



HARVEMETER 4000 -MÄTUTRUSTNING OCH DESS MÄTNOGGRANNHET

Kaarlo Rieppo

HarveMeter 4000 är en kuberande mätutrustning som är lämplig för de vanligaste engreppsskördarna. Med anordningen styrs kvistning och kapning av trädet och bestäms virkets längd, diameter och volym. Volymen bestäms bitvis.

I denna undersökning var den till Keto-upparbetningsanordningar installerade mätutrustningens noggrannheter för både längdmätning och kapning goda; 87 % av timret uppvisade ± 3 cm:s och 97 % ± 5 cm:s noggrannhet. 77 % av timret blev kapat med ± 3 cm:s noggrannhet och 90 % med ± 5 cm:s noggrannhet från modullängderna.

Mätnoggrannheten för diameter klargjordes genom mätning av toppdiametern. Ungefär hälften av observationerna för den bästa maskinen låg inom ± 2 mm. Stora piggar på matarbanden försämrade de övriga maskinernas mätnoggrannhet för diameter och volym. Den maskin, vars matarpiggar förminskades, uppnådde ett gott resultat beträffande mätnoggrannheten för volymen; av enskilda bitar låg 69 % inom ± 4 % och 93 % inom ± 10 %. Beträffande hela materialet var de av denna maskin gjorda felen vid mätning av timmer -1.4 % och vid mätning av massaved -0.2 %.

MÄTUTRUSTNINGEN OCH DESS FUNKTION

Allmänt

HarveMeter 4000 -mätutrustning är utvecklad av och tillverkas och säljs av E-P Elektromiikka Oy i Seinäjoki. Företaget koncentrerar sig på automationslösningar för lant- och skogsbruk. Företaget är en del av EPEC-kon-

cernen och grundades år 1978. Företaget har tillverkat styr- och mätutrustning för engreppsskördare sedan år 1985.

Den första kuberande utrustningen HarveMeter 4000 monterades i juni 1990. I slutet av juni 1991 var 34 utrustningar i bruk. Mätutrustningens pris uppgick i juni 1991 till 39 600 FIM. Tillverkaren svarar för service av utrustningen och en garantitid på ett år ges.

Mätutrustningen lämpar sig för engreppsskördare. Den kan inställas att mäta diametern på basen av matarvalsarnas, -bandens eller kvistningsknivarnas position. I denna undersökning grundades mätningen av diametern på identifikation av bandens position på Keto-upparbetningsanordning (bild 1).



Bild 1. Keto 150 -upparbetningsanordning. Fotografi Metsäteho



Bild 2. HarveMeter 4000 -mätutrustning, förvalstangenter, maskinstyrenhet och skrivare. Fotografi E-P Elektroniikka Oy

Teknik

Utrustningen består av HarveMeter-mätutrustning, förvalstangenter, maskinstyrenhet och skrivare. HarveMeter har egna programmerings-tangenter, på vars vänstra sida det finns anvisningar för de vanligaste kommandona och två LCD-skärmar för inställningar och uppföljande av mätningarna (bild 2). Förvalstangenterna är placerade invid maskinstyrspaken och med den väljer man trädslag och önskat längdmått och samtidigt virkessortiment.

I grundposition visar mätutrustningen diametern i den vänstra rutan och längdmåttet i den högra. Längdmåttet nollställs vid sågning. Då diametern ligger utanför mätningssområdet - upparbetningsanordningen är helt öppen - visas förval.

Längden mäts på ovansidan av stammen med ett mätjul, mot vilket stammen pressas under matningen. Längdmåttgivaren indikerar 40 pulser för varje mätjulsvarv. Keto-upparbetningsanordningar har ett tandat och ungefär 10 mm brett mätjul av stål. Mätjulets omkrets är 400 mm, varvid längdmätningens urskiljningsförmåga är 10 mm.

Mätutrustningen får den första diameterobservationen av stammen vid den höjd som är avståndet mellan sågen och diameters mät punkt.

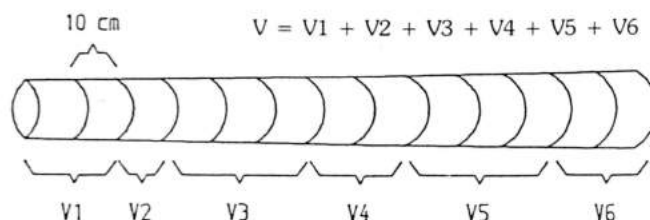


Bild 3. Principen med HarveMeter 4000 -mätutrustningens volymberäkning

Det beror på upparbetningsanordningen och på om man mäter diametern i kvistningsknivarna eller mataranordningen. Volymen av denna bit beräknas som kapad kon varvid rotens konicitet per meter är 1.2 x första diameterobservationen. Efter detta mäts bitens diameter med 10 cm:s mellanrum vid matning framåt och endast ett mindre värde än föregående diameter registreras för volymbereäkningen. Diametergivarens urskiljningsförmåga är 1 mm. I samband med kapningen beräknas bitens volym utgående från registrerade längd- och diameterdata enligt formeln för kapad kon (bild 3). Trädet skall hanteras från roten mot toppen.

För beräkning och registrering av mätdata har mätutrustningen ett minne 32 kB - 1 kB enligt mättningsbehov.

Funktion

Till matningssätt kan väljas handmatning, automatisk eller fortgående matning. Vid handmatning kan trädet endast matas från maskinstyrningens matarknappar och matningen stannar vid det förvalda måttet. Vid automatisk matning påbörjas matningen automatiskt då man trycker på någon längdvalknapp på förvalstangentbordet. Vid fortgående matning påbörjas matningen automatiskt även efter kapningssågning (ej fällningssågning) och stammen matas till samma förvalda mått som den föregående biten. Förvalet kan göras fritt på nytt; mätutrustningen matar alltid till det nya måttet. Efter fällningssågning skall trädslag och mått väljas på nytt. Detta försäkrar att trädslaget har blivit rätt valt.

10 trädslag kan väljas med mätutrustningen. På förhand kan fyra olika trädslag väljas på en gång, vilka alla har 12 förvalbara längdmått. Måtten inställs med 1 cm:s noggrannhet. Diametergränserna för timmer och massaved inställs för varje trädslag med 1 mm:s noggrannhet.

På mätutrustningens skärm kan man kontrollera alla trädslags volym sortimentssvis och deras sammanlagda mängd. Mätdata skrivs ut på pappersremsa i maskinen. Av mätutrustningen fås 8 olika slag av utskrift på pappersremsor. Med hjälp av kontorsdator fås ytterligare mätintyg. Pappersremsutskriftarna består av följande:

- Total utskrift; till arbetsnummer ansamlade virkesmängder o.d. data skrivs ut.
- Kombinationsutskrift; virkessortimentens sammanlagda mängd skrivs ut.
- Utskrift för varje trädslag; en specifikation på ett urvalt trädslag skrivs ut.
- Sammanfattad utskrift av kontrollparti; kontrollpartiets sortimentsvisa volymer och mängder skrivs ut.

- Utskrift av de sista bitarna; data om de 40 sista bitarna skrivs ut.
- Kontrollpartiets bitvisa utskrift; varje bit i kontrollpartiet skrivs ut genast efter sågning.
- Utskrift av stammens profil (millimeterutskrift).
- Utskrift av kalibreringsdata.

Data kan överföras från mätutrustningen till andra datasystem med en dataöverföringsmodul, som är ungefär lika stor som ett kreditkort, eller via en mobiltelefon direkt från avverkningsmaskinen.

HarveMeter 4000 -utrustningarna kan utvidgas till att samla data från hela avverkningsprocessen. Information om maskinens funktion och avverkade träd med noggranna tidsuppgifter registreras i dataöverföringsmodulen. Från modulen kan informationen avläsas på kontordatorn för klassificering och utskrift av informationen.

Kalibrering

Vid kalibrering av längden matas trädet fram en lämplig sträcka (t.ex. 5 m), sträckan uppmäts noggrant med måttband och meddelas till mätutrustningen, varvid mätutrustningen själv beräknar pulsmängdens och längdens motsvarighet.

Det exaktaste resultatet fås emellertid genom att man mäter en större mängd timmer och beräknar den genomsnittliga måttavvikelsen. Efter detta matas trädet så att rutan för längden visar t.ex. 460 och HarveMeter matas med den med måttavvikelsen ändrade längden i millimeter - t.ex. 4 580 - ifall timret i genomsnitt har varit 2 cm för kort.

Grundkalibreringen av diametern görs i allmänhet i samband med installationen genom användande av färdiga metallrör (5 - 20 st). Grundkalibreringen behöver inte utföras på nytt ifall inte upparbetningsanordningen förändras avsevärt eller skadas.

Snabbkalibrering av diametern görs i allmänhet på basen av volymens kontrollmätning. Diametern kan ändras i övre eller nedre ändan av diameterområdet separat högst 2 mm per gång.

UNDERSÖKNINGSMETOD OCH -MATERIAL

Noggrannheten för HarveMeter 4000 -mätutrustning undersöktes på fyra Yhtyneet Paperitehtaat Oy:s och på två Visuvesi Oy:s arbets-trakter i mellersta Finland. Det första materialet insamlades i november och december 1990 då förhållandena varierade från några

minusgrader till några plusgrader. Mätutrustningen hade monterats på Keto 150 -upparbetningsanordning (maskin 1). Det andra materialet insamlades i december 1990 då förhållandena var liknande som vid insamlandet av det första materialet. Nu var mätutrustningen monterad på Keto 500 -upparbetningsanordning (maskin 2). Det tredje materialet insamlades i januari 1991 från samma maskin som det första materialet. Det var minusgrader under insamlingen. Det tredje materialet behandlas som eget maskinnummer (maskin 3), eftersom det skiljer sig avsevärt från det första materialet på grund av förändringen i bandens pigglängd i Keto 150 -upparbetningsanordning. Till en början var matarbanden försedda med rektangelformade, 13:mm:s matningspigggar för att få bättre fäste. Matningspiggarna pressades alltid in i barken, vilket förorsakade problem med mätnoggrannheten. Då träd med tjock bark hanterades gick de egentliga matarbanden längs med trädbarkens yta. Då träd med tunn bark hanterades gick matningspiggarna längs trädets yta varvid det lämnade tomrum mellan banden och barken. En sådan egenskap kan diametergivaren inte ta i beaktande och kalibreringen avlägsnar inte problemet heller.

Förarna i vardera maskinen var vana att använda avverkningsmaskinen och mätutrustningen. På grund av de växlande förhållandena i samband med insamlandet av material för maskinerna 1 och 2 kalibrerades mätutrustningarna ett flertal gånger. Utrustningarna kalibrerades antingen av representanten för mätutrustningen eller föraren eller av båda tillsammans.

I undersökningen klargjordes HarveMeter 4000 -mätutrustningens mätnoggrannhet för längd, diameter och volym. Av maskin 1 insamlades 12 sampel, av maskin 2 9 och maskin 3 5 sampel. Samplens storlekar varierade från 16 till 128 bitar och deras genomsnittliga storlek var 44 bitar. Ur mätutrustningens utskrift framgick längden och toppdiametern för varje bit i millimeter samt volymen med en deciliter (0.1 dm³:s) noggrannhet. Därutöver utskrevs antalet bitar/sortiment för varje sampel och volymerna med 1 dm³:s noggrannhet.

Vid kontrollmätningen av bitarna uppmättes rotens och toppens diameter med millimeterindlad mätklave samt diameter vid 0.5 m och efter detta med en meters mellanrum. Av rotbitarna uppmättes utöver föregående ytterligare diametrarna vid 0.2 och 0.7 m. Dessutom uppmättes bitens längd med stålmåttband med en centimeters differens. Materialet insamlades enligt följande:

	m ³	bitar
Maskin 1	42	479
Maskin 2	56	486
Maskin 3	22	176

Mätnoggrannheten för längden utreddes genom att jämföra längden uppmätt av mätutrustningen med längden uppmätt med måttband. Timrets kapningsnoggrannhet undersöktes genom att jämföra den verkliga längden med modul-längderna som hade varit i bruk på stämp-lingen.

För att klargöra mätnoggrannheten för diame-tern jämfördes toppdiametern som mätutrust-ningen skrivit ut för varje bit med topp-
diametern uppmätt med mätklave. Detta jämfö-
relsesätt torde ge en sämre bild av mätut-
rustningens mätnoggrannhet för diametern än
i verkligheten, eftersom mätutrustningen
skriver ut den minsta av de dittills uppmätta
diametrarna. Det beror på att mätutrustningen
inte "godkänner" att stammen blir grövre mot
toppen.

Mätnoggrannheten för volymen undersöktes både
bitvis och som total volym. Bitens jämförel-
sevolym beräknades som summan av volymen för
de kapade konerna (max 1 m långa).

RESULTAT

Mätnoggrannhet för längd

I undersökningen jämfördes de av mätutrust-
ningen för varje maskin uppmätta längderna
för timmer och massavedsbitar med deras verk-
liga längder (tabell 1). Av timret hade i
medeltal 87 % uppmäts med ± 3 cm:s och 97 %
med ± 5 cm:s noggrannhet. Grantimmer hade i
genomsnitt blivit noggrannare uppmätt än
talltimmer. Av massavedsbitarna (3 m) blev i
genomsnitt 86 % uppmätta med ± 1 procents och
97 % med ± 3 procents noggrannhet. Också gran-
massaveden hade blivit noggrannare uppmätt än
tallmassaveden. Det förekom inga avsevärda
skillnader i mätnoggrannheten för timrets
längd för varje maskin. Maskin 2 uppmätte
inte tallmassavedens längder riktigt lika
exakt som de andra maskinerna.

TABELL 1 Mätnoggrannhet för längd; timmer och massaved

Virkes- sortiment	Diffe- rens	Maskin			Samman- lagt
		1	2	3	
		%			
Grantimmer	±3 cm	95	90	84	91
	±5 cm	100	96	97	98
Talltimmer	±3 cm	86	82	91	84
	±5 cm	96	95	97	96
Grantimmer & talltimmer	±3 cm	91	86	88	87
	±5 cm	98	96	97	97
Granmassaved	±1 %	95	82	100	90
	±3 %	99	97	100	98
Tallmassaved	±1 %	86	64	90	81
	±3 %	97	93	94	95
Granmassaved & tallmassaved	±1 %	91	77	93	86
	±3 %	98	96	96	97

Då observationer med längdmättdifferenser
över ± 10 cm (2.2 % av materialet) avlägsnades
från hela materialet var längdmättdifferen-
sens medelvärde för mätning av både gran- och
talltimmer 0 cm. Längdens mättdifferens för
granmassaved var +1 cm och för tallmassaved
0 cm. I genomsnitt uppmättes alltså 1 cm för
lång granmassaved.

Kapningsnoggrannhet

I medeltal 77 % av timret kapades med ± 3 cm:s
och 90 % med ± 5 cm:s noggrannhet jämfört med
modullängderna. Kapningsnoggrannheten för
maskinerna 1 och 3 var bättre än för maskin
2 (bild 4). Kapningsnoggrannheten för massa-
ved bestämdes inte.

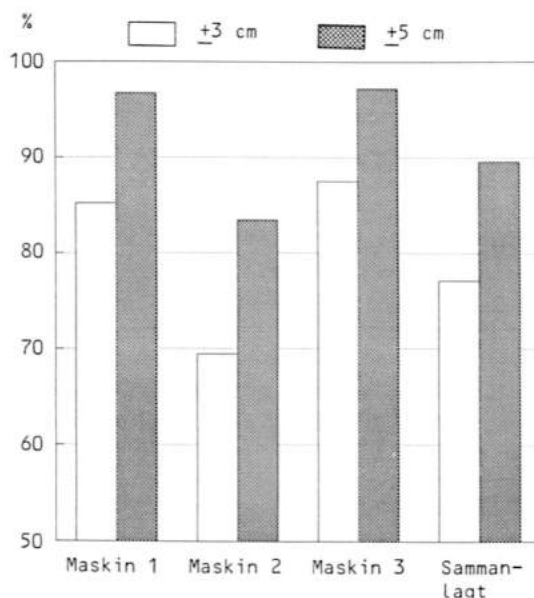


Bild 4. Kapningsnoggrannheten för HarveMeter 4000
-mätutrustning vid mätning av timmer

Mätnoggrannhet för diameter

Totalt erhöles 1 062 observationer om mätnog-
grannheten för toppdiametern. I hela mate-
rialet hade mätutrustningen uppmätt en i
medeltal 1 mm för liten toppdiameter. Sprid-
ningen av mätnoggrannheten för toppdiametern
var 5 mm. Det förekom skillnader mellan träd-
slagen: granarnas toppdiameterkillnad var i
medeltal -3 mm och tallarnas 0 mm. Motsvaran-
de spridning var 4 och 6 mm.

Det förekom också skillnader mellan maskiner-
na. För maskinerna 1 och 3 var det naturligt,
eftersom det handlade om samma maskin, i
vilken man ändrat matarbandens piggar i upp-
arbetningsanordningen under undersökningens
gång. Maskin 1 uppmätte en 4 mm mindre topp-
diameter än maskin 3. Spridningarna var lika
stora, 4 mm. Maskin 2 å sin sida uppmätte en
1 mm mindre toppdiameter än maskin 3. Sprid-
ningen (6 mm) av denna maskins mättningsfel
var större än för maskinerna 1 och 3.

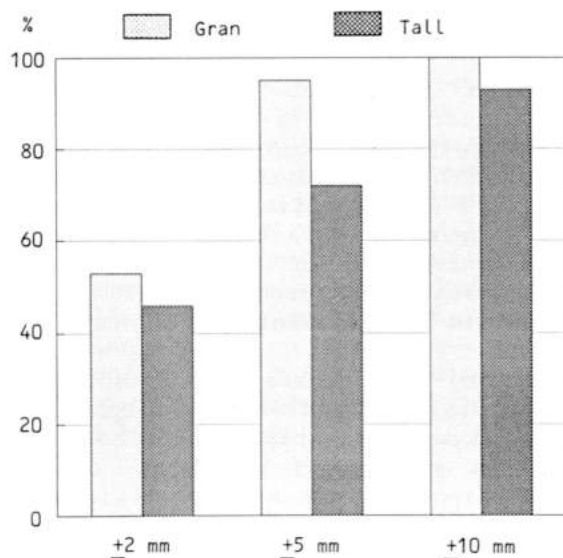


Bild 5. Mätnoggrannheten för toppdiametern, maskin 3

Toppdiameterdifferensen, som beräknades av mätutrustningen för maskin 3 - som alltså hade förändrade matarpiggar -, jämfört med kontrollmätningen låg vid mätning av gran i 53 % av fallen inom ± 2 mm, i 95 % inom ± 5 mm och i 100 % inom ± 10 mm. Motsvarande värden för mätning av tall var 46, 72 och 93 % (bild 5).

Mätnoggrannhet för volym

Volymen för 45 % av alla bitarna hade uppmätts med ± 4 procents och för 86 % med ± 10 procents noggrannhet. Enskilda granbitar hade i genomsnitt uppmätts exaktare än tallbitar. Timret hade i genomsnitt blivit exaktare uppmätt än massaveden (tabell 2).

TABELL 2 Mätnoggrannhet för volym, bitvis

Trädslag och virkessortiment	Differens	Maskin			Sammanlagt
		1	2	3	
		%			
Gran	±4 %	34	50	88	47
	±10 %	83	91	100	89
Tall	±4 %	36	43	56	43
	±10 %	83	81	88	84
Gran & tall	±4 %	35	47	69	45
	±10 %	83	87	93	86
Timmer	±4 %	44	45	79	51
	±10 %	90	92	99	92
Massaved	±4 %	32	48	63	42
	±10 %	81	83	89	83

Maskin 3 uppnådde den bästa mätnoggrannheten för volymen; 69 % av de enskilda bitarna uppmättes inom ± 4 % och 93 % inom ± 10 % (bild 6). Denna maskins största differenser beträffande volymmätningen av enskilda bitar uppmättes vid mätning av tall 15 % och vid mätning av gran 7 %. Maskinerna 1 och 2 gjorde större fel.

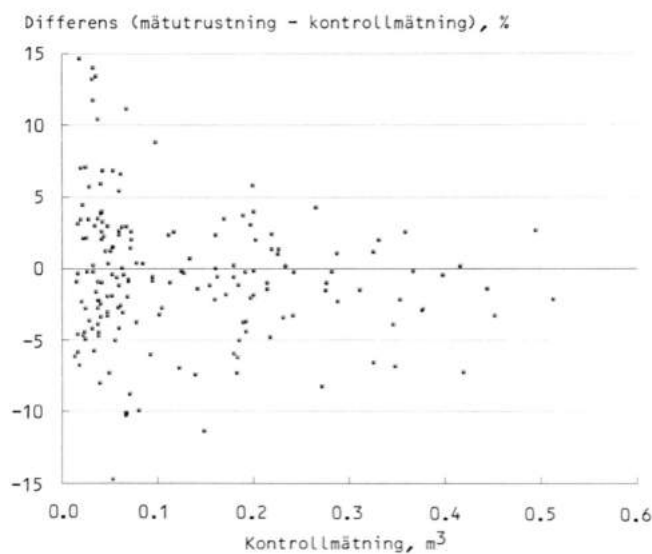


Bild 6. Mättdifferenser för volym för enskilt uppmätta virkesbitar, maskin 3

Mätnoggrannheten för volymen för maskin 3 granskades också kumulativt för varje sampel (bild 7). Detta granskningssätt ger en bild av hur mycket timmer samplet bör bestå av så att kontrollmätningen skall ge ett tillräckligt tillförlitligt resultat. Misstag i volymmätningen tycks stabilisera sig på en viss nivå för varje sampel efter mätning av litet mera än 20 bitar. Bild 7 visar att mätutrustningen har uppmätt samma trädslag mycket lika i olika sampel. Mellan trädslagen har skillnader förekommit; de sammanlagda felen i samplen vid mätning av gran uppgick till ca 0 % och tall ca -2 %.

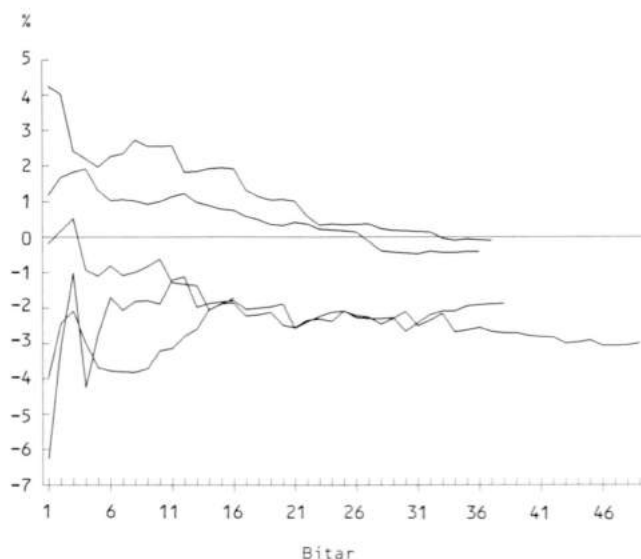


Bild 7. Kumulativt volymmåttfel, maskin 3. De två översta kurvorna berör gran och de andra kurvorna tall

Differens (mätutrustning - kontrollmätning), %

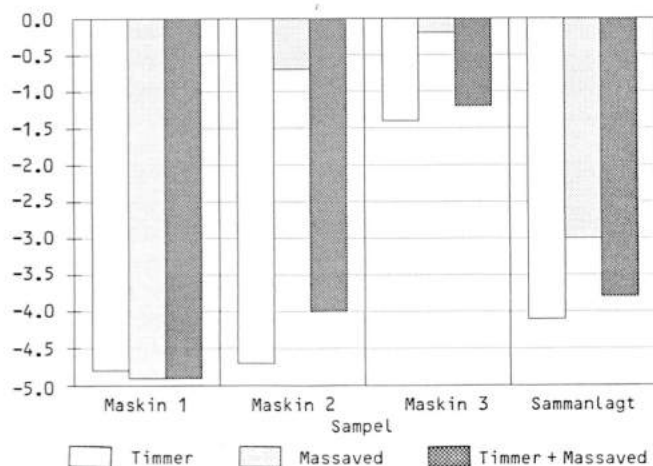


Bild 8. HarveMeter 4000 -mätutrustningens mätnoggrannheter för volym

Alla maskiner uppmätte en för liten volym för timmer och massaved (bild 8).

I de av maskin 1 uppmätta virkessortimenten förekom mest inre variation mellan samplen (tabell 3); i dess material förekom totalt 26 sådana sortimentsvisa sampel, i vilka det hade varit minst 5 bitar. I fem av dessa sampel var avvikelserna från medelvärdet per virkessortiment större än ± 4 %. Motsvarande sampel för maskin 2 var sammanlagt 21 och i två av dem var avvikelse från medelvärdet per virkessortiment större än ± 4 %. Båda avvikelserna gäller sampel för granmassaved. Maskin 3 gav 10 sådana sampel och i inget av dem förekom avvikelser från medelvärdet per virkessortiment som är större än ± 4 %. De största avvikelserna, -3.0 % och $+4.0$ %, förekom vid mätning av tallmassaved.

GRANSKNING AV RESULTATEN

HarveMeter 4000 -mätutrustningens mätnoggrannhet för längd var god; vid mätning av timmer uppfylldes noggrannhetskraven klart och vid mätning av massaveden uppnåddes kraven i 70 % av mätningarna inom ± 1 % av alla maskiner utom en beträffande tallmaterialet. Tillförlitligheten för längdmätningen var god eftersom större differenser än ± 10 cm endast förekom vid två mätningar av hundra.

Förkortning av piggarna förbättrade mätnoggrannheten för diameter och volym. Då man skall bedöma mätnoggrannheten för diametern måste man också ta i beaktande, att detta undersökningssätt ger en sämre bild av noggrannheten än i verkligheten.

Vid mätning av tallarnas toppdiameter var spridningen större än vid motsvarande mätning av granarna. Mätningen av granarnas diameter var på basen av detta tillförlitligare än tallarnas. Detta torde förorsakas av att tallarna har tjockare genar i toppen samt av det att tallarnas barktjocklek varierar mera än granarnas. I genomsnitt var spridningarna av toppdiametrarnas mättdifferenser relativt små i materialet för denna undersökning. Den lilla spridningen återspeglar mätningens tillförlitlighet.

Undersökningen visade att det är möjligt att med utrustningen nå en god mätnoggrannhet för volymen, då också upparbetningsanordningens egenskaper har blivit beaktade vid konstruktion av mätsystemet.

Då förutsättningar fanns för en exakt mätning av diametern, tycktes volymens mättdifferens stabilisera sig efter mätning av litet mera än 20 bitar. På basen av detta torde en tillräcklig sampelstorlek för kontrollmätning

TABELL 3 Samplens avvikelser per virkessortiment från virkessortimentets medelfel; sådana sampel har medtagits, i vilka ifrågavarande virkessortiment har haft minst 5 bitar i samplet

Maskin	Virkeessortiment	Sampel										Sammanlagt
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		Volymdifferens, %										
1	Grantimmer	1.6	5.2	0.7	-0.4	2.0	-2.0	-2.9	0.1			0.0
	* massaved	0.5	3.1	0.8	1.6	5.3	-3.7	-2.1	-3.1	4.6	-2.3	0.0
	Talltimmer	2.1	-1.1	-1.0								0.0
	* massaved	4.3	-1.6	-1.6	-5.7	1.8						0.0
2	Grantimmer	1.8	-0.7	-2.7	-1.8	-0.5	-0.3	-0.2				0.0
	* massaved	0.5	0.5	-4.4	0.4	1.2	2.7	4.4	0.8			0.0
	Talltimmer	0.9	-0.2	-2.6								0.0
	* massaved	0.7	3.9	-3.8								0.0
3	Grantimmer	-0.3	0.1									0.0
	* massaved	0.2	-0.2									0.0
	Talltimmer	-1.2	1.8	-0.1								0.0
	* massaved	-1.6	-3.0	4.0								0.0

vara ungefär 25, då virkesmängdens sammanlagda fel bestäms. I praktiken torde ovannämnda mängd behövas för varje virkessortiment då mätnoggrannheten klargörs per virkessortiment. Med andra ord borde kontrollmätningens mängdens storlek för fyra virkessortiment vara cirka 100 bitar. Den nödvändiga sampelstorleken beror främst på tillförlitligheten (spridningen) hos den mätutrustning som finns i maskinenheten. Sampelstorleken beror också på kontrollmätningens noggrannhet. De ovannämnda talen stämmer sålunda endast om mätningarna görs med en meters intervaller med en millimeters noggrannhet och bitarnas volym beräknas i kapade koner.

I denna undersökning hade HarveMeter 4000-mätutrustningen monterats på Keto 150- och Keto 500-upparbetningsanordningar. Alla Keto-upparbetningsanordningar är konstruerade på samma sätt. Resultaten från denna undersökning torde gälla för alla mätutrustningar som monterats på Keto-upparbetningsanordningar. Resultaten behöver inte nödvändigtvis kunna tillämpas för mätutrustningar som monterats på andra typer av upparbetningsanordningar.

Sakord: Avverkningsmaskiner
Mätutrustningar
Mätning, noggrannhet



METSÄTEHO

FoU-ENHETEN FÖR VIRKESANSKAFFNING OCH -PRODUKTION VID
FINLANDS SKOGSINDUSTRIIS CENTRALFÖRBUND RF
PB 194 (Fabiansgatan 9 B) • 00131 HELSINGFORS • Telefon (90) 658 922