

ÕPPEMATERJAL

Harvestermõõtmine



Maaelu Arengu Euroopa Põllumajandusfond:
Euroopa investeeringud maapiirkondadesse

HARVESTERMÕÕTMINE

Loengumaterjali slaidid

Jüri Järvis

2009

- Harvestere ehk metsaraiemasinaid on erinevaid, kuid nende poolt raiutava puidu mõõtmispõhimõtted on väga sarnased.





OHUTSOON 70M

Timberjack

4CHC-CTM 70,0 m

RISKZONE 70m

Timberjack



- Harvester mõõdab ümarpuitu raimise ajal langetatud tüve harvesteripeast läbi tõmmates





Kuidas harvester puitu mõõdab?

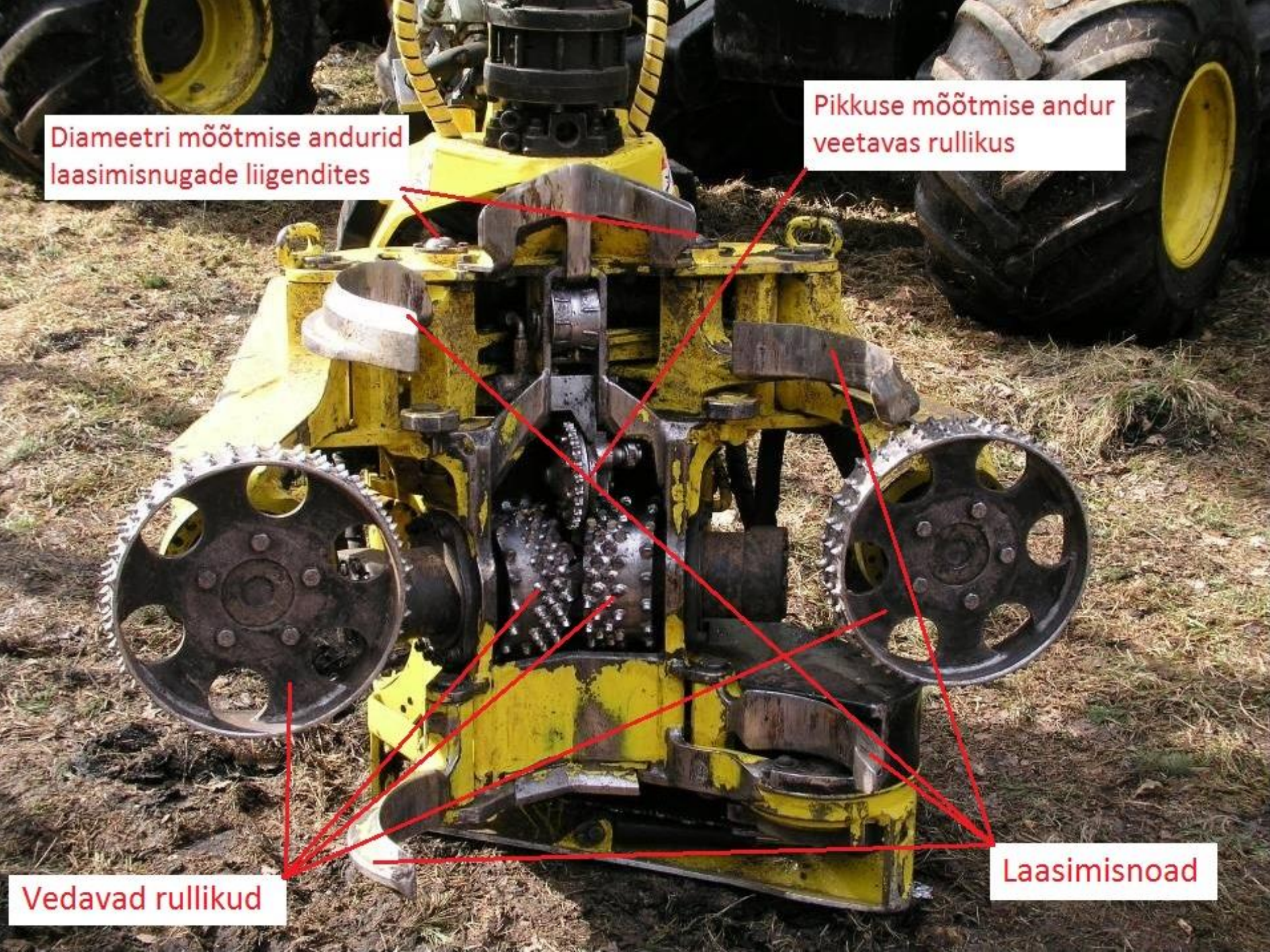
- Langetatud puutüve harvesteri lõikepeast läbi kerides toimub mõõtmisrullikuga pikkuse mõõtmine.
- Laasimisnugade avatuse asendi järgi toimub ümarpuidu läbimõõttude mõõtmine.

Diameetri mõõtmise andurid
laasimisnugade liigendites

Pikkuse mõõtmise andur
veetavas rullikus

Vedavad rullikud

Laasimisnoad



- Harvesteripäid on palju erinevaid mudeleid, kuid mõõtmise toimub kõigis neis väga sarnaselt





1066

sambo



- Järgnev on joonis harvesteri mõõtmisanduritest

2.1 Capture of Primary Data

2.1.1 Measurement of Length

Length will be measured in whole centimeters, resolution ≤ 10 mm.

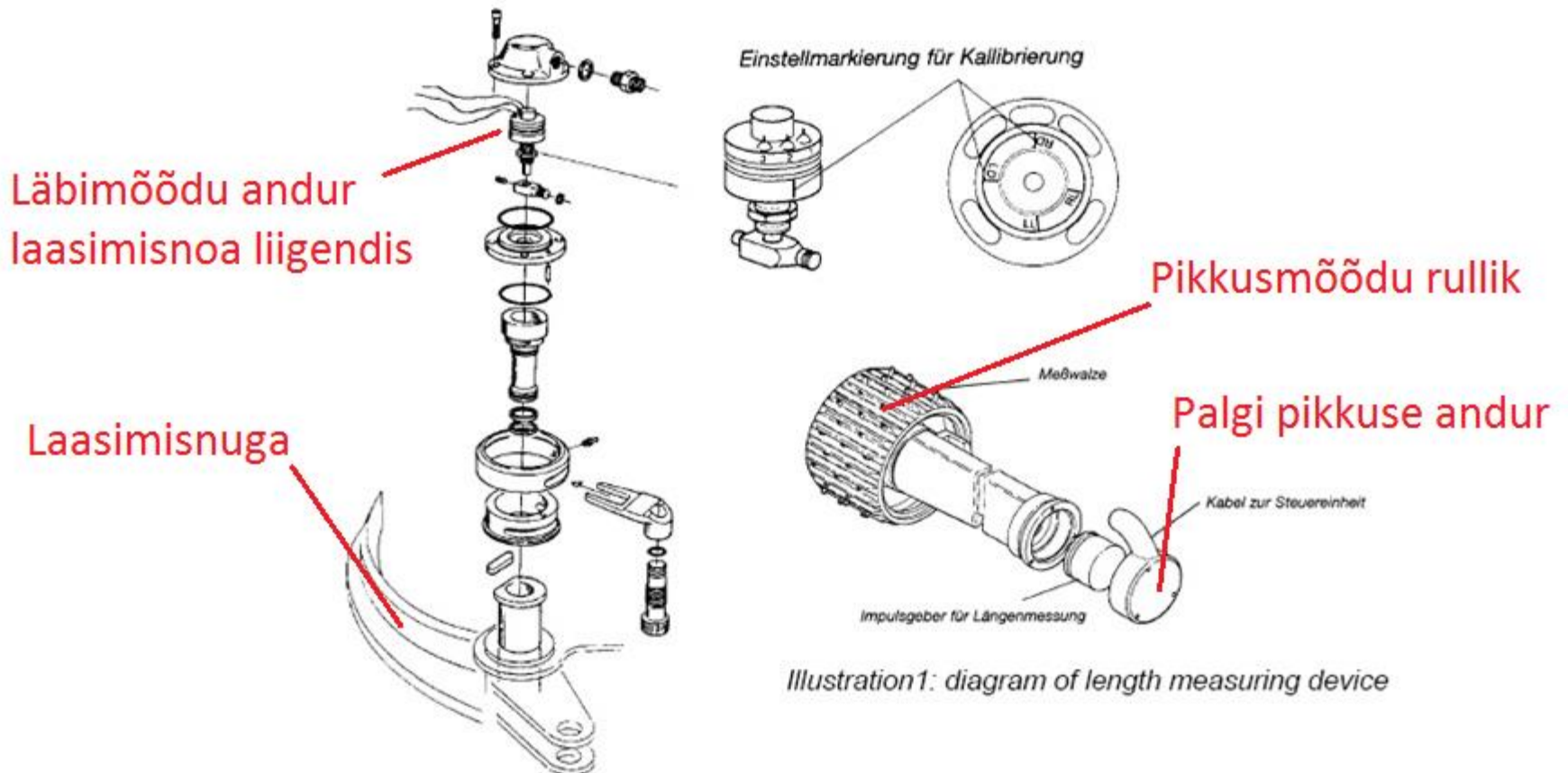


Illustration 2: diagram of diameter measuring device

2.1.2 Measurement of Diameter

Diameter will be measured in whole millimeters, resolution ≤ 1 mm.

Kui täpne on harvesterimõõtmine?

- Soomes jäävad igapäevasel mõõtmisel puidu mahuvead väidetavalt enamasti $\pm 2\%$ mahuvea vahemikku.
- Tingimuseks on seejuures, et harvesteri mõõtmisseadmeid **kalibreeritakse** ehk kontrollitakse ja vajadusel reguleeritakse igal üle 100 tm suurusel raielangil.

- NB! Kalibreerimata harvester võib eksida väga suures ulatuses!!!

- Reguleerimine on ainult tarkvaraline, reguleerimiseks mutreid ja kruvisid ei keerata!
- Andmed, mille järgi masina seadeid muuta, saadakse lõigatud ümarpuitu elektroonilise klupiga üle mõõtes.

- Elektrooniline metsaklupp (järgneval fotol) on sisuliselt läbimõõdu mõõtmise vahend (nagu nihk-kaliiber, ainult suurem), millele on lisatud väike ilmastikukindel arvuti andmekogumiseks ja -töötlemiseks



Kuidas saavutatakse
mõõtetäpsus ($\pm 2\%$)?

- Läbimõõte salvestatakse enamusel harvesteridest iga 5 cm järel;
- iga 30 sentimeetri pikkuse lõigu läbimõõduks võetakse sellel lõigul mõõdetud väikseim diameeter, et vältida okaskühmude pealt läbimõõdu mõõtmist või laasimisnugade tüvepinnast eemaloleku ajal saadud tulemusi

- Järgnevatel fotodel on oksakühmud ja ka muud paksemad kohad tüvedel harvesteri poolt koort maha lõigates nähtavale toodud. Paksematest kohtadest mõõdetud läbimõõte harvester ümarpuidu mahu arvutamisel arvesse ei võta.







- Pikkused mõõdab pikkusmõõdu rulliku andur sentimeetri täpsusklassiga
- Läbimõõdud mõõdab läbimõõduandur millimeetri täpsusklassiga

Harvester mõõtmise eelised
teiste mõõtmisviiside ees:

- mõõtmistulemused on väga täpsed;
- mõõtmisele kuluv aeg on suhteliselt väike (pool tundi kuni tund iga raielangi kohta);
- mõõtmistulemused on teada kohe, kui puit on raiutud, see võimaldab jälgida puidu liikumist töötlejani ning vältida “kadumist” teekonnal;

- kuna puidu kogus on kohe teada, siis saab selle alusel kohe tasuda tehtud töö eest raiujatele ja kokkuvedajatele;
- tasuda saab koheselt autoveo eest, kuna kogus on teada;

- tasuda saab koheselt raieõiguse eest;
- saab hakata etteulatuvalt planeerima puidu autovedu tarbijale;
- kokkuvõttes saab käibes oleva raha kiiremini liikuma. See on oluline, sest seisev raha ei tooda lisaväärtust.

- Kui kasutatakse ainult tehasmõõtmist (mõõtmist saeveskis), siis tuleb oodata, kuni puidukogus on ükskord tehases mõõdetud. Samas pole garantiid, et tehases õigesti mõõdetakse, sest kontrollida ei saa. Samuti ei saa teada, kas kogu puit jõudis sihtkohta.

Harvester mõõtmisel on veel
teisigi eeliseid muude
mõõtmismeetodite ees:

- Kuna raiatud puidu kogus on koheaselt teada, on võimalik raiuda ainult vajaminev puidu hulk ning vähendada oluliselt laos seisva puidu kogust;

- Võimalik on läbi harvesteri arvuti poolt vaikimisi läbiviidava optimeerimisprotsessi lõigata palkide pikkusmõõte, mis paremini vastavad tööstuse vajadustele ning saavutada seeläbi suurem tulu sama koguse puidu raiest. Kokkuvõttes saab harvestermõõtmise läbi suurendada metsamajanduse kui majandusharu tulukust tervikuna.

- Järgneval fotol oleval joonisel on näha, et oskusliku järkamise optimeerimisega võimalik saada samast puutüvest oluliselt suurem hind. Kõige lihtsama järkamise lahenduse puhul (joonisel lahendus nr 1), kus lõigatakse tüvi ainult palgiks ja paberipuiduks on hind **34,60 eurot**. Keerulisema järkamise skeemi puhul saab samast tüvest **37,50 eurot** (joonisel lahendus nr 4).
- Allikas: Maaseudun Tulevaisuus

- Järgnevalt on näidatud ühe 1 m³ suuruse tüvemahuga kuuse neli järkamisvõimalust. Kuigi kõige vasakpoolsemal järkamislahendusel on antud kõige suurem palgi hind, saab sellest kõige vähem raha, sest väga palju tüvest jääb palgiks lõikamata. Selline olukord tekib näiteks juhul, kui pole võimalik müüa erineva pikkusega (eriti aga lühemaid) palke.

Ku-paberipuit 50%
22,95 e/m³ 11,48 e
Ku-palk 50%
46,25 e/m³ 23,12 e
Kokku: 34,60 e

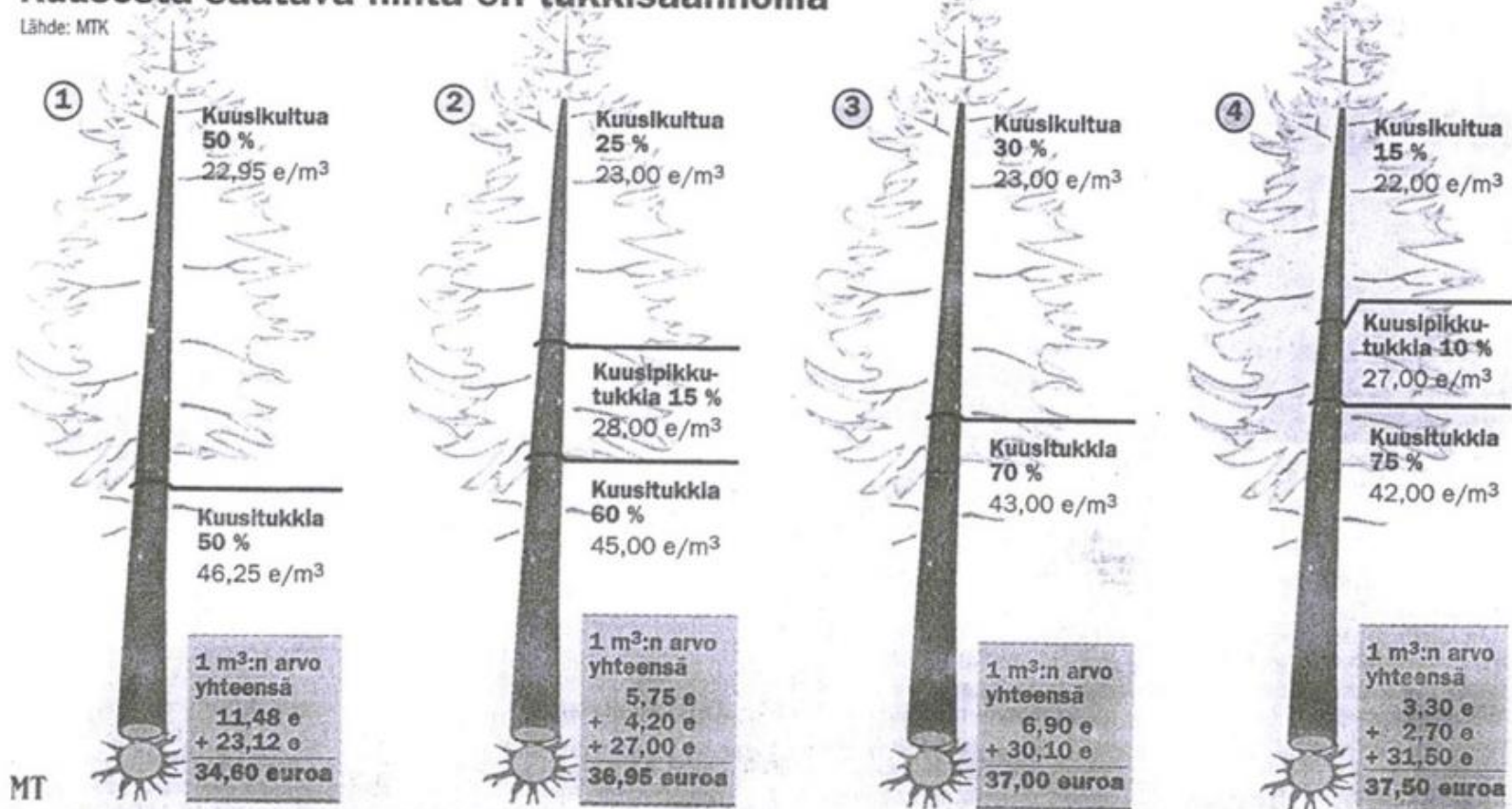
Ku-paberipuit 25%
23,00 e/m³ 5,75 e
Ku-peenpalk 15%
28,00 e/m³ 4,20 e
Ku-palk 60%
45,00 e/m³ 27,00 e
Kokku: 36,95 e

Ku-paberipuit 30%
23,00 e/m³ 6,90 e
Ku-palk 70%
43,00 e/m³ 30,10 e
Kokku: 37,00 e

Ku-paberipuit 15%
22,00 e/m³ 3,30 e
Ku-peenpalk 10%
27,00 e/m³ 2,70 e
Ku-palk 75%
42,00 e/m³ 31,50 e
Kokku: 37,50 e

Kuusesta saatava hinta eri tukkisaannoilla

Lähde: MTK



Kuvitteellisessa esimerkissä on kuutiometrin kokoinen puu, joka on katkottu neljällä eri tavalla. Ostaja 1 lupaa maksaa tukista parhaan yksikköhinnan. Kaupan loppusumma jää kuitenkin heikoimmaksi, koska ostaja jättää osan tukista hyödyntämättä.

- Joonisel 4. variandis on erinevate palgi pikkuste optimeerimisega (kombineerimisega) saadud suurem palgi osakaal raiutud tüvest. Lisaks on saadud palgi ja paberipuidu osa vahelt veel peenpalki.

- Rahaline võit on selles näites 2,90 eurot ühe tüve puhul. Puutüvesid raiub harvester 8 tunnises vahetuses umbes 400. Seega on antud näite põhjal võimalik teenida lisaväärtust õigest järkamisest ühe vahetuse jooksul $2,90 \times 400 = 1160$ eurot.

- Sama täpsusklassiga, kui harvesteride mõõtmisseadmed, mõõdavad puitu saeveskite palgisorteerimisliinidel olevad mõõtmisseadmed. Seega on andmed võrreldavad, kuigi mõneprotsendine erinevus jääb sisse. Samas pole tegemist kümnete protsentide suuruse mõõtmisveaga, nagu enamuse ülejäänud kasvava metsa mõõtmismeetodite puhul.

Kuidas mõõtmisandmeid
harvesteris vaadata?

- Harvesteris on tavaline arvuti, mis juhib masina tööd, jälgib süsteemide korrasolekut ning tegeleb ka puidu mõõtmise andmetega.



- Mõõtmisandmed saab arvuti mõõteanduritelt kas impulssidena või pingete erinevustena, mis töödeldakse digitaalsele kujule.
- Digitaalkujul toorandmed ei ole enamasti täpsed, neid tuleb korrigeerida kalibreerimisel saadud mõõtmisandmete järgi.

- Miks toorandmed anduritelt täpsed ei pruugi olla?
- Põhjus on selles, et näiteks laasimisnoad on kasutamise ajapikku veidi kõverdunud ja läbimõõduandurid näitavad tegelikust pisut suuremaid tulemusi.

- Korrigeerimine kalibreerimisel tähendab seda, et näiteks toorandmena saadud diameetri väärtus 16,1 cm muudetakse viimasel kalibreerimisel määratud parandit kasutades automaatselt 15,4 sentimeetriks. Samasugune andmete korrigeerimine toimub pikkusandmete puhul.

- Iga palgi, peenpalgi, paberipuu, küttepuu noti lõikamisel tüvest salvestab harvester automaatselt selle peenema otsa diameetri, pikkuse, kvaliteeditunnuse, puuliigi ja mahu. Neid andmeid saab harvesteri printerist välja printida, samuti meiliga saata.

- Järgneval väljatrükil on paremas tulbas näha kontrollmõõtmise režiimil saadud tüvede kaupa reastatud nottide mõõdud: ladvapoolse otsa läbimõõt (mm), pikkus (cm) ja maht (dm³).
- Tüvedest saadud notid on reastatud antud näites raiumisele vastupidises järjekorras alustades peenemast (paberipuidu notid) kuni jämedamani (saepalk).



TARKASTUSMITTAUS 03-08-07
TAAKSEPÄIN 14:58:29

ApMan versio 3.2.5

Mittauseriä: 1, Leimikkonumero: 54

Nollattu: To Elo 7 11:49:18 2003

APT-tiedosto: 030807.APT Kone editoitu

Koneen numero: 001065-001065

Konetyyppi: 901s2-6W kulj 1

Viimeinen tarkastusmittauspäivä:

To Elo 7 14:27:26 2003

Kalibrointi-aika

To Elo 7 14:49:15 2003

	Manttu	Kuusi	Koivu	Haapa
Lm (mm)	58/-6	0/-6	0/-6	0/-6
Pituus (mm)	0/0	0/0	0/0	0/0

Puulaji	Matriisi	Pituus	Latvalm	Tuot_m3
I Kuusi	TUKKI	550	215	0.235
Kuusi	Kuitu	400	159	0.106
Kuusi	Kuitu	400	86	0.055

Puulaji	Matriisi	Kpl	Jm	m/kpl	Tuot_m3	m3/kpl
Kuusi	TUKKI	1	5.50	5.50	0.235	0.235
Kuusi	Kuitu	2	2.73	4.36	0.161	0.322
Yhteensä		3	14.23	4.74	0.396	0.557

Tav-laji LpK/mn Pituus Tilavuus

MANTY	LpK/mn	Pituus	Tilavuus
KUITU	84	544	712
KORKOSKI	166	468	1195
KORKOSKI	203	522	1947
KORKOSKI	236	431	2314

MANTY	LpK/mn	Pituus	Tilavuus
KUITU	67	351	281
KUITU	126	384	477
KORKOSKI	162	431	1097
KORKOSKI	197	528	1898
KORKOSKI	227	582	3003

MANTY	LpK/mn	Pituus	Tilavuus
KUITU	71	378	292
KUITU	128	392	635
KORKOSKI	155	558	1233
KORKOSKI	176	581	1873

MANTY	LpK/mn	Pituus	Tilavuus
KUITU	77	256	208
KUITU	134	318	517
KORKOSKI	162	581	1678
KORKOSKI	214	528	2182
KORKOSKI	241	433	2292

MANTY	LpK/mn	Pituus	Tilavuus
KUITU	108	587	864
KORKOSKI	173	681	1854
KORKOSKI	225	433	1874
KORKOSKI	247	588	3488

MANTY

Puidusort	Diam. (mm)	Pikkus (cm)	Maht (dm ³)
Mänd			
Paberipuit	84	544	712
Palk	166	460	1195
Palk	203	522	1947
Palk	236	431	2314

Mänd			
Paberipuit	67	351	281
Paberipuit	126	304	477
Palk	162	431	1097
Palk	197	520	1890
Palk	227	582	3003

Mänd			
Paberipuit	71	378	292
Paberipuit	120	392	635
Palk	155	550	1233
Palk	176	581	1873

Mänd			
Paberipuit	77	256	200
Paberipuit	134	310	517
Palk	162	581	1678
Palk	214	520	2102
Palk	241	433	2292

Mänd			
Paberipuit	108	507	864
Palk	173	581	1854
Palk	225	433	1874
Palk	247	580	3408

- Neid andmeid saab salvestada üksikute nottide haaval tehtud töö kontrollimiseks (kasutada tuleb vastavat salvestusrežiimi).
- Tavalises tööprotsessis salvestatakse andmeid ainult kvaliteedi, puuliigi, pikkuse, diameetriklassi ja tükiarvu kaupa nottide mahtu summeerides.

- Harvesterides kasutatakse mobiilsidet (GPRS-andmeside) andmete edastamiseks ning tekkinud andmefaile saadetakse e-mailiga mõõtmisest huvitatud osapooltele.

- Andmete salvestamisel kasutatakse STANFORD- standardit, mis määrab ära andmeväljade järjekorra, tüübi ja pikkuse. Standard muudab võimalikuks erinevate harvesteritootjate masinate mõõtmisandmete kasutamise ühe kontoritarkvara poolt.

- Järgnev on standardi esilehe kuvatõmmis



Date of implementation and revisions of StanForD variables

Version (last update)

2007-03-27

- Järgneval slaidil on StanForD standardi andmebaasistruktuuri kirjeldav väljavõte

Var #	Name	Type	Data type	Unit	Description	Implemented	Revised
291	TOPDIAOB	3	integer	mm (o.b.)	Top diameter of logs	1996-03-11	2007-03-27
		5	integer	mm (o.b.)	Top diameter of logs	1996-03-11	
		6	integer	mm (o.b.)	Top diameter of logs	2004-10-26	2007-03-27
		7	integer	mm (o.b.)	Manually measured t	2007-03-27	
		8	integer	mm (o.b.)	Manually measured t	2007-03-27	
		9	integer	mm (o.b.)	Manually measured t	2007-03-27	
		10	integer	mm	Manually measured t	2007-03-27	
292	TOPDIAUB	1	integer	mm (u.b.)	Top diameter of logs	1989-11-09	
		3	integer	mm (u.b.)	Top diameter of logs	1996-03-11	
		5	integer	mm (u.b.)	Top diameter of logs	1996-03-11	
293	LOGLNGTH	1	integer	cm	Log length: 1...var29	1989-11-09	
		3	integer	cm	Length of logs, (man	1996-03-11	2007-03-27
		5	integer	cm	Length of logs, (mea	1996-03-11	2007-03-27
		6	integer	cm	Length of logs, (mea	2004-10-26	2007-03-27
294	LOGDIACCLASS	1	integer	Integer	Registered diameter	1989-11-09	

- Üheks näiteks on harvesteri andmehaldustarkvara SilviA, millest pool töötab kontoriarvutis ja pool harvesteriarvutis.
- Kasutatakse mitmeid toodangu optimeerimisprogramme, millega muudetakse palkide väljatulek puutüvedest suuremaks, kui see oleks optimeerimata juhul. Seega suurendatakse palkide mahtu odavamate puidusortide arvelt.

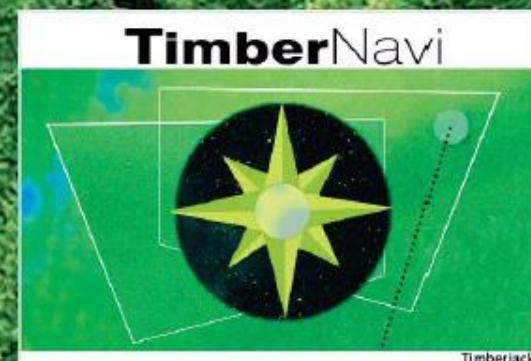
- Samuti optimeeritakse palkide väljatulekut vastavalt tarbija eelistustele, muutes puitu sisuliselt hinnalisemaks.
- Järgnevad slaidid on ekraanitõmmised harvesteri tarkvarast

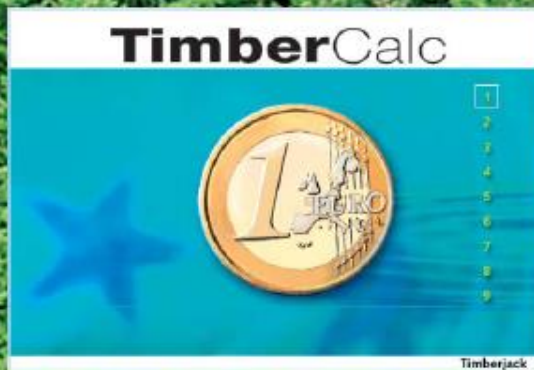
Optimize Production and Manage Costs

TimberOffice is an integrated package of five software applications specifically designed for forest machine entrepreneurs and forest companies. The package comprises the markets' most developed tools for the information management required for harvesting. TimberOffice enables users to benefit efficiently from the information supplied from forest machines – this allows for faster decision-making as well as for competitive and productive business operations.

The software applications run on Windows as well as on computers supplied with modern harvesters and forwarders. Special attention has been given to user-friendliness; each application is supplied with an in-built, easy-to-use Help function.

The most essential part of TimberOffice is the TimberCenter application, which is used to manage the information flow between sites via an Internet connection and e-mail.





Cost Monitoring with TimberCalc

TimberCalc consists of three integrated programmes designed for cost monitoring and budgeting: Machine Cost, Follow-Up and Estimate.

TimberMonitor for Monitoring Machine Settings

The TimberMonitor application is used for monitoring and analysing forest machine errors and events as well as the calibration history of the machines, any changes in the parameters and the start and finish times of shifts and sites.



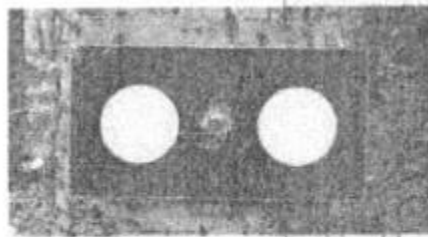
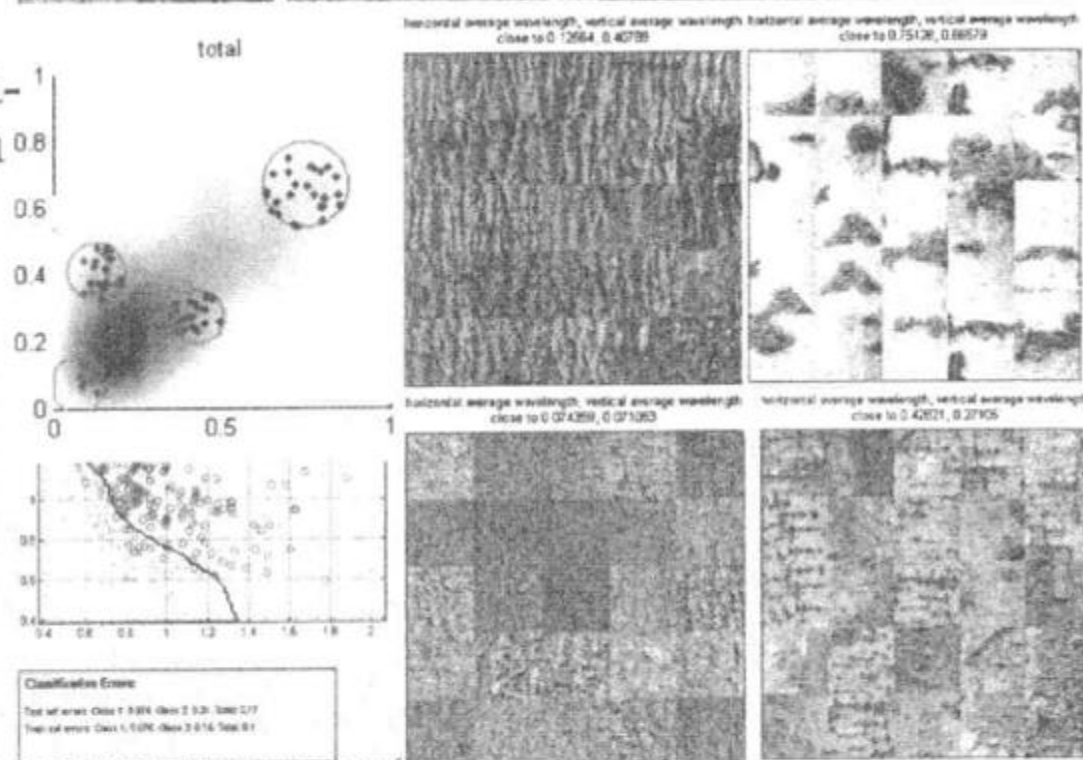
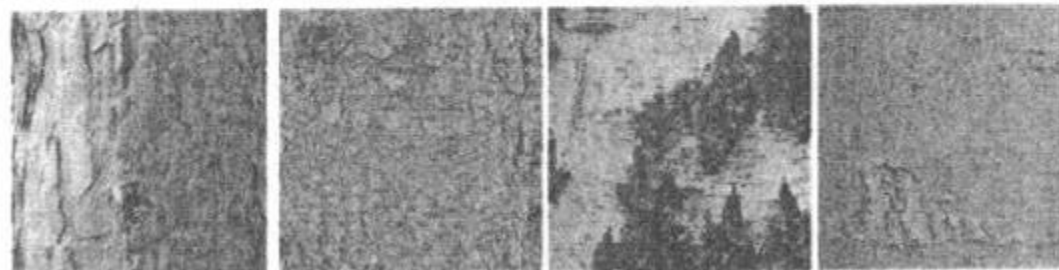
- Harvesteritootjatega koostöös on loodud ka eestikeelne harvesterimõõtmise juhendmaterjal mis sisaldab mõõtmisprotseduuri ja kalibreerimise kirjeldust

- Harvester mõõtmise arendamisega tegeletakse pidevalt edasi, näiteks püütakse välja töötada pilditöötlusel põhinevat lahendust koore mustri tuvastamiseks, et harvester määraks puuliigi iseseisvalt.

- Järgnevalt on näited automaatselt koore mustri tuvastamise uurimistööst, kus on selgitatud automaat-mustrituvastuse täpsust.

Development in PUULA-project (TUT)

- Recognition of the four main sorts of wood
- Photos in normal outside lighting – using simple camera- and color calibration
- Result: general purpose software package



- Harvesterimõõtmise koolitust saab läbi viia ka harvesteri juhtimise harjutamiseks mõeldud simulaatoril

Kontroll ja kalibreerimine harvestermõõtmisel

- Harvesteri töö õigsust kontrollitakse igal uuel (üle 100 tm mahuga) raielangil kontrollmõõtmisega, selleks lõigatakse keskmiselt 5 tüve (saadud puidukogus peab sisaldama vähemalt 20 notti). Notid pannakse maha lõikamise järjekorras, et need mõõtmisel segamini ei läheks.



- Seejärel laaditakse mõõtmisandmed harvesteri arvutist elektroonilisse metsakluppi.

 **Haglöf**
SWEDEN

RESULT
CALC. RESULT

MANTAX COMPUTER

ORANOPY

- Klupiga mõõdetakse saadud notid üle, mõõtes nottide diameetreid iga meetri tagant ristimõõtmisena (kaks võimalikult ristiasetsevat diameetrit).
- Kluppi sisestatakse ka iga mõõdetava noti pikkus, mis mõõdetakse mõõdulindiga.



Kalmret

- Diameetrid mõõdetakse klupi tarkvara poolt näidatud kaugustel noti otsast kahe ristimõõtmisena. Ristisuunas mõõtmised on vajalikud suurema täpsuse saavutamiseks, sest puutüve läbilõige võib olla mõnevõrra lopergune. Ristisuundades mõõtmise tulemusel arvutatakse automaatselt keskmine läbimõõt.





- Et mõõdetavad diameetrid võimalikult risti suundadest saaksid, võib olla vaja kluppi ümber pöörata, nagu on näidatud järgneva mõõtmiskoha puhul





- Seejärel võrreldakse klupi- või harvesteriekraanil tulemuste erinevust käsitsi- ja harvesteriga mõõdetud puidu mahu, läbimõõtude ja pikkuste vahel.

Haglöf
SWEDEN

HARVEST 0.49 m³
CALIPER 0.505 m³
DEVIATION -2.8

Mantax Computer

- Antud näites on harvester määranud kontrollmõõtmiseks kasutatud ümarpuidu mahuks 0,491 m³.
- Klupiga üle mõõtes on tulemuseks 0,505 m³.
- Seega on harvesteri mõõtmistulemus antud juhul 2,8% väiksem klupiga saadud tulemusest.

- Klupi ekraanile kuvatakse mõõtmistulemuste erinevused ka graafiliselt.
- 0-joonel olevateks, ehk õigeteks loetakse klupiga mõõdetud tulemusi, harvesterimõõtmise tulemusi võrreldakse klupiga saadutega.
- 0-joonest kaugemal asuvad punktid on harvesteriga mõõtes erinevalt saadud tulemused. Mida kaugemal 0-joonest, seda erinevamad.



Mantax Computer



- Kui mõõtmistulemuste vahe ületab lubatud piiri, tehakse harvesteri mõõteseadme seadistamine ehk kalibreerimine

- Selleks lõigatakse veel umbes 5 tüve (vähemalt 20 notti), et saada statistiliselt usaldusväärne valim.
- Korratakse sama protseduuri, mis kontrollmõõtmisel (andmed kluppi ja seejärel käsitsi nottide ülemõõtmine ning võrdlemine).

- Harvester pakub nüüd võimaluse edasisel mõõtmisel muuta mõõtmisandmeid nii, et need vastaksid käsitsi ülemõõtmisel saadud andmetega.
- Kui kõikides diameetripiirkondades on andmehulk piisav (usaldusvääne), siis võib lasta arvutil seada mõõtmisandmetele uued parandusväärtused. Sellega ongi mõõteseade kalibreeritud.

- Igast kontrollmõõtmisest ja kalibreerimisest jääb harvesteri arvuti mällu kirje. Neid kirjeid kuvatakse mõõtelehtedel ning need on vajalikud usaldusväärse tagamiseks – andmete saaja, saab veenduda, et harvesteri mõõtmisüsteemi hoitakse kontrolli all.

- Kõiki mõõtmise, kontrollimise ja kalibreerimisega seotud andmeid saab saata meiliga ning ka harvesteris välja trükkida.

VGU-232

R

1-1000 1-2000 1-3000 1-4000 1-5000

DTE2

DTE3

Logon
Volman unit

P-E
SEL
FEED
POWER

1-1000 1-2000 1-3000 1-4000 1-5000
1-6000 1-7000 1-8000 1-9000 1-10000
1-11000 1-12000 1-13000 1-14000 1-15000
1-16000 1-17000 1-18000 1-19000 1-20000
1-21000 1-22000 1-23000 1-24000 1-25000
1-26000 1-27000 1-28000 1-29000 1-30000
1-31000 1-32000 1-33000 1-34000 1-35000
1-36000 1-37000 1-38000 1-39000 1-40000
1-41000 1-42000 1-43000 1-44000 1-45000
1-46000 1-47000 1-48000 1-49000 1-50000
1-51000 1-52000 1-53000 1-54000 1-55000
1-56000 1-57000 1-58000 1-59000 1-60000
1-61000 1-62000 1-63000 1-64000 1-65000
1-66000 1-67000 1-68000 1-69000 1-70000
1-71000 1-72000 1-73000 1-74000 1-75000
1-76000 1-77000 1-78000 1-79000 1-80000
1-81000 1-82000 1-83000 1-84000 1-85000
1-86000 1-87000 1-88000 1-89000 1-90000
1-91000 1-92000 1-93000 1-94000 1-95000
1-96000 1-97000 1-98000 1-99000 1-100000

Kasutatud kirjandus:

- **Automated round wood measurement by Harvester.**
- **German Center for Forest Work and Technology. Report No. 29 / 1999**
- **Heimo Ihalainen 2005. Image Analysis in Timber Management. Tampere University of Technology.**
- **Ponsse reklaammaterjal**
- **Timberjack reklaammaterjal**