive fyra provträd (Beaver). I de diameterklasser där staplar saknas, har inga kalibreringsförslag erhållits. Observera att i klassen 251–00 avvek förslaget med endast 0,25 mm för Ponsse Buffalo (studie 4+5).



Figur 7.

Avvikelse i mm från systemens ursprungliga inställning per diameterklass efter fem provträd för två Timbermatic 300-maskiner (studie 6+7).

För Timbermatic 300 (studie 6 och 7) är avvikelserna mycket stora. I de här studerade fallen har alltså inte de kalibreringsförslag som systemet givit varit tillförlitliga. Någon nöjaktig förklaring till fenomenet har inte kunnat ges av tillverkaren.

För Dasa 4 och OPTI 4G uppträder liknade fel för de klenare diametrarna. Anledningen till detta är inte helt klarlagd. Det finns dock några tänkbara orsaker vilka mycket väl kan samverka.

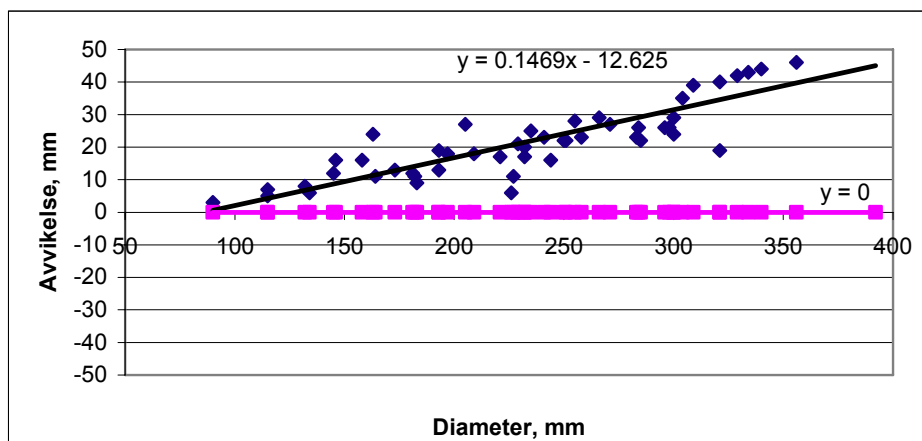
För få mätvärden. Eftersom skördardatorn uppfattade diametern som mindre än den egentligen var skedde toppkapet i regel redan vid ca 70 mm. Även om förarna ibland tvingade ut toppen ända mot 40 mm så blev det få mätvärden för de klenaste klasserna.

Osäker mätning. Toppbiten på en grov fullvuxen gran har vanligen tätt mellan kvistarna och snabbt diameterfall. Därför uppfattas ofta diametern som grövre än den är av mätsystemet, speciellt då knivarna också kan rida på kvisten. I några fall avverkades en mindre gran för att skapa säkrare mätdata för det klenaste området men det tycks inte ha påverkat resultatet särskilt mycket.

Kalibreringskurvans uppbyggnad. Kalibreringskurvorna byggs upp genom att ett medelvärde beräknas för varje diameterklass och därefter dras en kurva genom dessa punkter. För att inte kurvan skall bli för ojämn har de flesta system någon form av utjämningsförfarande mellan punkterna. I den klenaste diameterklassen finns ingen klenare stödpunkt, vilket gör den mer känslig för skillnader vid kontrollmätningen. Ett liknande problem har även iakttagits i de grövsta diameterklasserna med den skillnaden att där gav inte systemen något kalibreringsförslag alls för den grövsta mätta klassen utan först i den näst grövsta.

Regressionskalibrering

Regressionskalibrering är en ny kalibreringsmetod som innebär att man med stöd av en statistisk beräkningsmodell (minsta kvadratmetoden) räknar fram en regressionslinje genom en punktsvärm av registrerade avvikelser på ett sätt så att punkterna i medeltal ligger så nära linjen som möjligt. Ett slags medelvärdeslinje beräknas alltså, som lutar något om den absoluta skillnaden mellan maskinmätt och klavmätt vid grövre värden är större, vilket oftast är fallet. Se exempel i figur 5.

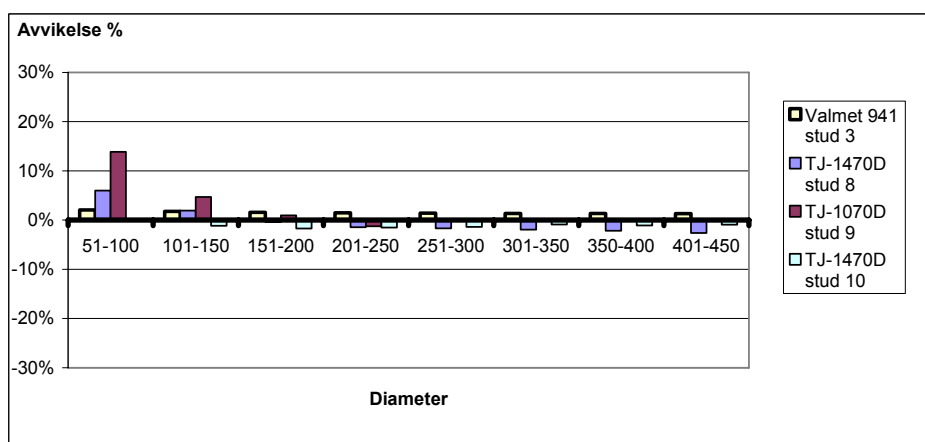


Figur 8.

Exempel på regressionslinjer. Y-axeln visar skillnaden mellan maskinmätt och klavmätt. Den mörka linjen visar ett exempel från studien där de klavade värdena konsekvent är högre än de maskinmätta. Den ljusa linjen visar ett idealscenario där maskinen och klavningen mätt lika i alla punkter. Ovanför respektive kurva visas regressionsfunktionen för linjen.

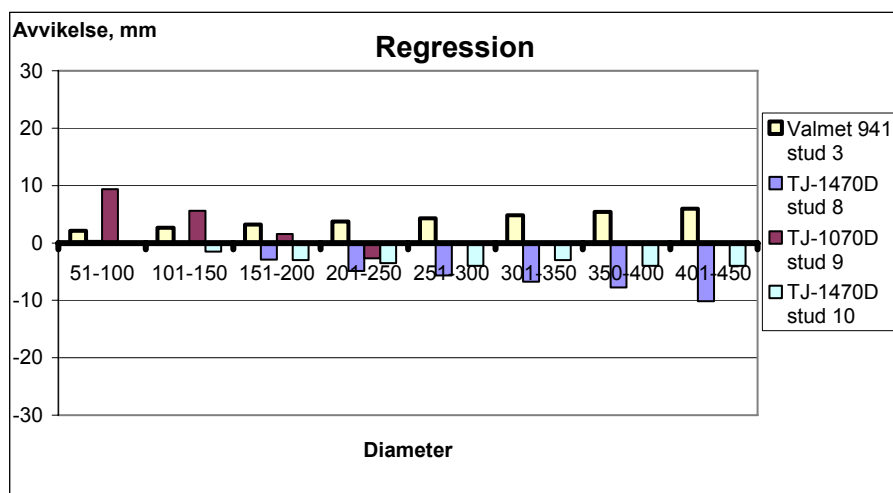
Studien av MaxiHarvester (studie 3) med regressionskalibrering genomfördes på samma sätt som de övriga med den skillnaden att regressionslinjen inte kunde manipuleras i flera punkter på samma sätt som de övriga maskinerna. I stället parallellförflyttades hela linjen 20 mm nedåt.

I Timbermatic 300R (studie 9 och 10) kan regressionslinjen manipuleras i tre punkter – vid 100, 250 respektive 400 mm. Detta möjliggjorde en manipulering liknande den för intervallkalibrerade maskiner.



Figur 9.

Avvikelse i procent från systemens ursprungliga inställning då studierna bröts. För studie 9 har värden överskridande 250 mm inte tagits med då det inte fanns tillgång till så grova träd vid studietillfället.



Figur 10.

Avvikelse i mm från systemens ursprungliga inställning då studierna bröts. För studie 9 har värden överskridande 250 mm inte tagits med då det inte fanns tillgång till så grova träd vid studietillfället.

Av figur 9 och 10 framgår att MaxiHarvester, efter två kalibreringsträd kommit nära ursprunget med 3 % felvisning i de klena dimensionerna och drygt 1 % för de grövsta. Skillnaden i procentuell avvikelse från ursprungsvärdet mellan träd 1 och 2 är ca 0,5 procentenhet. Timbermatic 300R lyckades inte lika bra i studie 8 och 9. En kraftigt bidragande orsak kan ha varit svårigheter att hitta riktigt bra kalibreringsträd i de aktuella bestånden. På grund av detta problem var det också svårt att med säkerhet bestämma att systemen var helt korrekt kalibrerade vid studiens början, innan manipuleringen. Tallarna i studie 9 hade en stor benägenhet att brytas vid fällningen med påföljd att det blev svårt att få bra mätvärden i de klenaste diametrarna. På grund av dessa problem gjordes studien om (studie 10) på den ena maskinen eftersom systemets potential inte till fullo kunnat kartläggas.

Liksom MaxiHarvester var Timbermatic 300R mycket snabbt tillbaka i närheten av den ursprungliga kalibreringen. Figur 9 och 10 visar resultaten efter kalibrering med 3 (TJ 1070D, studie 9) respektive 4 (TJ 1470D, studie 8 och 10) träd. Timberjack 1070D visade sig dock ganska stora avvikelser jämfört med den ursprungliga inställningen vid en närmare analys. Efter att tillverkaren fått tillfälle att analysera kalibreringsdata från studien har man kunnat konstatera att felet troligen består av en kombination av få mätvärden i den klena delen av kalibreringsområdet och inga mätvärden i den grova. Kalibreringskurvan har med andra ord beräknats mellan två punkter varav den ena varit ganska osäker. Det förefaller alltså som om systemet kräver data längre ut i ändarna av mätområdet än vad Valmets system gör, ett förhållande som bör ses över. Detta gäller särskilt för en så pass liten maskin som TJ 1070D, vilken mest används i klena slutavverkningar och grova gallringar där diametrar över 300 mm är ovanliga.

Studierna 8 och 9 avslutades med att välja ett stort och jämt träd som mättes extra noga. Resultaten från det försöket blev överraskande bra. Båda angav ett kalibreringsförslag som låg mycket nära det som angivits för flera kalibreringsträd tidigare.

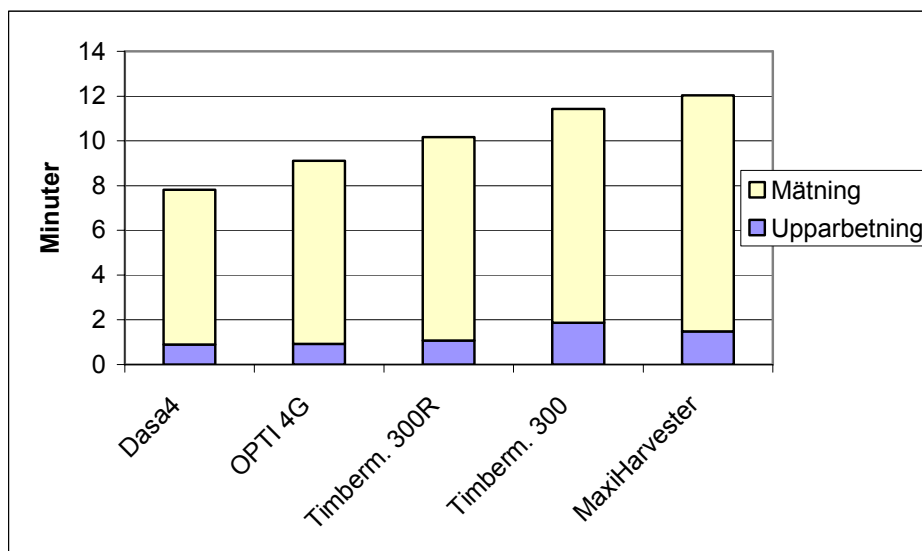
Studie 10 (TJ 1470D) lades upp på ett något annorlunda sätt efter påpekande från tillverkaren. Systemet manipulerades som tidigare, därefter mättes ett stort träd. Resultatet blev relativt bra med +7,8 mm felvisning vid 50 mm och -7,0 mm felvisning vid 400 mm. Genom att lägga till ett litet träd erhöles ett kalibreringsförslag som låg +4 respektive -6 mm från det ursprungliga. I detta läge avvek vi från den tidigare studiemetodiken och kalibrerade maskinen på de inmätta värdena och tog därefter ytterligare ett grovt träd och sedan ett litet. Det första trädet försämrade faktiskt situationen, speciellt i den klena ändan men efter det andra var Timbermatic 300R väl i nivå med den tidigare inställningen.

Studierna av system med regressionskalibrering visar tydligt på metodens potential jämfört med intervallkalibrering. Mycket tyder på att ett väl valt och noggrant mätt träd kan räcka för kalibrering, även av ett system som kommit rejält fel. Påpekas bör dock att såväl John Deere (Timberjack) som Valmet inte rekommenderar att man kalibrerar efter endast ett träd, Tillverkarna rekommenderar i stället mätning av 2-3 träd, kalibrering och därefter kontrollmätning igen.

Det allmänna intrycket av regressionskalibreringen i denna studie var att systemen fungerade bra. Vi har dock tydliga indikationer på att det är viktigt med bra mätpunkter i ändarna av regressionslinjen. Dessa punkter i mätområdets ytterkanter får väldigt stor effekt på linjens lutning och därmed på mätnoggrannheten inom hela mätområdet. Kontrollmätning måste alltså ske över så stor del som möjligt av det tillgängliga diameterområdet, vilket visas tydligt av resultaten från TJ 1070D. Om bra toppbitar saknas på de grova träden, vilket är vanligt, bör ett mindre träd nyttjas. I sådana fall bör trädens diameter överlappa, d.v.s. om man slutar klava det grova trädet vid ca 10 cm bör det klena trädet vara minst 15 cm i brösthöjd.

TIDSTUDIE

Skillnaden i uppmätt tidsåtgång mellan olika system blev relativt stor. För att fälla, upparbeta, klava och återföra data åtgick i genomsnitt drygt 10 G₀-minuter per träd, varav själva mätningen inklusive dataöverföringar stod för knappt 9 G₀-minuter, resten är gångtid och övrig verktid. Figur 6 visar tidsåtgången per provträd för de olika systemen. I tiden för upparbetning ingår även flyttning av maskinen vilket, speciellt för Valmetmaskinen, som upparbetade vindfällan tog en hel del tid. För grunddata och tider per arbetsmoment, se bilaga 1.



Figur 6.

Genomsnittlig tidsåtgång per träd för avverkning och kalibrering. Observera att MaxiHarvester (Valmet 941) upparbetade vindfällan.

Olika förare med olika kunskap om avverkning och kalibrering deltog i studien. Det är därför mycket tveksamt om skillnaderna i tid verkligen kan tillskrivas skillnader i systemen. Alla system är därtill mycket lika hanteringsmässigt. Den enda maskin där det erbjöds möjlighet att studera flera förare på samma maskin var Ponsse Buffalo. Skillnaden förarna emellan var drygt 1,5 minuter per provträd.

I den ursprungliga planen var det tänkt att två förare skulle studeras på varje maskin för att bättre kunna skilja skillnader mellan maskiner från skillnader mellan förare. Detta visade sig vara svårt. Uppenbarligen är det så att i de flesta skördarlag är det bara den ena föraren som är inskolad på kalibreringssystemet. Den andra föraren kan ofta inte ens klava ett provträd, än mindre överföra data till/från klaven. Även kunskaperna och handlagen med skördardatorerna varierar kraftigt mellan skördarlag och individer, från dem som endast med fusklapp i hand kan föra data till/från klaven och därefter kalibrera, till dem som med fingerfärdigheten och precisionen hos en skicklig pianist blixtnabbt överför data, hittar filer och bläddrar bland menyerna.

Sammanfattningsvis är intrycket att kalibreringssystemen ur användarsynpunkt är väldigt likartade. Med 3–5 knapptryckningar på datorn och lika många på klaven förs data över. Kalibreringsförslag visas automatiskt eller efter någon knapptryckning så snart filen är överförd. Orsaken till de tidsskillnader som redovisas i figur 3 bör alltså sökas på annat håll än i skillnader i systemen.

Skillnaden kan heller inte förklaras med tiden för mätning då tiden för att kontrollmäta en stock varierade mellan 1,0 – 1,5 minuter och antalet kontrollstockar per stam knappt varierade alls, spridningen är 3,6 – 4,7 stycken. Däremot finns en del skillnader i tidsåtgång för tillredning, övrig verktid och gång till/från kontrollstammen. Särskilt gångtiden korrelerar tydligt med maskinerna och därmed förarna. Vissa förare lägger upp virket på ett mindre genomtänkt sätt, vilket leder till långa gångtider från hytten till virket. Exempelvis har virket lagts på fel sida av maskinen (inte på utgångssidan), bakom stora rishögar e.d. Även ”övrig verktid” följer i viss mån maskinerna/förarna. I detta fall rör det sig mer om krångel med måttbanden, ovana vid klaven (hittar inte rätt meny), gångtid mellan stockar som är olämpligt upplagda.

Ett arbetsmoment som tog överraskande mycket tid i anspråk var dataöverföringen till/från klaven. I genomsnitt 18 % (± 6 %) av den totala tiden för att kontrollmäta en stam, vilket motsvarar ca 2 minuter. Merparten av skillnaderna torde kunna tillskrivas de förut nämnda skillnaderna mellan förare.

DATAKLAVE OCH DATAHANTERING

Som framgått av de redovisade resultaten har det inte med säkerhet kunnat fastställas att det ena systemet skulle vara mer användarvänligt eller lätthanterligt än det andra. En bidragande orsak till detta är att alla maskiner utom en använt dataklavar från Haglöf, alla med samma programvara, ”Skalman”. Denna programvara kräver ett antal knapptryckningar dels på klaven, dels på maskindatorn för att överföra data. Här finns egentligen inga skillnader mellan systemen. Ponsse Beaver med Ponsse klave Caliper+ utgjorde undantaget i denna studie. Detta system kräver endast ett fåtal knapptryckningar på maskindatorn för överföringen. Klaven sitter i en speciell hållare med kontinuerlig uppkoppling till maskindatorn samt batteriladdning.

Även Haglöf-klaven kan vara kontinuerligt uppkopplad men överföringen måste ändå initieras manuellt. Det finns heller ingen hållare såsom för Caliper+ utan klaven placeras där det finns plats i hytten, ofta bakom instrumentbrädan, i en dörrficka eller bakom stolen, vilket gör det besvärligt att ha en kabel kopplad till klaven. Ytterligare en nackdel med Haglöf-klaven är att den drar mycket ström och inte kan laddas från maskinen utan opererar enbart på 9 V torrbatterier. Det gör att förarna ogärna har klaven i gång i onödan.

Som tidigare nämnts tar överföringen av data till/från klaven inklusive hopkoppling av enheterna lång tid. Här känns det som om tillverkarna inte riktigt hängt med i utvecklingen på datasidan. Båda de studerade klavarna kommunicerar med datorerna via RS232 portar med en hastighet av endast 9600 baud, vilket är en irriterande låg hastighet redan vid överföring av data för 3 träd. I dag finns betydligt snabbare och mer användarvänliga system på marknaden. Jämför exempelvis en vanlig PDA ("plasthjärna") som sätts i en hållare med inbyggd laddare. Den synkroniserar då helt automatiskt förbestämda filer eller

mappar med datorn, och håller filerna synkroniserade vid varje förändring. Efter mätningen skulle alltså klaven kunna sättas tillbaka i hållaren och ktr-filerna synkroniseras automatiskt. Ytterligare en vinst i ovan beskrivna system är att här används USB-överföring, vilken är drygt 100 gånger snabbare än den nuvarande.

En vanlig förklaring till att många förare inte vill kontrollmäta är att *”jag är inte van vid datorer”* alternativt *”jag lär mig aldrig komma ihåg hur man skall trycka på datorn”*. Med lite bättre utrustning och smart programmering i maskindatorn borde det gå att få upp kalibreringsförslaget automatiskt så snart klaven satts i hållaren, för kvittens av föraren, Ja/Nej, och om kalibrering genomförs, en ny fråga om radering (flyttning till en ej synkroniserad katalog) av använda ktr-data. Summa två knapptryckningar.

Avslutande diskussion

KALIBRERINGSSTUDIE

Att korrigera ett kalibreringsfel på 10 %, vilket vi introducerat i föreliggande studie ledde till uppenbara svårigheter för samtliga system utom MaxiHarvester och i ena fallet med Timbermatic 300R. För Timbermatic 300 är felen så stora att man kan fråga sig om det finns fel i logiken. För samtliga system som tillämpar intervallkalibrering uppstår fel vid klenare diametrar (<100 mm). Även vid grövre diametrar (>300 mm) blir det fel (Timberjack 300) eller ges inget kalibreringsförslag alls (Dasa och Ponsse). Vår bedömning är att Ponsses systemlösningar fungerade något bättre än övriga eftersom handhavandet av klave och skördardator var något enklare och systemen återgick till ursprungskurvan efter tre-fyra kontrollmätta träd, utan påtagliga felmätningar i den grova ändan och endast måttliga i den klena, figur 3.

Alla system förefaller dock stabiliseras efter ca tre kontrollträd, figur 1. Där-efter förbättras inte det genomsnittliga resultatet speciellt mycket. Detta hade kunnat betraktas som fullt godkänt förutsatt att kurvan dels kommit närmare den ursprungliga nivån, dels varit jämnare över diameterklasserna. Problemet är att många system har en kraftig felvisning i ändarna av kalibreringskurvan, speciellt då den klena ändan. Betydelsen av dessa felvisningar kan naturligtvis diskuteras. Ett stort fel i de grövsta dimensionerna innebär stor risk för felmätning av värdefulla rotstockar. En kraftig underskattning av diametern i de klenaste diametrarna, (vilket var fallet i denna studie) leder till att toppbiten kapas för tidigt och markägaren går miste om massavedsintäkter. Volymen på den enskilda toppbiten är visserligen inte så hög, men bl.a. vid skördarmätning för vederlag är det viktigt att det inte uppkommer systematiska fel vid volymberäkningen.

Regressionskalibreringen verkar mycket lovande, men denna studie var inte tillräckligt omfattande för att kunna ge ett definitivt besked. Det verkar dock realistiskt att med ca 25 noggrant tagna mätvärden över hela diameterregistret – lämpligen ett stort träd – kunna korrigera kalibreringen. Om detta kan verifieras av kommande studier bör alltså kalibreringens precision i förhållande till nedlagd tid för kalibrering kunna förbättras avsevärt.

TIDSSTUDIE

Tidsstudien visar att systemen fungerar likartat och att skillnaderna i tidsåtgång mellan systemen mer beror på handhavarna än på utrustningen. Tidsåtgången är dock relativt hög, 9,5 minuter totalt varav själva mätningen tar drygt 3 minuter. Tiden bör kunna sänkas något vid mer genomtänkt arbetsmetodik.

Man skall heller inte helt bortse från kalibreringsarbetets positiva effekter såsom mikropaus/bensträckare, vilket kanske ibland kan vara ett önskvärt avbrott i maskinarbetet.

DATAHANTERING

Denna lämnar en del övrigt att önska. Ett nu 10 år gammalt brukarkrav att klaven skall sitta i en hållare i maskinen och att strömförsörjningen skall lösas genom laddning av klaven när maskinen är igång är det hög tid att förverkliga. Ponsse är den enda tillverkare som presenterat en genomtänkt lösning för detta.

För att underlätta handhavandet av systemen, bör flera moment i datahanteringen kunna automatiseras. Även programmet i dataklaven kanske behöver ses över i detta avseende. Detta är viktigt eftersom långt ifrån alla skördarförare klarar av en fullgod hantering av dagens system.

Sammanfattande slutsatser

- Vid all kalibrering är det viktigt att insamla data i så stort diameterregister som möjligt. Intervallkalibreringen fungerar annars dåligt i det klenaste och grövsta intervallet och korrektionslinjen vid regressionskalibreringen riskerar att få fel lutning.
- Med beaktande av behovet av data i hela diameterregistret fungerar de olika kalibreringssystemen väl med ett undantag, intervallkalibreringen hos (Timbermatic 300). Baserat på förutsättningarna och resultaten från denna studie rekommendera vi en övergång till regressionskalibrering för detta system.
- Att kalibreringsmäta ett stort träd tar ca 10 minuter och fungerar delvis som en bensträckare för föraren. Några säkra skillnader mellan systemen kunde inte konstateras.

Marknadens kalibreringssystem ligger på ungefär samma tekniska nivå. Denna börjar komma på efterkälken när det gäller IT-utveckling i stort i samhället. Det är nu dags för förenklade system som upplevs som användarvänliga av alla förare.

Bilaga 1

Tabell 2.

Genomsnittliga tider per maskin, träd och arbetsmoment i centiminuter (Observera att Rottne H20 studerades vid två tillfällen. Första studietillfället gav inga kalibreringsförslag).

Kalibrering inklusive tillredning av underlag och dataöverföring						
Studie	Tillrättal.	Förb.	Gång	Mätn.	Återf.	Summa
1. Cat 570	15,00	123,25	87,75	554,25	89,25	869,50
2a. Rottne H20	10,38	36,75	59,38	382,25	35,38	524,14
2b. Rottne H20	8,14	57,57	77,43	449,29	81,14	673,57
3. Valmet 941	7,75	66,25	96,00	540,25	299,25	1 009,50
4. Ponsse Beaver	6,50	28,25	122,00	438,50	75,75	671,00
5. Ponsse Buffalo	18,71	108,40	51,71	551,00	54,86	784,68
6. Timberjack 1470D	14,20	66,20	60,40	475,40	20,20	636,40
7. Timberjack 1470D	69,33	79,50	133,80	896,30	109,30	1 288,23
8. Timberjack 1470D	0	60,25	61,50	593,75	77,50	793,00
9. Timberjack 1070D	0	105,50	100,50	609,75	80,50	896,25

Upparbetning och Övrig verktid						
Studie	Pos.	Kran ut	Fälln.	Upparb.	Övrigt	Summa
1. Cat 570	14,75	8,00	8,00	36,75	18,00	85,50
2a. Rottne H20	21,12	8,34	8,88	49,5	17,88	105,72
2b. Rottne H20	18,71	15,43	15,43	49,86	8,86	108,29
3. Valmet 941	66,25	13,25	5,50	60,50	53,50	199,00
4. Ponsse Beaver	15,25	18,25	13,5	56,25	79,00	182,25
5. Ponsse Buffalo	6,43	14,86	17,14	32,14	70,00	140,57
6. Timberjack 1470D	22,80	19,00	19,00	58,20	21,60	140,60
7. Timberjack 1470D	21,67	15,83	21,17	76,33	75,33	210,33
8. Timberjack 1470D	25,75	7,00	11,50	44,25	45,25	133,75
9. Timberjack 1070D	36,25	11,75	11,75	66,25	83,00	209,00

Tabell 3.

Antal ingående stammar i tidstudien samt genomsnittligt antal stockar per stam (Observera att Rottne H20 studerades vid två tillfällen. Första studietillfället gav inga kalibreringsförslag).

Maskin	Antal stammar	Antal stockar
1. Cat 570	4	4,0
2a. Rottne H20	8	3,6
2b. Rottne H20	7	4,0
3. Valmet 941	4	4,2
4. Ponsse Beaver	4	3,8
5. Ponsse Buffalo	7	4,4
6. Timberjack 1470D	5	4,6
7. Timberjack 1470D	6	4,7

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2004

2004

- Nr 562 Brander, M. & Eriksson, D. 2004. Delautomatisering av kranfunktioner på engreppsskördare. 92 s.
- Nr 563 Ahlsén, B. 2004. Styrdon för automatiserad kranstyrning. 78 s.
- Nr 564 Eriksson, B., Rosvall, O. & Wennström, U. 2004. Förädlad frö vid skogssådd. 20 s.
- Nr 565 Johansson, L. Svensk Maskinprovning, Hallonborg, U. & Granlund, P. Skogforsk. 2004. Riktning och hastighet hos kedjeskott. 16 s.
- Nr 566 Bergkvist, I., Johansson, F. & Glöde, D. 2004. Tredje generationens röjningsteknik – Maskinell röjning i stråk kombinerat med motormanuell mellanonzröjning. 27 s.
- Nr 567 Skutin, S-G. 2004. Överföring av FoU-resultat till praktisk tillämpning. 28 s.
- Nr 568 Johan Sonesson, Curt Almqvist, Bengt Andersson, Tore Ericsson, Bo Karlsson, Lars-Göran Stener, Johan Westin. 2004. Lägesrapport 2003-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
- Nr 569 Wilhelmsson, L. & Moberg L. 2004. Viktsutredning – Råvolymvikter. Prognos för medelvärden och spridningsmått med hjälp av beräkningsmodeller och vägning vid mätstationer. 35 s.
- Nr 570 Glöde, D. & Bergström, R. 2004. Intäktsförluster på grund av älgbetning av tall i Sverige. 30 s.
- Nr 571 Stener, L-G. 2004. Resultat från sydsvenska klontester med poppel. 27 s.
- Nr 572 Hallonborg, U. 2004. Aggregatutveckling. 10 s.
- Nr 573 Brander, M. & Nordén B. 2004. Utvärdering av automatfunktioner på engreppsskördare med en professionell skördarförare. 25 s.
- Nr 574 Rosvall, O., Bergström, R., Jacobson, S., Pettersson, F., Rosén, K., Thor, M. & Weslien, J.-O. 2004. Ökad produktion i Familjeskogsbruket – analys av tillväxthöjande och skadeförebyggande åtgärder. 94 s.
- Nr 575 Hannrup, B. 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. 34 s.
- Nr 576 Eriksson, B. & Sundblad, L.-G. 2004. Föryngring före slutavverkning – ungskogar till låg kostnad. 14 s.
- Nr 577 Andersson, M. 2004. Simulering av dimensionsmätare för skördare 16 s.
- Nr 578 Sikström, U., Persson, T., Högbom, L., Rosenberg, O., Lundström, H. & Nordlund, S. 2004. N retention after N addition in four experimental stands of Norway spruce in southern Sweden – Site description and base-line data for an experimental series in southern Sweden. 26 s.
- Nr 579 Almqvist, C. 2004. Effekter av förband och ymphöjd på den tidiga produktionen av kott, frö och pollen i fröplantager av tall. – Resultat från modellfröplantagen Drögsnäs åren 1996–2003. 26 s.
- Nr 580 Eriksson, B. 2004. Morgondagens skogsvård. 29 s.
- Nr 581 Rytter, L. 2004. Hybridasp för kombinerad produktion av biomassa och gagnvirke – Slutrapport 2004 för energimyndighetens projekt P12705. 31 s.
- Nr 582 Granlund, P. 2004. Med CTI minskar vibrationerna på rundvirkesbilar. 6 s.
- Nr 583 Brunberg, T., Granlund, P. & Nordén, B. 2004. Bränslemätningar på skotare och skördare. 12 s.
- Nr 584 Hallonborg, U. 2004. Skotning med grova mellanstöttor i breda lastutrymmen. 10 s.
- Nr 585 Sondell, J., Moberg, L. & Möller, J. J. 2004. Praktiskt prov med automatisk friskkvistaptering 2003–2004. 7 s.

2005

- Nr 586 Hallonborg, U., Nordén, B. & Lundström, H. 2005. Ponsse Dual Buffalo i slutavverkning. 12 s.

- Nr 587 Löfroth, C., Ekstrand, M & Rådström, L. 2005. Konsekvenser för skogsnäringen av Skatt på väg (SOU 2004:63). 44 s.
- Nr 588 Bergkvist, I. & Nordén, B. Geometrisk röjning i stråk 2005. Maskinstudier av tre maskinkoncept i stråkröjning 15 s.
- Nr 589 Sikström, U. & Pettersson, f. 2005. Föryngring av gran under högsårm – avgångar i skärmen, plantförekomst och planttillväxt. 105 s.
- Nr 590 Wilhelmsson, L. 2005. Characterisation of stem, wood and fiber properties – industrial relevance. 29 s.
- Nr 591 Moberg, L., Hannrup, B. & Norell, L. 2005. Models of stem taper and cross-sectional eccentricity for Norway spruce and Scots pine. 12 s.
- Nr 592 Sonesson, J., Almqvist, C., Ericsson, T., Karlsson, B., Persson, T., Stener, L.-G. & Westin, Johan. 2005. Lägesrapport. 22 s.
- Nr 593 Erikssohn, P. & Oscarsson, M. 2005. Automatisk sortering med engreppsskördare vid slutavverkning. 92 s.
- Nr 594 Egermark, T. 2005. Kranpetsstyrning – En jämförande utvärdering av kranstyrning för skogsmaskiner utförd i simulator. 85 s.
- Nr 595 Ekstrand, M., Löfroth, C. & Andersson G. 2005. Fördjupad analys av utredningen om konsekvenser för skogsnäringen av Skatt på väg (SOU 2004:63). 47 s.
- Nr 596 Ekstrand, M. & Skutin, S.-G. 2005. Processkartläggning av transportledning och transporter – Fallstudie hos Stora Enso, Skogsåarna, VSV och Sydved. 54 s.
- Nr 597 von Hofsten, H., Lundström, H., Nordén, B. & Thor M. 2005. System för uttag av skogsbränsle – analyser av sju slutavverkningssystem och fyra gallringssystem. 34 s.
- Nr 598 Bergkvist, Isabelle. 2005. Upparbetning av stormskadad skog – Beskrivning och analys av de dominerande maskinsystemen. 15 s.
- Nr 599 Löfgren, B. 2005. Head-up-display i engreppsskördare. 70 s.
- Nr 600 Ekstrand, M. 2005. Inställning av vägvalskomponent i TVE. 40 s.
- Nr 601 Granlund, P. & Thor M. 2005. Vibrationsmätningar på drivare och skotare. 9 s.
- Nr 602 Jonsson, M. 2005. Kartläggning av dubbskador. 29 s.
- Nr 603 Almqvist C., Stener, L.G. & Karlsson H. L. 2005. Skogsträdförädlingens databas Fritid – Definitioner, tabellstruktur och manualer. 54 s
- Nr 604 Sondell J. Märkning av timmer för automatisk avläsning vid sågen. 6 s.
- Nr 605 Rosenberg, O. & Högbom L. 2005. Retention av bor efter gödsling med Skog-CAN innehållande olika borformuleringar. 12 s.
- Nr 606 Nordén, B., Lundström, H. & Thor M. 2005. Kombimaskin jämfört med tvåmaskinsystem. Tidsstudier av Ponsse Dual, Ponsse Beaver och Ponsse Buffalo hos SCA Skog AB. 10 s.
- Nr 607 Granlund, P., Eliasson, T. & Alzubaidi, H. 2005. CTI – Studieresa den 7 september 2005. 15 s.
- Nr 608 Hofsten, von H. & Sondell J. 2005. Kalibrering av apteringssystem i skördare. 16 s.