

FOLIA FORESTALIA 506

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

OLLI EERONHEIMO

TAPIO-KUORMAINHARVESTERI
MAATALOUSTRAKTORISSA

FARM TRACTOR MOUNTED TAPIO
TREE HARVESTING HEAD



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koemasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 506

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Olli Eeronheimo

TAPIO-KUORMAINHARVESTERI
MAATALOUSTRAKTORISSA

Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head

EERONHEIMO, O. 1982. Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa. Abstract: Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head. Folia For. 506:1—12.

Tapio-kuormainharvesteri on kuormaimen kouran paikalle asennettava sykesyöttöinen monitoimikone, joka kaataa, karsii, katkoo ja kasaa puita. Laite voidaan asentaa sellaisiin metsä- ja maataloustraktoreihin, joiden teho on vähintään 44 kW. Tässä tutkimuksessa peruskoneena oli Fiskars F 5000 -kattokuormaimella varustettu Ford 5000 -maataloustraktori.

Puutavara katkottiin silmävaraisesti ja kasattiin lajitellen ajouran varteen. Kuitupuulla ohjepituus oli 3 m. Käyttötuntuotos oli avohakkuussa keskimäärin 6,8 m³/h, kun leimikon tiheys oli 690 runkoa/ha ja puiden keskikoko 0,17 m³. Vastaaavat luvut väljennyshakkuussa olivat 4,9 m³/h, 250 runkoa/ha ja 0,20 m³/runko.

Alhaisempien käyttötuntikustannusten vuoksi Tapio-kuormainharvesterin kilpailukyky on järkeisiin monitoimikoneisiin verrattuna parhaimmillaan silloin, kun leimikot ja korjattavat puut ovat pieniä.

The Tapio tree harvesting head is a slide boom fed multi-purpose logging device which is mounted on a hydraulic loader in place of the normal grapple head. It fells, limbs, bucks and bunches trees. The device can be mounted of farm tractors and forwarders which have an engine power of at least 44 kW. In this study the basic machine was a Ford 5000 farm tractor equipped with semi-tracks and a Fiskars F 5000 knuckle boom loader.

Log length was determined by eye and timber was sorted and bunched at the strip road. The standard pulpwood length was 3 m. The average gross effective performance in clear cutting was 6,8 m³/h solid, when the stand density was 690 stems/ha and the average stem volume 0,17 m³. Similar figures for thinning were 4,9 m³/ha, 250 stems/ha and 0,20 m³/stem.

Because of the low costs per gross effective hour the Tapio tree harvesting head is capable of competing with heavier multi-purpose logging machines, especially when stands and trees are small.

ODC 323.13 + 352 + 66
ISBN 951-40-0558-9
ISSN 0015-5543

Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Rakennusmestari Tapio Saarenketo ryhtyi 1970-luvun alussa kehittämään maataloustai metsätraktorin kuormaimen kouran tilalle asennettavaa harvesteripäätä tavoitteena monitoimikoneitten käyttöalueen laajentaminen toisaalta pienellä pääomalla toimiville urakoitsijoille ja toisaalta pienienkin metsälöitten leimikoihin. Halvempi koneistamisratkaisu tähtäsi ennen kaikkea seuraaviin tavoitteisiin:

- Kun harvesteriosa voidaan hankkia lisävarusteeksi maatalous- ja metsätraktoriin, monitoimikoneurakointi käy mahdolliseksi entistä useammille yrittäjille.
- Kun harvesteriosa ja puutavarakoura ovat vaihdettavissa keskenään, samaa traktoria voidaan käyttää sekä puutavaran tekoon että kuljetukseen.
- Käyttökustannusten ja vastaavasti koneelta vaadittavan tuotostason alentuessa käy mahdolliseksi siirtää konetta entistä pienemmille työmaille.
- Käyttökustannusten alentuessa voidaan koneistaminen ulottaa entistä pienempään puustoon.

Korjuun ammattimiehet eivät vielä 1970-luvulla olleet vakuuttuneita kevyen harvesterin mahdollisuuksista suomalaisissa leimikko-oloissa. Kehitystyön rahoittaminen oli hyvin vaikeata, ja ohjelman toteuttaminen vaati sen alullepanijalta peräänantamattomuutta ja vankkumatonta uskoa menetelmän mahdollisuuksiin. Pitkäksi venyneen kehittelyvaiheen jälkeen prototyypin kenttäkokeet päästiin alkamaan vihdoin vuonna 1980, jolloin myös työntutkimukset käynnistyivät. Nyt laite on saatu

sarjavalmistusasteelle, ja sitä markkinoidaan TAPIO-harvesterin nimellä.

Metsäntutkimuslaitos on ollut mukana TAPIO-harvesterin kehitystyössä alkuvaiheista lähtien. Metsäteknikko Hannu Kalaja, metsänhoitaja Klaus Rantapuu ja kenttämestari Sauli Takalo ovat osallistuneet aktiivisesti koneen kehittelyyn. Työntutkimukset on toteutettu metsät. yo. Olli Eeronheimon johdolla. Vuoden 1980 kokeen tulokset on julkaistu aikaisemmin monisteena (Eeronheimo 1981). Käsillä olevassa julkaisussa, jonka niinkään on kirjoittanut metsät. yo. Olli Eeronheimo, selostetaan vuoden 1981 kokeita.

Vuonna 1981 kokeissa mukana olleista on mainittava erityisesti rakennusmestari Tapio Saarenketo, koneteknikko Esa Aho-pelto ja myyntipäällikkö Ossi Rissanen Soinin Metalli Ky:stä sekä työnopettaja Juhani Tuohimetsä Hirvaan metsäkonekoululta. Tutkimustyömaitten järjestelystä vastasi Osuuskunta Metsäliitto. Harvesterin kuljettajina toimivat Raimo Niku ja Timo Pahankala. Metsäntutkimuslaitoksesta ovat aineiston keruuseen osallistuneet myös metsäteknikko Hannu Kalaja, metsät. yo. Timo Heikka, työnjohtaja Tapio Nevalainen sekä lääketiet. yo. Carina Besuch. Konekirjoitus-työn on tehnyt rouva Aune Rytönen. Piirrookset ovat rouva Leena Muronrannan käsialaa. Englanninkielisen tekstin on tarkastanut B.Sc.For.(Hons.) Mark Werren.

Metsäteknologian tutkimusosasto kiittää kaikkia tutkimuksessa mukana olleita.

Joulukuussa 1981

Pentti Hakkila

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. HARVESTERIN ESITTELY	5
3. TUTKIMUSAINEISTO	6
4. TULOKSET	7
41. Käyttäjän jakautuminen	7
411. Puun käsittelyaika	7
412. Siirtyminen	8
413. Keskeytykset	8
42. Tuotos	8
43. Työn laatu	9
5. TULOSTEN TARKASTELU	10
LÄHTEET	12

1. JOHDANTO

Suomessa käytössä olevilla vajaalla 200 monitoimikoneella on tarvittaessa mahdollista valmistaa 15 % vuosittain korjattavasta puumäärästä. Koneellistamiskehityksen arvioidaan jatkuvan siten, että vuonna 1985 korjataan koneellisesti 30...35 % hakattavasta puumäärästä (Aholainen 1981). Varsinkin Etelä-Suomessa metsäalaa uhkaavan työvoimapulan (ks. Rumpunen 1980) vuoksi koneellistamistarve saattaa nousta paikallisesti hyvinkin korkeaksi.

Pääosa monitoimikonekannasta työskentelee avohakkuualoilla tai sellaisissa uudistukseen tähtäävissä kohteissa, joissa jäävien puiden lukumäärä on alle 150 kpl/ha. Korkeitten tuntikustannusten vuoksi harvesteri- ja prosessorikorjuuketjujen käyttö on taloudellista toistaiseksi lähinnä vain kuusivaltaisissa yli 400 m³:n leimikoissa, joissa rungon keskimääräinen tilavuus ylittää 0,3 m³. Hyvät kulkuyhteydet ja leimikkokeskitykset voivat alentaa em. ohjearvoja. Puuston oksaisuus ja tiheys sekä maasto- ja lumiolosuhteet leimikolla vaikuttavat myös

koneellisen korjuun kannattavuuteen (Aholainen 1981).

Uusi vaihtoehto pienipuustoisten pääte- ja harvennushakkuuleimikoitten korjuun koneellistamiseksi pienemmin pääomasijoituksin on traktorin kuormaimen kouran paikalle asennettava prosessori- tai harvesteriosa. Markkinoilla oli marraskuussa 1981 neljä rullasyöttöistä kuormainprosessoria: Lako, Finko 50, Volvo BM Valmet 450 (RK 450 Skogsjan) ja Volvo BM Valmet 940 GP. Kaikki vaativat peruskoneekseen metsätraktorin. Kehitteillä on lisäksi useita vastaavia laiteratkaisuja.

Tässä julkaisussa esiteltävä rakennusmes-tari Tapio Saarenkedon keksimä ja Soinin Metalli Ky:n edelleen kehittämä sykesyöttöinen Tapio-kuormainharvesteri on uusi kotimainen monitoimikoneratkaisu, jonka peruskoneeksi soveltuu joko metsä- tai maataloustraktori. Sarjavalmistus alkaa tammi-kuussa 1982. Laitetta tulee myymään Suomen Metsäkone Oy.

2. HARVESTERIN ESITTELY

Tutkimuksessa Tapio-harvesterin prototyyppin peruskoneena oli Ford 5000 -maataloustraktori (ks. värikuvasivu). Moottori on nelisylinterinen nelitahtinen suoraruiskutusdiesel. Sylinteritilavuus on 4190 cm³, teho 47 kW (63 hv) DIN kierrosluvulla 2100 r/min ja vääntömomentti 285 Nm DIN kierrosluvulla 1350 r/min. Lisävarusteina peruskoneessa ovat etupainot, tilavuudeltaan 162 dm³:n hydraulioiljysäiliö, 92 dm³/min tuottava hammaspyöräpump- pu, taaksepäin suunnatut puolitelat ja katolle sijoitettu Fiskars F 5000 -kuormain. Kuormaimen bruttonostomomentti on 55 kNm, ulottuvuus 6 m ja kääntökulma 380°.

Peruskoneen pituus lisävarusteineen on 4900 mm, leveys 2800 mm ja korkeus 2500 mm. Avohakkuuleimikoissa koneen etu-

osaan sijoitettu työkalupakki lisäsi koneen pituutta 5700 mm:iin.

Harvesterin pääosat ovat kuormaimen kiinnitettävä tukikappale, runko kaksine 500 mm:n alatartuntaelimineen sekä karsintavarsi, jossa on yksi kiinteä 550 mm:n ja kaksi liikkuvaa 500 mm:n karsintaterää. Karsintaterät toimivat samalla tartunta-eliminä. Runkoon on sijoitettu myös Volvo F11C10 -hydraulimoottorin käyttämä ketju- saha, jonka laipan pituus on 406 mm, ketjujako 9,53 mm ja ketjun nopeus 21 m/s. Teräketju voidellaan sahamoottorin vuoto- öljyllä. Laitteen korkeus on pystyasen- nossa 1760 mm, leveys edestä 700 mm ja sivulta 600 mm. Koneen massa on 350 kg.

Harvesteriosassa on seitsemän työsylinteriä, joista yksi kääntää laitteen rungon

pystyasennosta vaaka-asentoon ja päinvas-
toin, yksi liikuttaa karsintavartta ja yksi
siirtää sahan laippaa. Jokaista neljää tartun-
taelintä varten on oma työsylinteri. Tartun-
tavaiheessa alatartunnat kohdistavat puuhun
29 kN:n suuruisen voiman. Karsintaterien
puristusvoima on 24 kN. Tartuntaelimillä
saadaan pitävä ote rinnankorkeudelta
5...35 cm:n läpimittaisista puista.

Kaatoa valmisteltaessa harvesteriosa vie-
dään puun tyvelle pystyasennossa tartunta-
elimet auki ja karsintavarsi sisäänvedettynä.
Kun runko on saatu tartuntaelimien ottee-
seen, tyvi katkaistaan ketjusahalla.

Kaatosuunnan hallinta on tehty mahdol-
liseksi sijoittamalla harvesteriosan tukipiste
korkealle. Siten puu kaatuu vasta, kun lait-
teen runko käännetään vaaka-asentoon. Puu
siirretään poikittain ajouralle, ja se jää
puomiston kannattamaksi.

Karsintaterinä toimivat ylätartuntaelimet
irtoavat hieman, kun karsintavarsi työnne-
tään ulos. Vastaavasti alatartunnat avautu-
vat, kun karsintavarsi vedetään sisään.
Nämä vuorottaiset liikkeet karsivat runkoa

enintään 100 cm:n pätkissä ja niitä toiste-
taan, kunnes haluttu pölkyn pituus on
saavutettu. Kun puu on katkaistu ketju-
sahalla, karsitaan ja katkotaan seuraava
pölkky. Puun käyttöosan käsittelemisen jäl-
keen laite käännetään pystyasentoon ja
tartuntaelimet avataan, jolloin latvakappale
irtoaa.

Kone etenee peruuttaen. Se voi ottaa puita
molemmilta puolilta. Pääasiallinen kaato-
suunta on kulkusuunnassa vasemmalle, sillä
tällöin on helppo seurata kaatosahauksen
edistymistä.

Laitteen toimintoja ohjataan sähköisesti.
Peruskoneen ohjaamoon on sijoitettu käyt-
tökytkinkotelo sekä relekotelo, monitoimi-
osaan taas jakokotelo sekä sähköventtiilit.
Harvesteriosan vaihtaminen kouraan voi
siten tapahtua nopeasti irrottamalla ensin
meno- ja paluuletkun pikaliittimet sekä
sähkökaapelin pistoke.

Harvesterin käyttökoneena toimivalta
traktorilta vaaditaan valmistajan mukaan
vähintään 44 kW:n teho. Pienissä trakto-
reissa tarvitaan tukijalat.

3. TUTKIMUSAINEISTO

Metsäntutkimuslaitos on ollut mukana Tapio-
harvesterin kehitystyössä sen alkuvaiheesta lähtien.
Varsinaisiin tutkimuksiin päästiin vuonna 1980, jolloin
konetta tutkittiin Metsäntutkimuslaitoksen Paljakan—
Pyhäkosken kokeilualueessa ja Veitsiluoto Osake-
yhtiön työmailla Rovaniemen maalaiskunnassa.
Rovaniemen työntutkimuksissa saavutetut tulokset
on julkaistu Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknol-
ogian tutkimusosaston monisteenä (Eeronheimo
1981). Esitutkimusten jälkeen laitteeseen tehtiin
joukko parannuksia. Kehittelytyö jatkuu edelleen.

Tässä julkaisussa kuvataan viimeisiä työntutki-
muksia, jotka tehtiin Osuuskunta Metsäliiton kolmella
työmaalla Soinissa ja Myllymäellä 18.—22.5., 7.—15.7.
ja 6.—12.10.1981. Leimikot 1 ja 3 olivat avohakkuu-
kohteita ja leimikko 2 väljennettiin. Keskimääräis-
tiedot leimikoista on esitetty taulukossa 1.

Tutkimusta varten mitattiin leimikoittain koepuita
rinnankorkeusläpimittaluokittaisia kapenemistietoja
varten. Aikatutkimuksen yhteydessä mitattiin rinnan-
korkeusläpimittaluokka ja arvioitiin puun pituus
yhden metrin tasaavaa luokitusta käyttäen. Puiden
käyttöosien tilavuudet laskettiin PMP-systeemin
kenttätalvooheen (1980) käsinlaskentaohjeiden mukai-
sesti.

Aineistosta oli mäntyä 101,3 kuusta 177,4 ja koivua
8,3 m³. Rungon käyttöosan keskimääräinen tilavuus
oli männyllä 0,264, kuusella 0,155, koivulla 0,095 m³
ja koko aineistossa keskimäärin 0,177 m³.

Tutkimuksessa konetta ajoi kaksi ammattitaitoista
kuljettajaa. Kummallakin oli jo työntutkimuksen
alkaessa kokemusta työskentelystä kuormainharveste-
rillä.

Aikatutkimus tehtiin palautus- eli nolla-asentomen-
telmällä seuraavaa työvaiheajottelua käyttäen. Karsi-
mis- ja katkontavaihe suoritettiin puun pituudesta
riippuen 1...4 kertaa.

Puun käsittely

1. Kaadon valmistelu. Kuormaimen siirto puun
tyvelle ja tarttumisen puuhun.
- /2. Tyven katkaisu
3. Puun siirto karsinta-asentoon
4. Karsinta ja katkonta sekä latvan irrotus.

Traktorin siirtyminen valmistautumisineen

Värikuvasivu:

Ylhäällä vasemmalla: Tapio-kuormainharvesteri Ford
5000 -maaloustraktorissa.

Ylhäällä oikealla: Tyven katkaisu.

Alhaalla: Karsinta ja katkonta.

Color page:

Top, left: Tapio tree harvesting head mounted on
Ford 5000 farm tractor.

Top, right: Felling cut.

Bottom: Limbing and bucking.



Tutkimuksessa käytetyt aikakäsitteet ovat pääosin Pohjoismaiden Metsäyöntutkimusneuvoston (NSR) sanastokomitean esityksen mukaisia (Nordisk avtale om... 1978). Päätyöaika on jaettu puun käsittely-aikaan (työvaiheet 1...4) ja siirtymisaikaan. Alle 15 minuutin pituiset keskeytykset on jaoteltu sanastokomitean esityksestä poikkeavasti.

Keskimääräinen puun käsittelyaika ja sen työvaiheiden keskimääräinen kesto laskettiin rinnankorkeusläpimittaluokittain. Koneen tuotos ilmoitetaan puun käyttöosan tilavuuden funktiona.

Kannon korkeuden määrittämiseksi mitattiin 453 kannosta läpimitta sekä ylimmän kaatoa haittaavan juureniskan ja kaatoleikkauksen välinen etäisyys. Keskimääräiset kannonkorkeudet laskettiin puulajeittain ja leimikoittain.

Kuitupuupölkkyjen pituuden vaihtelun selvittämiseksi mitattiin 15 % pölkkyistä. Kasan keskimääräinen koko saatiin laskemalla 137 kasasta pölkkyjen keskimääräinen lukumäärä ja kertomalla se pölkyn keskimääräisellä tilavuudella.

Taulukko 1. Leimikkotietoja
Table 1. Stand information

Leimikkotekijä Stand factor	Avohakkuu Clear cutting	Väljennyshakkuu Thinning
Runkoja, kpl Number of stems	1244	373
Rungon koko, m ³ Stem volume, m ³	0,171	0,199
Poistuma, runkoja/ha Removal, stems/ha	690	250
Poistuma, m ³ /ha Removal, m ³ /ha	120	50
Jäävä puusto, runkoja/ha Trees remaining, stems/ha	—	440
Puulajijakauma, %* Tree species distribution, %*	28-69-3	57-41-2
Oksaisuusluokat* Branchiness class*	3-4-3	2-3-2
Maastoluokka Terrain class	1	1

*mänty-kuusi-koivu
pine-spruce-birch

4. TULOKSET

41. Käyttöajan jakautuminen

Käyttöajan jakautuminen puun käsittelyyn, siirtymiseen ja alle 15 minuutin pituisiin keskeytyksiin on esitetty taulukossa 2.

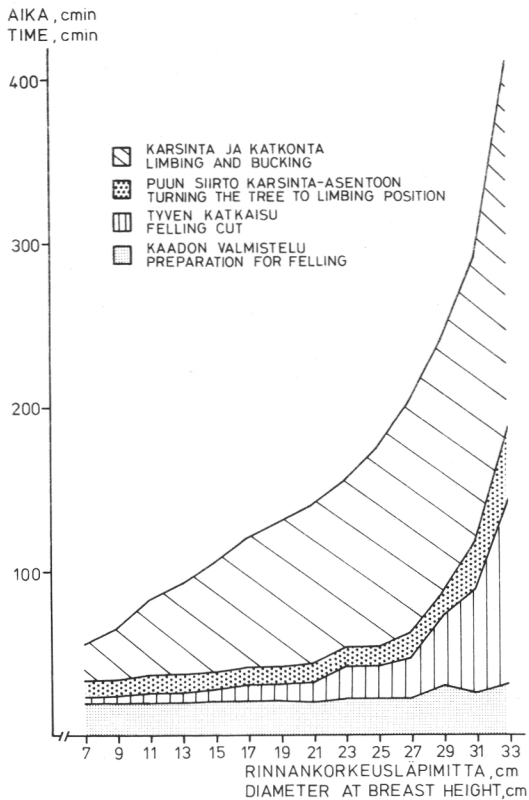
411. Puun käsittelyaika

Keskimääräinen puun käsittelyaika oli koko aineistossa 110 cmin (keskihajonta 56 cmin). Puiden keskimääräinen tilavuus oli 0,177 m³ (keskihajonta 0,169 m³). Puun käsittelyajan rakennetta eri läpimittaluokissa havainnollistaa kuva 1. Läpimitta- ja tilavuusluokittaisissa keskiarvoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja toisaalta puulajien ja toisaalta leimikoiden välillä.

Kaadon valmistelun osuus käsittelyajasta on keskimäärin 19 %. Puun koolla on vain lievä vaikutus kaadon valmistelun ajanmenekkiin. Tyven katkaisuun kului aikaa keskimäärin 10 cmin eli 9 % käsittelyajasta. Työvaiheen ajanmenekki lisääntyy jyrkästi läpimittaluokasta 23 cm alkaen. Tyven katkaisussa joudutaan nimittäin

Taulukko 2. Käyttöajan jakautuminen
Table 2. Cross effective time distribution

Työvaihe Work phase	Ajanmenekki cmin/runko Time consumption cmin/stem	Osuus tehoajasta Proportion of effective time %	Osuus käyttöajasta Proportion of gross effective time %
	Avohakkuu — Clear cutting		
Puun käsittely Tree processing	106	87	71
Siirtyminen Moving	16	13	10
Keskeytykset alle 15 min Interruptions under 15 min	28	—	19
Yhteensä Total	150	100	100
	Väljennys — Thinning		
Puun käsittely Tree processing	122	66	50
Siirtyminen Moving	64	34	26
Keskeytykset alle 15 min Interruptions under 15 min	60	—	24
Yhteensä Total	246	100	100



Kuva 1. Puun käsittelyajan rakenne eri läpimittaluokissa
 Fig. 1. Structure of tree processing time in different DBH-classes

yleensä käyttämään yhtä tai useampaa vastasahausta, kun kantoläpimitta ylittää 30 cm.

Puun siirto karsinta-asentoon vei 10 % käsittelyajasta. Suurimmissa läpimittaluokissa siirtoaika lisääntyy merkittävästi, sillä suurten, oksikkaiden puiden vetäminen pystypuiden välistä asettaa maataloustraktorin vakavuuden ja tehon koetukselle. Karsintaan ja katkontaan kului puun koosta riippuen 40...70 % ja keskimäärin 62 % puun käsittelyajasta.

412. Siirtyminen

Siirtymisen osuus tehoajasta oli väljennys-hakkuussa 34 % ja avohakkuussa keskimäärin 13 %. Keskimääräinen siirtymisaika oli väljennys-hakkuussa 76 ja avohakkuussa 47 cmin. Vastaavat siirtymismatkat olivat 6,1

ja 3,7 m. Siirtymisnopeudessa ei ollut eroja leimikoiden välillä. Keskimääräinen siirtymisnopeus oli 0,47 km/h. Yhdessä työpisteessä käsiteltiin avohakkuussa keskimäärin 2,9 puuta, ja väljennyksessä vastaavasti 1,2 puuta.

413. Keskeytykset

Alle 15 minuutin keskeytysten osuus oli väljennys-hakkuussa 24 ja avohakkuussa 18 % käyttöajasta. Niistä monitoimiosa aiheutti kaksi kolmannesta ja peruskone yhden kolmanneksen. Keskeytysten syyt nähdään seuraavasta asetelmasta.

Syy	Osuus alle 15 minuutin keskeytyksistä, %
Monitoimiosan aiheuttamat	
Terälaitteen korjaus	24
Hydrauliikan korjaus	22
Sähkölaitteiden korjaus	14
Huolto ym.	6
Yhteensä	66
Peruskoneen aiheuttamat	
Hydrauliikan korjaus	9
Huolto	8
Koneen jäädyttely	4
Muut korjaustyöt	13
Yhteensä	34
Koko yksikkö	100

Terälaitteen korjaustyöt, kuten laipan oikaisu, teräketjun asettaminen uraan ja laipan tai ketjun vaihto, veivät neljänneksen keskeytysajasta. Monitoimiosan hydraulii-kan korjaustyöt — letkujen uusiminen, liittimien kiristäminen jne. — oli lähes yhtä suuri keskeytyksiä aiheuttanut ryhmä. Irronneet sähköjohdot ja karsinnan aikareleiden säätö aiheuttivat pääasiassa sähkölaitteiden syyksi menneet keskeytykset, joita oli 14 % keskeytysajasta. Muut monitoimiosan aiheuttamat keskeytykset olivat suurimmaksi osaksi huoltotöitä. Huomattava osa keskeytyksistä oli yhteydessä koneen prototyyppi-luonteeseen.

42. Tuotos

Koneen keskimääräinen käyttötuntituotos oli avohakkuuleimikoissa 6,8 ja väljennysleimikossa 4,9 m³/h. Vastaavat tehotuntituotokset olivat 8,4 ja 6,4 m³/h. Aineistosta

laskettiin seuraavat regressiokäyrät:

Avohakkuu	Selitysaste
$y = 2,23939 + 20,10439x$	0,741
$y = 1,22016 + 33,35372x - 21,37943x^2$	0,786
$y = 1,33138 + 30,71657x - 10,52669x^2 - 10,46931x^3$	0,787
Väljennyshakkuu	
$y = 1,35100 + 15,01699x$	0,850
$y = 0,36292 + 26,00005x - 17,87446x^2$	0,925
$y = 0,13702 + 30,02160x - 31,66804x^2 + 11,59655x^3$	0,927
$y =$ käyttötuntituotos, m^3/h	
$x =$ rungon käyttöosan tilavuus, m^3	

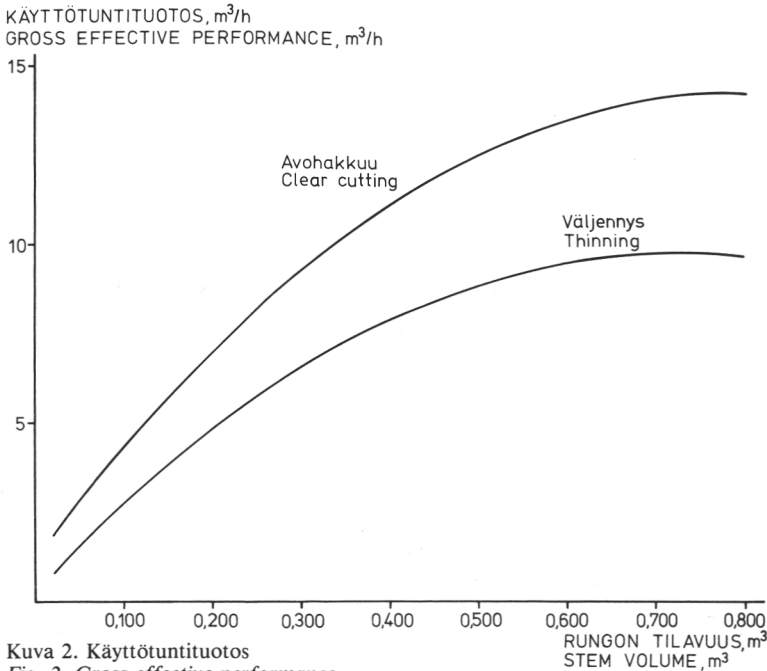
Rungon käyttöosan tilavuuden vaikutusta käyttötuntituotokseen havainnollistaa kuva 2, joka on piirretty toisen asteen käyrien perusteella. Avohakkuissa puukohtaisen siirtymisaajan on oletettu olevan suoraan verrannollisen puun läpimitaan. Väljennyshakkuissa on käytetty keskimääräistä siirtymisaikaa, koska yhdessä työpisteessä käsiteltiin keskimäärin vain 1,2 puuta. Keskeytysajan on oletettu olevan suoraan verrannollisen puukohtaiseen tehoaikaan. Keskeytysten osuudet ja väljennyshakkuun siirtymisaika ovat taulukon 2 (s. 7) mukaiset.

Puulajien välillä oli tilastollisia eroja keskimääräisissä tuotoksissa muutamissa tilavuusluokissa, mutta nämä erot olivat keskenään ristiriitaisia.

43. Työn laatu

Ylimmän kaatoa haittaavan juurenniskan ja kaatoleikkaksen välinen etäisyys oli keskimäärin 3,0 cm. Keskihajonta oli 3,7 cm. Leimikossa 1 vastaava etäisyys (4,4 cm) oli hyvin merkittävästi suurempi kuin leimikoissa 2 (2,8 cm) ja 3 (2,6 cm). Puulajilla ja kaatoleikkauksen läpimitalla ei ollut vaikutusta näin määritettyyn kannon korkeuteen.

Karsintaterien aikareleiden oikea säätö on karsintajäljen kannalta ratkaisevan tärkeä. Leimikossa 3 käytettiin uuden muotoisia karsintateriä, joiden vaikutus näkyi karsinnan parantumisena runkojen latvasissa. Paksuoksaisiin mäntyihin jäi melko runsaasti yli 5 cm:n mittaisia oksantynkiä. Mutkaisten koivujen karsinta tuotti myös vaikeuksia: Kun aikareleet oli säädetty aukeamaan muiden puulajien karsintaa ajatellen, veistivät terät mutkakohdissa osia rungosta ja saattoivat jopa katkaista sen. Oksattomissa rungon osissa tämä voidaan välttää avaamalla karsintateriä. Oksaisissa kohdissa näin toimittaessa jää karsinta puolestaan vaillinaiseksi. Kokonaisuutena karsintaa voidaan kuitenkin pitää tyydyttävänä.



Kuva 2. Käyttötuntituotos
Fig. 2. Gross effective performance

Määrämittaisten pölkkyjen valmistus ei koneella onnistu sallituissa virherajoissa. Miestyötä koskevan metsä- ja uittoalan työehtosopimuksen (1981) mukaan silmävauraisessa katkonnassa saa enintään 10 % pölkkyistä poiketa yli 10 % annetusta ohje-arvosta. Tätä ohjetta sovelletaan usein myös koneelliseen puutavaran valmistukseen. Tukkien osalta pysyttiin tutkimustyömailla hyvin mainituissa virherajoissa. Kuitupuun osalta sallittiin kuitenkin 3 m:n ohjearvoa huomattavasti lyhyempiä latvapölkkyjä, jotta kuitupuu saataisiin mahdollisimman tarkkaan talteen. Alle 270 cm:n pituisia oli siten 18 % mitatuista kuitupuupölkkyistä. Vastaavasti 6 % ylitti 330 cm.

Kuitupuupölkkyjen keskimääräinen pituus oli 293 cm ja keskihajonta 27 cm. Leimikoiden välillä keskipituuksissa oli tilastollisesti merkitseviä eroja. Kuusipölkkyt (\bar{x} = 297 cm) olivat merkitsevästi pitempiä kuin mäntypölkkyt (\bar{x} = 290 cm). Koivupölkkyjen keskimääräinen pituus oli 288 cm. Suurin syy pölkyn pituuden vaihteluun oli ilmeisesti tartuntaelimen luistaminen, joka pyritään jatkossa eliminoimaan.

Latvan katkaisuläpimitta kuoren päältä oli keskimäärin 67 mm. Läpimitan keskihajonta oli 16 mm. Leimikoiden ja puulajien välillä oli keskiarvoissa tilastollisia, enintään 5 mm:n eroja.

Puulajien erottelu ja kasojen paikkojen valinta oli kaikissa leimikoissa suoritettu ammattitaidolla. Kasoissa ei ollut latvoja

eikä oksia. Pölkkyt sen sijaan olivat kasoissa jonkin verran sekaisin ja pölkkyjen päiden tasaisuudessa oli toivomisen varaa. Kokonaisuutena kasoja voidaan pitää tyydyttävinä. Kourakasojen keskimääräinen koko leimikossa 3 oli kuusikuitupuulla 0,25 m³, mutta mänty- ja koivukuitupuulla se jäi alhaisen tavaralajitiheyden vuoksi 0,09 ja 0,13 m³:iin. Puutavaran vaurioituminen rajoittuu tukkien tyvien lieviin halkeamiin kaadossa ja katkonnassa sekä puiden aisautumiseen pyrittäessä tehokkaaseen karsintaan.

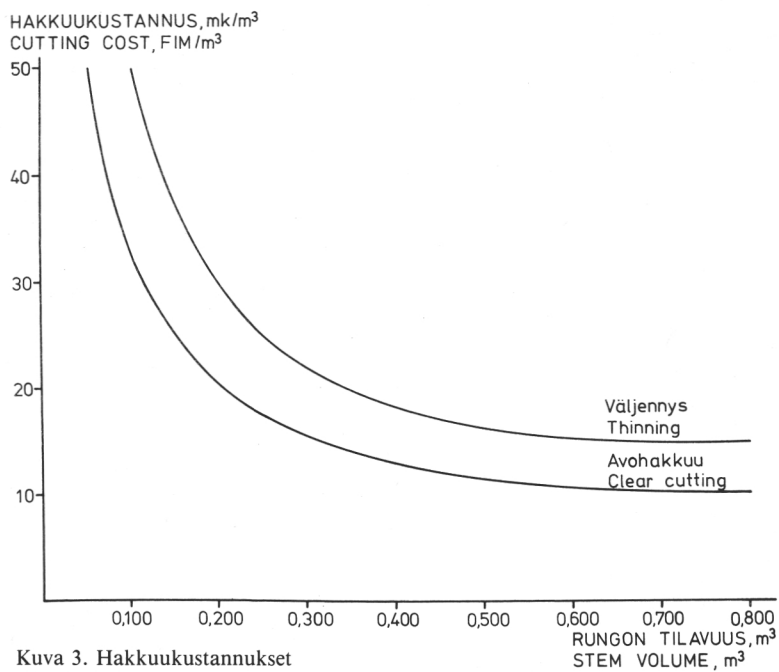
Väljennysleimikossa sijainneella 0,74 hehtaarin koealalla pystyyn jäävistä puista vaurioitui 34 kpl/ha eli 7,7 %. Vaurioista 58 % oli pintavaurioita ja 42 % syvävaurioita, joissa puuaine oli vahingoittunut. Vauriot sijaitsivat rungossa keskimäärin 56 cm:n korkeudella juurenniskasta. Vaurioista oli 61 % alle 50 cm:n, 26 % 50...100 cm:n ja 13 % yli 100 cm:n korkeudella. Juurivaurioita ei tällä kovapohjaisella, pystyyn jäävien puiden osalta mäntyvaltaisella koealalla havaittu.

Vaurioiden keskimääräinen pinta-ala oli 122 cm². Alaltaan alle 100 cm²:n vaurioita oli 65 %. Vaurioista 19 % oli kokoluokassa 100...300 cm² ja 16 % yli 300 cm². Vaurion todennäköinen aiheuttaja oli tela 87 %:ssa tapauksista. Harvesteriosan kolhimiksi arvioitiin 10 % ja kuormaimen 3 %. Vauriot näyttivät syntyvän miltei yksinomaan työpistesiirojen aikana.

5. TULOSTEN TARKASTELU

Tapio-harvesterin hinta tulee valmistajan mukaan olemaan noin 100 000 mk. Laitteen käyttötuntikustannukset ilman peruskonetta ja työpalkkoja yksivuorotyössä 60 %:n käyttöasteella ovat suuruusluokkaa 60 mk/h. Käyttöasteella tarkoitetaan tässä ns. toiminnallista käyttöastetta. Alhaisen käyttöasteen käytöllä on pyritty ottamaan huomioon erikoiskoneen työllistämisvaikeudet ja löytämään realistinen tuntikustannus. Metsävarusteinen maataloustraktori ja kuljettaja mukaan lukien käyttötuntikustannukset ovat vuoden 1981 lopun kustannustasolla noin 145 mk/h. Käyttötuntituotosten perusteella laskettuja hakkuun yksikkökustannuksia on havainnollistettu kuvassa 3.

Avohakkuissa Tapio-kuormainharvesteri näyttää olevan kustannuksiltaan kilpailukykyinen miestyön kanssa kuusivaltaisissa leimikoissa, joissa rungon keskikoko ylittää 0,1 m³. Järeäpuustoisissa leimikoissa suuremmat monitoimikoneet ovat kuormainharvesteria taloudellisempia, sillä rinnankorkeusläpimitaltaan yli 35 cm olevien puiden hakkuu miestyönä nostaa kustannuksia. Seuraavassa asetelmassa on esimerkinomaisesti esitetty puutavaran valmistuksen kustannuksia eri menetelmillä. Oksaisuusluokka on männyllä 2 ja kuusella 3. Pituusluokka on 3 ja tiheys sekä maasto 1. Miestyössä noin 3 m kuitupuu kasataan paltalle jättäen ajoura vapaaksi. Miestyön sekä



Kuva 3. Hakkuukustannukset
Fig. 3. Cutting costs



Kuva 4. Tapio-kuormainharvesteri Valmet 872 -kuormatraktorissa
Fig. 4. Tapio tree harvesting head mounted on Valmet 872 forwarder

erilliskaadon kustannuksiin (Metsä- ja uittoalan... 1981) on lisätty sosiaalikulannuksina 46 % työntekijän osuudesta (70 %). Prosessorin yksikkökustannuksina on käytetty voimassa olevia taksoja (Puutavaran... 1981). Matka-, työnjohto- ja yleiskustannuksia ei ole huomioitu.

	Puun koko, m ³			
	0,1	0,2	0,3	0,5
	Puutavaran valmistuksen kustannukset, mk/m ³			
Miestyö, mänty	24,91	17,69	14,16	11,10
Miestyö, kuusi	29,55	22,00	18,14	14,56
Tapio-kuormainharvesteri	33,40	20,61	15,59	13,02
Erilliskaato + prosessori	38,90	22,71	17,21	12,91

Kuormainharvesterin käyttö harvennushakkuissa rajoittuu ilmeisesti viimeiseen harvennukseen, jossa pystyyn jätettävien puiden lukumäärä on 400...600 kpl/ha. Tutkitun kaltaista peruskonetta käytettäessä lienee kustannustaso kuitenkin miestyötä korkeampi traktorin liikkumisvaikeuksien vuoksi.

Maataloustraktorin maastokelpoisuus harvesterin voimanlähteenä lienee useimmissa leimikkokohteissa tyydyttävä. Peruskoneen ohjattavuus sen sijaan vaikutti varsinkin väljennysleimikossa huonolta. Jatkuvasti kookkaita puita käsiteltäessä saattaa

peruskoneeseen ja kuormaimeen kohdistuva rasitus nousta suureksi.

Laitteen voimakoneena voidaan vaihtoehtoisesti käyttää metsätraktoria, jolloin maastokelpoisuus, ohjattavuus sekä ergonomiset ominaisuudet paranevat ja voima lisääntyy. Tällöin yhdistelmän käyttötuntikustannukset nousevat 200 markkaan. Vaihdamalla hakkuutyön jälkeen harvesteriosan tilalle puutavarakoura voidaan samaa peruskonetta käyttää myös puutavaran metsäkuljetukseen, jolloin saavutetaan säästöjä siirtokustannuksissa. Myös työmaajärjestelyt yksinkertaistuvat, jos kaikki työt tehdään samalla koneella. Tapio-harvesteria tullaankin kokeilemaan Fiskars F 5000 -kattokuormaimella varustetussa Valmet 872 -kuorma-tractorissa (kuva 4).

Alhaisempien käyttötuntikustannusten ja siitä aiheutuvien alhaisempien siirtokustannusten vuoksi Tapio-harvesterin kilpailukyky on järeisiin monitoimikoneisiin verrattuna parhaimmillaan silloin, kun leimikot ja korjattavat puut ovat pieniä. Laitteen avulla voidaan niin ollen mahdollisesti laajentaa monitoimikoneiden taloudellista käyttöaluetta. Koska pääomakustannukset lisäksi ovat kohtuulliset, voitaisiin monitoimikonepohjainen puunkorjuu tätä tietä saada myös entistä useamman yrittäjän ulottuville.

LÄHTEET — LITERATURE

AHOLAINEN, R. 1981. Monitoimikone puutavaran valmistuksessa. Teollisuuden metsäviesti (4):22—23.
 EERONHEIMO, O. 1981. Saarenkedon kouraharvesteri. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 15 s.
 Metsä- ja uittoalan työehtosopimus ja sen mukaiset m³-perustaiset metsätyöpalkkojen taulukot. Palkkausalue 4. 1.9.81—28.2.82. Metsä- ja uittoalan työehtosopijapuolet. 96 s.

Nordisk avtale om skoglig arbeidsstudienomenklatur. 1978. Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd. 130 s.
 PMP-systeemin kenttätyöohje. 1980. PMP-hoitokunta. 128 s.
 Puutavaran valmistusmaksut monitoimikoneille. 1.3.1981—28.2.1982. Metsäalan Kuljetuksenantajat ja Koneurakoitsijoiden Liitto ry. 9 s.
 RUMPUNEN, H. 1980. Metsätyövoiman kehitysarvio 1980—1990. Metsätehon katsaus (6):1—4.

ODC 323.13 + 352 + 66
ISBN 951-40-0558-9
ISSN 0015-5543

EERONHEIMO, O. 1982. Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa.
Abstract: Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head. Folia For. 506:1—12.

Output study of the Tapio tree harvesting head.

The Tapio tree harvesting head is a slide boom fed multi-purpose logging device which is mounted on a hydraulic loader in place of the normal grapple head. It fells, limbs, bucks and bunches trees. The device can be mounted on farm tractors and forwarders with an engine power of at least 44 kW.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A,
SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 323.13 + 352 + 66
ISBN 951-40-0558-9
ISSN 0015-5543

EERONHEIMO, O. 1982. Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa.
Abstract: Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head. Folia For. 506:1—12.

Output study of the Tapio tree harvesting head.

The Tapio tree harvesting head is a slide boom fed multi-purpose logging device which is mounted on a hydraulic loader in place of the normal grapple head. It fells, limbs, bucks and bunches trees. The device can be mounted on farm tractors and forwarders with an engine power of at least 44 kW.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A,
SF-00170 Helsinki 17, Finland.

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi

Name _____

Osoite

Address _____



Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND

Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia

Remarks _____

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

Ojajoen koasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

Ruotsinkylän jalostuskoasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

Kannuksen energiametsäkoasema
Kannus Energy Forestry Experiment Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

1981

- No 483 Salminen, Sakari: Vuosien 1971—75 valtakunnallisia metsävaratietoja karttamuodossa.
A cartographic presentation of forest resources in Finland 1971—75.
- No 484 Aarne, Martti: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat 1979.
Removals and flows of commercial roundwood in Finland in 1979 by districts.
- No 485 Kurekela, Timo: Versosyöpä (*Gremmeniella abietina*) riukuasteen männiköissä.
Canker and die-back of Scots pine at precommercial stage caused by *Gremmeniella abietina*.
- No 486 Oikarinen, Matti & Pyykkönen, Juhani: Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekankaan hieskoivikon kehitykseen Pohjanmaalla.
The effect of thinning and fertilization on the growth of pubescent birch (*Betula pubescens*) on drained Myrtilus spruce swamp in Ostrobothnia.
- No 487 Löyttyniemi, Kari: Typpilannoituksen ja neulasten ravinnepitoisuuden vaikutus hirven mäntyraivon valintaan.
Nitrogen fertilization and nutrient contents in Scots pine in relation to the browsing preference by moose (*Alces alces*).
- No 488 Juslin, Heikki, Leinonen, Matti & Lonkila, Markku: Omat myyntikonttorit mekaanisen metsäteollisuuden vientimarkkinointikanavien kehitysvaihtoehtona.
Sales offices as an alternative of developing the export marketing channels of Finnish mechanical wood industry.
- No 489 Kellomäki, Seppo: Mäntysahatukien laadun ja sydänpuuosuuden yhteys tukin ulkoiisiin tunnuksiin.
Quality of pine logs and proportion of heartwood as related to properties of the logs.
- No 490 Hyppönen, Mikko: Kantohintojen alueittaiset muutokset Pohjois-Suomessa.
Stumpage price changes in northern Finland by districts.
- No 491 Salo, Esko & Vuorivirta, Juha: Yksityismetsien raakapuun hakkuu-, luovutusmittaus- ja toimitustavat vuosina 1974—76.
Cutting, delivery and measurement methods of roundwood in private forests in Finland in 1974—76.
- No 492 Teivainen, Terttu, Kananen, Aino & Kuhlman, Eeva: Vesimyrän aiheuttamat tuhot männyn siemenviljelmillä Keski-Suomessa vuonna 1979/80.
Water vole (*Arvicola terrestris*) damage in Scots pine seed orchards in Central Finland during 1979/80.
- No 493 Ferm, Ari & Sepponen, Pentti: Aurausjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana.
Development of ploughed tracks and vegetation on reforestation areas in Finnish Lapland during a period of 10 years.
- No 494 Vanhanen, Heidi & Pajunen, Leevi: Metsurin työvälinekustannukset 1980.
Forest workers' equipment costs in Finland in 1980.
- No 495 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1979—81.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1979—81.
- No 496 Heikka, Timo & Piirainen, Kimmo: Pienhakkureiden voimankäyttö.
Power consumption of small chippers.
- No 497 Heikkilä, Risto: Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa.
Damage in Scots pine plantations in northern Finland.
- No 498 Rantamaula, Jari: Hakkuutähteiden haketus kevyellä kalustolla.
Chipping logging residues with light-weight equipment.
- No 499 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuukäyttäytyminen yksityismetsälöillä.
Cutting behaviour in Finnish private woodlots.

1982

- No 500 Puu energiaraaka-aineena. Kokousesitelmät.
Wood as a raw material for energy production. Symposium papers.
- No 501 Kärkkäinen, Matti: Pölkyittäinen kuitupuun mittausta.
Measurement of pulpwood by the bolt.
- No 502 Etholén, Kullervo & Huuri, Leena: Visakoivua käsittelevä kirjallisuus.
Bibliography on curly birch, *Betula pendula* var. *carelica* (Merklín).
- No 503 Löyttyniemi, Kari: Männyttaimikkojen hirvivahingot 1950-luvun alussa.
Moose (*Alces alces*) damage in young pine stands in Finland at the beginning of the 1950's.
- No 504 Valsta, Lauri: Istutuskusikon kasvatusiheyksien liiketaloudellinen vertailu.
Profitability comparison of growing densities in spruce plantations.
- No 505 Petäistö, Raija-Liisa: Juurten leikkaamisen jälkeinen sienitautiriski havupuun taimilla taimitarhalla.
Risk of fungal infection on coniferous seedlings after root pruning in forest nurseries.
- No 506 Eeronheimo, Olli: Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa.
Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head.
- No 507 Puro, Tiina: Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa.
Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0558-9
ISSN 0015-5543