

FOLIA FORESTALIA 200

IETSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1974

PENTTI HAKKILA JA
MARKKU MÄKELÄ

JATKOTUTKIMUKSIA PALLARIN
KANTOHARVESTERISTA

FURTHER STUDIES OF THE
PALLARI STUMPARVESTER

- 1972 No 134 Aarne Reunala & Ilpo Tikkanen: Metsätilanomistajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila & Olavi Saikku: Kuoriprosentin määrittys sahanhakkeesta.
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnonpuiden määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä.
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen & Markku Mäkelä: Juurakoiden irroittaminen maasta pyöräkuonmaajilla.
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä.
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiihonen & Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgetechneten Bestandes auf Grund von Stammzahlaufnahme durch den Holzfaller. 2,—
- No 144 Esko Leinonen: Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä.
Measurement of timber by the load and sampling methods. 4,—
- No 145 Esko Leinonen: Tilavuuspaino-otanta sahatukkien mittauksessa.
Green density sampling in sawlog scaling. 1,50
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus.
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila, Jouko Laasasenaho & Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.
Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Suomessa.
Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland.
Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmiöitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmännyn ja pluskuuset.
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela & Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja tärinäaltistus pelkässä kaadossa.
Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in feeling. 5,—
- No 152 Hannu Keipi: Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa.
The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. 4,—
- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetoissa syksyllä 1971.
The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukki-puutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Eljas Pohtila: Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930—45 tehdyistä kuusiviljelyistä.
Results of spruce cultivation from 1930—45 on state-owned lands in Perä-Pohjola. 1,50
- No 157 Eino Mälkönen: Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin.
Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. 1,50
- No 158 Kaarlo Kinnunen & Erkki Lähde: Kylvöajankohdan vaikutus kennonaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana.
The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. 2,50
- No 159 Pentti Hakkila: Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa.
Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. 2,—
- No 160 Kullervo Eholén: Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä.
The succes of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed.
Состояние культур сосны в Северной Финляндии и происхождение семян. 3,—

FOLIA FORESTALIA 200

Metsäntutkimuslaitos · Institutum Forestale Fenniae · Helsinki 1974

Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä

JATKOTUTKIMUKSIA PALLARIN KANTOHARVESTERISTA

Further studies of the Pallari Stumparvester

Yhteispohjoismaisen hakkuutähdetutkimuksen alaprojekti

A sub-project of the joint Nordic research programme
for the utilization of logging residues

ALKUSANAT

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton asetaman kanto- ja juuripuun korjuuta tutkivan työryhmän kehitysohjelma johti kesällä 1971 Pallarin kanto- ja juuripuun korjuun rakentamiseen. Ensimmäisen tutkimusvaiheen tulosten valmistuttua (HAKKILA ja MÄKELÄ 1973) metsät.lis. Pentti Nisula teki aloitteen lisätutkimuksista harvesteri-peräkärä-yhdistelmällä. Jatkotyössä onkin kiinnitetty erityistä huomiota lähikuljetuksen tehostamiseen tältä pohjalta.

Käsillä oleva julkaisu muodostaa yhteenvedon kanto- ja juuripuun korjuun perustuvan korjuuketjun käyttösovellutuksista ja on samalla kehittelytyön päätösvaihe. Jää teollisuuden ratkaistavaksi, voidaanko luodun menetelmän pohjalta panna alulle laajamittainen kanto- ja juuripuun korjuutoiminta.

Konekehittelyn ja koetyömaitten kustannukset on peitetty kauppa- ja teollisuusministeriön ja metsäteollisuuden yhteisellä rahoituksella.

Kone-Diesel Oy on avustanut ohjelman toteuttamisessa m.m. luovuttamalla RH-4 kaivukoneen eräille työmaille korvauksetta. Kokeissa käytyt peräkäräryt on saatu Keskusosuusliike Hankkijalta ja Kesko Oy:ltä. Varsinaiset tutkimuskulut on korvattu yhteispohjoismaisen hakkuutähdetutkimuksen varoista.

Jatkotutkimusten kenttäkokeisiin ovat osallistuneet kanto- ja juuripuun korjuun suunnittelija, urakoitsija Kyösti Pallari, koneen kuljettajat Olli Pallari ja Kari Hyöppinen, kenttämestari Sauli Takalo, ylioppilas Olli Nieminen ja koululainen Tapio Järvinen. Kokeitten järjestyksessä ovat avustaneet osastopäällikkö Juha Laine ja insinööri Ole Rosbäck Kone-Diesel Oy:stä. Sisätöihin ovat osallistuneet neiti Pirjo Salonen ja neiti Raija Siekkinen.

Värikuvat on ottanut valokuvaaja Matti Ruotsalainen ja värikuvasivun lahjoittanut Kone-Diesel Oy.

Helsingissä helmikuussa 1974

Pentti Hakkila

Markku Mäkelä

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY IN ENGLISH	3
TIIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	5
2. KANTOHARVESTERIN TEKNISET OMINAISUUDET	6
21. Peruskone	6
22. Nosto-paloittelulaite	7
23. Perälaatikko	7
24. Peräkärri	7
3. TYÖSKENTELYTEKNIikka	8
4. TUTKIMUSAINeISTOT	10
5. KORJUUTYÖN TUOTOS JA KUSTANNUKSET	10
51. Nosto ja paloittelu	10
52. Lähikuljetus	13
53. Korjuukustannukset kuitupuuhun verrattuina	14
6. PÄÄTELMÄ	14
KIRJALLISUUSLUETTELO	15

FURTHER STUDIES OF THE PALLARI STUMPARVESTER

SUMMARY

The first multi-purpose machine for harvesting of stump and root wood, the Pallari Stumparvester, was constructed as the result of the research and development programme of the working group set up by the Central Association of Finnish Forest Industries. The basic unit is an RH 4 excavator fitted with tracks and with an extraction-splitting device instead of the backacter (colour photo). The machine uproots, splits and transports the stump and root wood to alongside the strip road or the landing site. The harvester is capable of operating on swampy soil as well as on mineral soil.

For bunching the harvester has a 4.6 cu.m. rear box mounted on the basic machine. If the harvester is used for forest haulage as well, a 15–20 cu.m. trailer replaces the rear box.

The output of the Stumparvester in extraction and splitting is closely correlated with the size of the stump-root system. When stump diameter is 30 cm the output on mineral soil is 1.9 solid cu.m. per hour for Norway spruce and 1.4 solid cu.m. for Scots pine. The corresponding figures on swamp are 2.3 for spruce and 1.7 for pine (Table 1). The costs without forest transport at the beginning of 1974 were 26 marks/solid cu.m. for spruce and 33 marks/solid cu.m. for pine on mineral soil and 27 and 36 marks/solid cu.m. on swamp (Table 2).

There are four alternatives for forest haulage (Fig. 6):

1. Haulage with the rear box mounted on the undercarriage of the basic machine. The method is economic primarily for haulage of a bunching nature over short distances of under 50 m.
2. The rear box of the harvester is tipped into a trailer drawn by a farm tractor and the tractor carries the stump and root wood to the landing. The method is used over longer distances, 1,000–2,000 m.
3. The harvester tips its rear box or trailer onto the compartment from which a forwarder equipped with a grapple loader hauls the timber to the landing. The method is most economic over distances of 300–1000 m.
4. A trailer is coupled to the harvester and the stump and root wood is hauled to the landing in the trailer. The method is most economic over distances of under 300 m.

The cost of forest haulage of stump and root wood for the different alternatives is presented in Fig. 7. The cost of timber at mill exclusive of stumpage price and overheads at the beginning of 1974 was 53 marks/solid cu.m. for mineral soil pine and 46 marks/solid cu.m. for mineral soil spruce.

TIIVISTELMÄ

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton asettaman työryhmän tutkimus- ja kehitysohjelman tuloksena on rakennettu ensimmäinen kanto- ja juuripuun korjuuseen soveltuva monitoimikone, Pallarin kantoharvesteri. Sen perustana on teloilta varustettu RH 4 kaivukone, jonka kauhan tilalle asennetaan nosto- ja paloittelulaite (värikuva). Kone nostaa, paloittelee ja kuljettaa kanto- ja juuripuun ajouran varteen tai lähivarastolle. Harvesteri pystyy toimimaan myös suolla.

Harvesteri varustetaan kasausta varten peruskoneeseen kiinnitettävällä perälaatikolla. Mikäli harvesteria käytetään myös lähikuljetukseen, kytketään siihen perälaatikon sijasta peräkärri.

Kantoharvesterin tuotos nosto- ja paloittelutyössä riippuu voimakkaasti juurakoitten koosta. Kantoläpimitan ollessa 30 cm on tuotos kivennäismaan kuusella 1.9 k-m³ ja männyllä 1.4 k-m³ tunnissa. Suolla vastaavat luvut ovat kuusella 2.3 ja männyllä 1.7 (taulukko 1). Vuoden 1974 alussa kustannukset olivat vastaavasti kivennäismaalla kuusella 26 ja männyllä 33 mk/k-m³ sekä suolla 27 ja 36 mk/k-m³ (taulukko 2).

Lähikuljetuksessa on neljä eri vaihtoehtoa (kuva 6):

1. Lähikuljetus tapahtuu harvesterin peruskoneen alavaunuun kiinnitettävällä kipat-

tavalla 4.6 m³:n perälaatikolla. Menetelmä soveltuu lähinnä esikasauksen luonteiseen lyhyen matkan kuljetukseen.

2. Harvesterin perälaatikko kipataan maatalustraktorin vetämään peräkärriin, joka kuljettaa kantotavaran välivarastolle. Menetelmä tulee kysymykseen lähinnä yli-pitkillä 1000–2000 metrin matkoilla.
3. Harvesteri kippaa perälaatikkonsa tai peräkärriänsä palstalle, josta kourakuormaimella varustettu kuormatraktori kuljettaa puutavaran välivarastolle. Menetelmä on edullisin 300–1000 metrin matkoilla.
4. Harvesteriin kytketään kipattava peräkärri, jossa kantotavara kuljetetaan välivarastolle. Menetelmä on edullisin alle 300 m:n kuljetusetäisyyksillä.

Kanto- ja juuripuun lähikuljetuskustannukset eri vaihtoehtoja sovellettaessa nähdään kuvasta 7. Tehtaalle tuodun tavaran hinta ilman kantohintaa ja yleiskuluja on vuoden 1974 alussa kangasmaan männyllä 53 ja kuusella 46 mk/k-m³. Kanto- ja juuripuun käyttö sulfaattimassan raaka-aineeksi näyttää tällä kustannustasolla täysin mahdolliselta.

1. JOHDANTO

Puupulan ahdistelema metsäteollisuutemme tuntee mielenkiintoa kaikkiin vielä käyttämättöminä oleviin puureserveihin. Näihin kuuluu myös kanto- ja juuripuu, jota vuotuisissa hakkuissa jää metsään 4 milj. tonnia ja avohakkuu-aloillekin 2 milj. tonnia (vrt. HAKKILA 1972). Sulfaattimassateollisuuden yhteisin ponnistuksin vuosina 1970–72 Kemissä tehdyt laajamittaiset kokeet ovat osoittaneet, että männyn ja kuusen tuoreen kanto- ja juuripuun käyttö tavanomaisen kuitupuun lisäraaka-aineena esimerkiksi 10 %:n seossuhteena on teknisesti toteutettavissa.

Kanto- ja juuripuun käsittely edellyttää tehtaalla lisäinvestointeja. Juurakoitten muodosta, kivistä ja hiekasta johtuen hakkeen palakokojakautuma ei erikoislaitteistosta huolimatta täytä tavanomaisia laatuvaatimuksia. Kanto- ja juuripuusta tuskin niin ollen voidaan maksaa samaa hintaa kuin runkopuusta. Esitetyt näkökohdat aiheuttanevat käytännössä ainakin 10 %:n alennuksen tehdashinnassa. Laskelmat muuttuvat luonnollisesti toisenlaisiksi, mikäli kantoja käytetään marginaalipuuna.

Käytön taloudellisuus näyttää siis edellyttävän, että sulfaattimassatehtaan on saatava tietty vähimmäismäärä kanto- ja juuripuuta hinnalla, joka on enintään 90 % runkopuulle maksetusta. Korjuukustannukset kohoavat kyllä väistämättä korkeiksi, mutta vastapainona on kanto- ja juuripuun alhainen kantohinta, jonka osaksi tai kokonaankin saattaa korvata maan muokkaantumisen juurakoita irrotettaessa (kuva 1).

Heikkolaatuisen ja pienikokoisen puun käytön kannattavuus riippuu yleisestä kantohintatasosta. Niinpä kanto- ja juuripuunkin teolliselle käytölle on edellytyksiä vain, kun runkopuun kantohinnat ovat korkeat. Puutavaran hintain viimeaikainen kehitys näyttää siten vahvistavan kanto- ja juuripuun kilpailuasemaa.

Kun kanto- ja juuripuun korjuumenetelmien kehittäminen pantiin vuonna 1970 alulle, keskityttiin ensin juurakoitten maasta irrottamiseen. Varsin pian jouduttiin kuitenkin toteamaan, että korjuuvaiheen todellinen pullonkaula on juurakoitten paloittelu kuljetuksen ja tehdaskäsittelyn vaatimuksia vastaavaksi. Korjuuketju,



Kuva 1. Avohakkuuala kanto- ja juuripuun korjuun jälkeen.
Figure 1. Clear cutting area after the harvesting of stump and root wood.

jossa paloittelua ei ole ratkaistu tyydyttävästi, on toimintakelvoton.

Pallarin kantoharvesteri tarjoaa ensimmäisen Suomen oloihin soveltuvan täysin koneellisen paloitteluratkaisun. Perälaatikolla varustettuna se voi suorittaa lisäksi palojen kasauksen ja lähikuljetuksen lyhyellä matkalla (HAKKILA ja MÄKELÄ 1973), mutta peruskoneen alhaisesta matkanopeudesta ja perälaatikon pienestä tilavuudesta johtuen harvesterin käyttö kuljetukseen on tässä muodossa kannattavaa vain hyvin lyhyillä etäisyyksillä. Kuljetusta voidaan kuitenkin tehostaa korvaamalla 4.6 m³:n perälaatikko peräkärjellä.

Kantoharvesterin ohella on myös erilliseen paloittelukoneeseen, Nisulan kantoloukkuun, perustuva korjuuketjuvaihtoehto kehittelyn alaisena. Kantoharvesterin ympärille rakentuva korjuuketju on vielä tällä hetkellä kuitenkin pisimmälle viimeistelty ja ainoa toimintavarma. Koska useat teollisuuslaitokset juuri nyt tekevät laskelmia kanto- ja juuripuun käytön kannattavuudesta, on käsillä olevaan julkaisuun koottu tiivistetty kokonais selvitys Pallarin kanto harvesterin tuotoksesta ja kustannuksista.

2. KANTOHARVESTERIN TEKNISET OMINAISUUDET

21. Peruskone

Kantoharvesterin peruskoneena on RH 4-kaivukone, joka varustetaan joko 50, 60, 70 tai 95 cm:n teloin. Kangasmaille soveltuvat parhaiten kapeat telat, sillä leveät telat vaikeuttavat liikumista etenkin kivisessä maastossa. Heikosti kantavilla suomilla taas käytetään leveätelaista RH 4-950 LC-tyyppiä, jonka pintapaine täydessä työvarustuksessa on 190 g/cm². Huomattakoon, että viimeksi mainitussa on yleisemmästä RH 4-tyypistä poikkeava alustarakenne, joten 95 cm:n suotelat sopivat vain siihen.

Kantoharvesterin työskentelytekniikka perustuu kaivukoneen puomin päähän kiinnitettyyn nosto-paloittelulaitteeseen, jolla tiheydeltään

keskinkertaisessa kantoleimikossa voidaan samalta sijalta irrottaa ja paloitella monasti useitakin juurakoita. Tämä edellyttää puomilta esteetöntä 360 asteen kääntökulmaa kumpaankin suuntaan. Ylävaunun mukana kääntyvän puomin pyörimisnopeus on 18 kierrosta minuutissa. Puomin ulottuvuus on lyhyemmällä varrella 6,3 m, pidemmällä 7,2 m. Irrottamisvoima kynsien kärjessä on vastaavasti 6.0 ja 5.0 tonnia.

Seuraavassa esitetään eräitä teknisiä arvoja tutkimuksissa käytetyistä RH 4-600 ja RH 4-950 LC koneista. Huomattakoon, että tällä hetkellä valmistettavissa malleissa on puomisynterierien voima suurempi kuin kokeissa käytetyissä.

	RH 4-600	RH 4-950 LC
Paino	12,3 tn	12,5 tn
Alavaunun leveys	249 cm	295 cm
Alavaunun pituus	317 cm	351 cm
Telojen maahan ottavan osan pituus	249 cm	280 cm
Telalappujen leveys	60 cm	95 cm
Pintapaine	330 g/cm ²	190 g/cm ²
Vapaa väli ylävaunusta maahan	94 cm	98 cm
Ylävaunun suurin leveys	240 cm	240 cm
Korkeus ohjaamon kohdalla		
ilman puomia	280 cm	285 cm
Maavara	43 cm	44 cm

Ylin ajonopeus	2.4 km/t
Moottorin teho kierrosluvulla 2400 r/min	51 hv (DIN)
Hydrauliikan teho	2 x 23 hv
Pumpun antomäärä	2 x 92 l/min
Korkein työpaine	250 kg/cm ²
Sylinterien voimat:	
Puomisylinteri työnnössä	28300 kg
Puomisylinteri vedossa	15800 kg
Kaivussylinteri työnnössä	28300 kg
Kaivussylinteri vedossa	15800 kg
Kauhassylinteri työnnössä	28300 kg
Kauhassylinteri vedossa	18700 kg
Kaivuvoima kuokkakauhan kärjessä	
1.5 m:n kauhavarrella	6000 kg
2.1 m:n kauhavarrella	5000 kg

22. Nosto-paloittelulaite

Kantoharvesterissa on kaivukoneen kauhan sijalle asennettu 800 kilon painoinen nosto-paloittelulaite (värikuvasivu). Sen ytimen muodostaa hydraulisylinterillä liikuteltava leikkuuterä, joka puuta paloitellessa painuu haarukkamaisen vastaterän haarojen väliin. Leikkuuterän suurin aukenema on 65 cm ja kidan syvyys avoasennossa 54 cm. Terän paksuus on 40 mm ja teräkulma 34 astetta.

Irrottamistyötä varten vastaterän alapuolella on kaksi kaarevaa hammasta, joitten etäisyys toisistaan on 32 cm. Hampaitten pituus on 48 cm.

23. Perälaatikko

Harvesteri voidaan kannon- ja juurenpalojen kasausta varten varustaa perälaatikolla, joka kiinnitetään kaivukoneen alavaunun takaosaan kahdella tukiraudalla. Perälaatikko ei niin ollen käänny ylävaunun ja puomin mukana.

Laatikon seinämät ovat 2.5 mm:n peltilevyä. Pohja on epäpuhtauksien varisemisen helpottamiseksi tehty 8 cm:n etäisyydellä toisistaan olevista 15 mm:n terästangoista. Laatikon leveys on 250 cm, korkeus 130 cm, pituus alareunassa 120 cm ja yläreunassa 160 cm sekä tilavuus 4.6 m³.

Perälaatikon tukirautojen yläpäässä on sarnat kippaamista varten. Kippaus tapahtuu kääntämällä laatikkoa sarnoittensa varassa puomiin kiinnitettyllä vajjerilla nostaten. Kippauskorkeus on 1.8 m.

24. Peräkärri

Useimmissa tapauksissa harvesteria käytetään myös lähikuljetukseen, ja silloin perälaatikko korvataan peruskoneeseen vetoaisalla kiinnitetävällä peräkärriellä. Siinä tulee olla hydraulinen kippilaite, joka voidaan asentaa kaivukoneen ohjaamosta käsin hallittavaksi.

Jatkotutkimukset tehtiin maatalouskäyttöön rakennetulla puulaidoin varustetulla Terä 12 TP-teliperäkärriellä, jonka kantavuus on 12 tonnia. Lavan pituus on 550 cm, leveys 236 cm, korkeus 100 cm ja kuormatilavuus 13.6 m³. Renkaiden koko on 14 x 16".

Jatkuvassa korjuutyössä peräkärri on varustettava metallilaidoin. Näyttää mahdolliselta ja tarkoituksenmukaiselta käyttää suurempaa, esimerkiksi 20 m³:n peräkärriä. On kuitenkin huomattava, että kanto- ja juuripuun paloista voidaan koostaa peräkärriin laitojen yli ulottuva kuorma.

3. TYÖSKENTELYTEKNIikka

Kantoharvesteria kehiteltäessä hioutui hiljalleen myös työtekniikka, joka vaihtelee puulajista, juurakon koosta, maaperästä ja lähikuljetusmatkasta riippuen. Nämä tekijät vaikuttavat käytettävään kalustoon sekä työn tuotokseen ja kustannuksiin.

Kuusen juurakko on kaikkialla pinnallinen, kun taas mänty kasvattaa Etelä-Suomen kangasmailla pystysuoran paalujuuren. Männyltäkin puuttuu paalujuuri pohjoisen kylmässä maaperässä ja etelän soilla. Irrottamistyön vaatima voima riippuu ratkaisevasti juurakon syvyydestä, ja erityisesti Etelä-Suomen kivisillä kankailla männyn juurakot ovat vaikeasti irrotettavissa. Seuraava esimerkki antaa kuvan juurakon keskimääräisestä syvyydestä kangasmaalla (HAKKILA 1972).

	Kannon kuorellinen läpimitta, cm	
	30	40
	Juurakon maanalainen syvyys, cm	
Etelä-Suomen mänty	77	87
Pohjois-Suomen mänty	53	62
Etelä-Suomen kuusi	42	51
Pohjois-Suomen kuusi	38	49

Pienet, alle 25 cm:n kuusen ja alle 35 cm:n männyn juurakot irrotetaan kokonaisina. Harvesterin nostokynnet painetaan maahan kannon taakse, ja irrottaminen tapahtuu puomia samanaikaisesti nostamalla ja konetta kohti vetämällä.

Suuremmille kuusen juurakoille soveltuu työtekniikka, jossa paksuimmat sivujuuret repäistään irti yksitellen poikkisuuntaan vääntämällä. Irrottaminen ja paloittelu tapahtuvat siis samanaikaisesti.

Järeitten männynjuurakoitten irrottaminen kokonaisena tuottaa vaikeuksia etenkin kivisellä maaperällä. Sen vuoksi kanto-osa halkaistaan leikkuuterällä kahteen tai useampaan osaan jo ennen irrottamista. Tällöinkin irrottaminen ja paloittelu tapahtuvat siis samanaikaisesti.

Paloittelutyön vaikeus riippuu paljolti juurakon sivujuurien määrästä, paksuudesta, pituu-

desta ja puhtaudesta sekä toisaalta työlle asetetuista vaatimuksista. Kuusen sivujuuret ovat pitempiä ja paksumpia kuin männyn, jolla juurakon puuaine keskittyy enemmän itse kantoosaan. Esimerkki antaa kuvan juurivälistä eli juurakon läpimitasta siten määritettynä, että vain korjuukelpoinen eli vähintään 5 cm:n paksuinen juurenosa on otettu huomioon (HAKKILA 1972).

	Kannon läpimitta, cm	
Juurakkolaji	30	40
	Juuriväli, cm	
Mänty pohjoisen kivennäismaalla	130	170
Kuusi etelän turvemaalla	310	420

Epäpuhtauksia ja ohuita juuria poistetaan samalla korjuukelpoisesta tavarasta. Paloittelun tavoitteena on toisaalta kuljetuskustannusten minimointi pinotiheyttä kasvattamalla ja toisaalta myöhemmän tehdaskäsittelyvaiheen helppottaminen. Tärkeä merkitys on hakkurin syötöaukon koolla. Palakokoa säädellään laatuvaatimuksista riippuen. Esimerkiksi koetyömailla palojen keskipituus oli 80 cm.

Paloittelun yhteydessä kanto- ja juuripuu kerätään harvesterin perälaatikkoon tai peräkärriin. Edellinen soveltuu lähinnä kasaukseen, jälkimmäinen myös lähikuljetukseen. Perälaatikko puretaan kippaamalla palstalle tai jatkokuljetuksen kannalta edulliseen paikkaan suurempiin kasoihin. Perälaatikon kallistuessa sen alareuna nousee 1.8 m:n korkeudelle maan tasalta, ja tämän ansiosta tyhjentäminen voi tapahtua myös suoraan traktorin lavalle (kuvat 2 ja 3).

Harvesterin peräkärri puretaan kippaamalla niinikään. Kun kuormatila on 3–4-kertainen perälaatikkoon verrattuna, muodostuvat lähikuljetuskustannukset peräkärriellä halvemmiksi kuin perälaatikkoyhdistelmää käytettäessä. Peräkärriin voidaan sovittaa jonkin verran laitojen nimellimittojen mukaista tilavuutta suurempikin määrä kanto- ja juuripuuta (kuva 4).



Harvesteri peräkärriineen



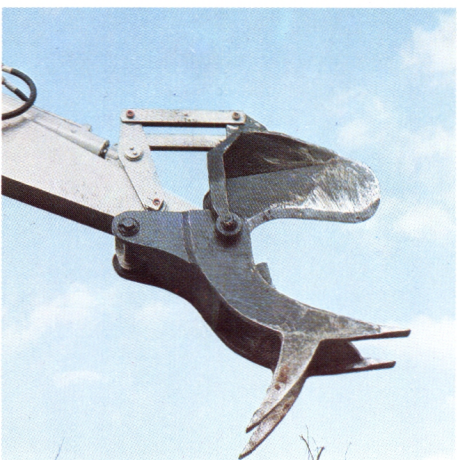
Maasta irrotus



Paloittelu



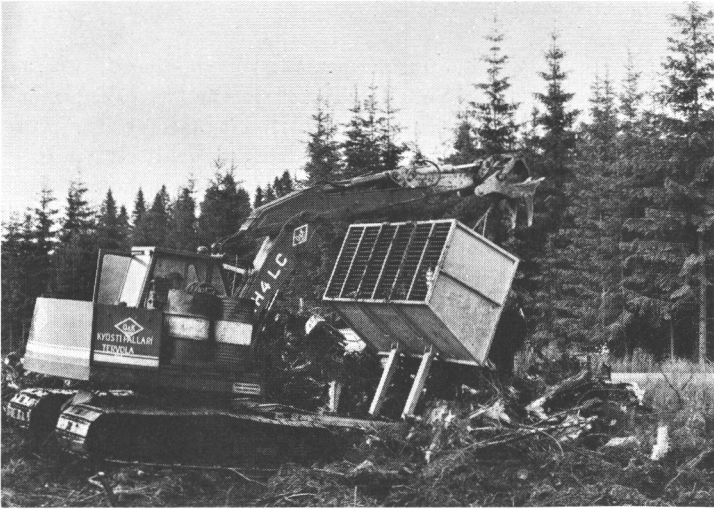
Keruu peräkärriyn



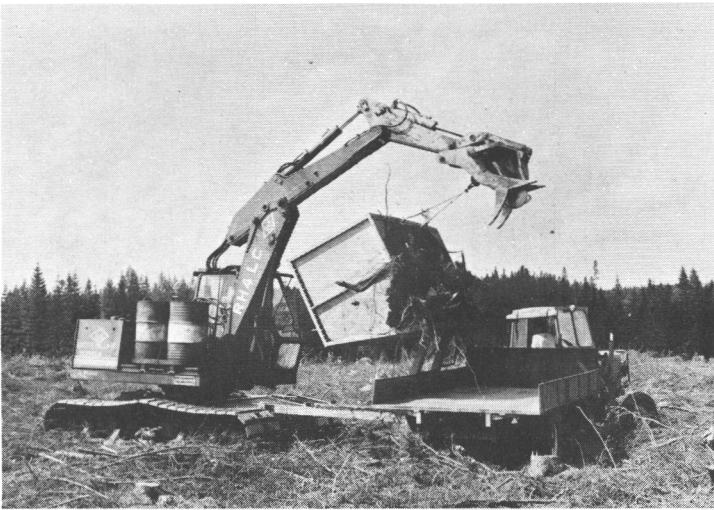
Paloittelulaite avattuna



Paloittelulaite toiminnassa



Kuva 2. Perälaatikon purkaminen.
Figure 2. Unloading the rear box.



Kuva 3. Perälaatikon purkaminen
maataloustraktoriin.
*Figure 3. Unloading the rear box
into a farm tractor.*



Kuva 4. Peräkärryn purkaminen.
Figure 4. Unloading the trailer.

4. TUTKIMUSAINEISTOT

Kantoharvesteri kehitettiin vuosina 1971–73. Työtekniikkaa ja laitteistoa hiottiin useissa peräkkäisissä kenttäkokeissa, kunnes lopulta päädyttiin harvesterin nykyiseen muotoon.

Vuonna 1971 kokeiltiin nosto- paloittelulaitteen ensimmäistä prototyyppiä Kemi Oy:n työmaalla Pohjois-Suomessa peruskoneena leveätelainen RH 4-950 LC. Tuolloin nostettiin 1 450 männyn juurakkoa kivennäismaalta sekä paloiteltiin muulla tavoin nostettuja juurakoita tien varressa 1 850 p-m³.

Saatujen kokemusten pohjalta nosto-paloittelulaite muotoiltiin uudelleen. Harvesteriin rakennettiin lisäksi kipattava perälaatikko kasausta ja lähikuljetusta varten.

Vuonna 1972 tutkimukset keskitettiin pääasiassa Etelä-Suomeen Metsäntutkimuslaitoksen Vesijaon kokeilualueeseen. Kahdelta suokoealalta korjattiin yhteensä 2 330 p-m³ kuusen ja männyn kanto- ja juuripuuta. Peruskoneena oli leveätelainen RH 4-950 LC. Paloittelulaitteen työn jälki on nyt entistä parempi (kuva 5) uudelleenmuotoilun ansiosta, ja perälaatikko osoittautui käyttökelpoiseksi kasauksessa. Kokeiltiin myös kontainerityypistä vaihdettavaa perälaatikkoa, mutta tulokset eivät olleet tyydyttäviä.

Harvesteri osoittautui jo varsin toimintavarmaksi ja selviytyi korjuutyöstä heikostikin kantavalla maaperällä. Kun perälaatikon pieni tilavuus kuitenkin rajoitti lähikuljetuksen lähinnä kasaukseen, ryhdyttiin suunnittelemaan sen korvaamista peräkärryllä.

Vuonna 1973 harvesteri varustettiin ensin 8.0 ja sitten 13.6 m³:n peräkärryllä, jonka kippaaminen hallittiin kaivukoneen ohjaamosta käsin. Kokeita tehtiin sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa. Korjattiin 350 p-m³ männyn ja kuusen kanto- ja juuripuuta kivennäismaalta peruskoneena osin RH 4-600 ja osin RH 4-950 LC. Harvesterilla ei näyttänyt olevan vaikeuksia

kuormatunkaan peräkärryn vetämisessä, ja peräkärryn voitiin todeta tarjoavan käyttökelpoisen lähikuljetusratkaisun lyhyillä etäisyyksillä.

Syksyllä 1973 katsottiin kehittelytyö loppuun suoritetuksi siinä laajuudessa, kuin se tutkimuksin on tarkoituksenmukaista toteuttaa. Harvesteri tosin on tuskin vielä saavuttanut viimeistä astettaan, mutta vastedes edellyttää kehittyminen jo laajamittaista käytännön korjuutoimintaa.

Yhteenvetona esitettävissä tuotos- ja kustannuslaskelmissa on käytetty hyväksi ohjelman eri vaiheissa vuosina 1971–73 kerääntynyttä tietoutta. Kaikki laskelmat on kuitenkin laadittu vastaamaan vuoden 1974 alkaessa vallinnutta tekniikkaa ja kustannustasoa.



Kuva 5. Kantoharvesterilla korjattua kanto- ja juuripuuta.

Figure 5. Stump and root wood harvested by the Stump harvester.

5. KORJUUTYÖN TUOTOS JA KUSTANNUKSET

51. Nosto ja paloittelu

Kantoharvesterin tuotos vaihtelee käytännössä laajoissa rajoissa. Korjuutoiminta keskittyy

ainakin alkuvaiheissa edullisimmille työmaille, joilta kanto- ja juuripuuta voidaan saada talteen mahdollisimman alhaisin kustannuksin. Tästä syystä on tärkeää tuntea kustannusten vaihte-

luun vaikuttavat tekijät. Seuraavassa luetellaan eräitä leimikko- ja maastotunnuksia, joista nosto- ja paloittelutyön tuotos pääasiassa riippuu.

- Puulaji. Pinnallisemmän juuristonsa ansiosta kuusen juurakon irrottaminen on nopeampaa kuin männyn. Kuusen juurakossa on lisäksi vähemmän paloittelu- ja puhdistusvaihetta hidastavia ohuita juuria. Tuotos on niin ollen kuusella suurempi kuin männyllä.
- Juurakon koko. Työn tuotos kasvaa juurakon koon mukana jyrkästi siihen saakka, kunnes voiman tarve ylittää koneen kapasiteetin. Alle 25–30 cm:n läpimitaiset kannot ovat kantoharvesterille liian pieniä. Yli 45 cm:n kangasmaan männynkannot taas ovat toisaalta jo niin järeitä, että työn tuotos niitä korjattaessa laskee.
- Maaperä. Siitä riippuvat irrottamistyön nopeus, kulkuvaikeus juurakolta toiselle siirryttäessä, puhdistamisen tarve paloittelun yhteydessä sekä läpimitaltaan tietyn kokoisen kannon sisältämä puumäärä. Ojitetuilla soilla päästään korkeimpaan tuo-

tokseen, ja heikoimmiksi jäävät työtulokset runsaskivisillä kankailla.

- Pintakasvillisuus. Paloittelun yhteydessä tapahtuva puhdistaminen riippuu pääasiassa pintakasvillisuuden ja humuskerroksen juuriston ympärille muodostaman maton paksuudesta ja sitkeydestä. Puhdistaminen on tästä syystä helpointa kiviä kankailla hiekkamailla ja vaikeinta usein suomilla.
- Leimikon tiheys. Varsinaisessa nosto- ja paloittelutyössä, lähikuljetusta siis lukuun ottamatta, on juurakolta toiselle tapahtuvan siirtymisen osuus ajankäytöstä vain 10 – 15 %. Niin ollen menetelmä ei tämän työvaiheen osalta ole erityisen herkkä leimikon tiheyden vaihtelulle.

Taulukko 1 osoittaa nosto- ja paloittelutyön tuotoksen kannon läpimitasta riippuen koetyömailla, joilla koneen siirtymämatka kannolta toiselle oli keskimäärin 3 m. Keskeytysten osuudeksi on oletettu 10 % tehotyöajasta. Läpimitaltaan yli 30 cm:n kuusenkannoilla tuntituotos nousee yleisesti yli 2 k-m³:n, mutta männyllä on tyydyttävä pienempiin tuotoksiin.

Taulukko 1. Kantoharvesterin tuotos nosto- ja paloittelutyössä.
Table 1. Output of the Stumparvester in extraction and splitting work.

Koe Experiment	Peruskone Basic machine	Maaperä Soil*	Kannon läpimitta, cm Stump diameter, cm				
			25	30	35	40	45
KUUSI – SPRUCE			Tuotos, k-m ³ /t Output, solid cu.m./h				
1	RH 4-950 LC	Suo	1.7	2.3	2.9	3.3	3.7
2	RH 4-950 LC	Kangas, kiv.	1.7	2.0	2.3	2.4	..
3	RH 4-600	Kangas	1.6	1.9	2.1	2.4	2.6
4	RH 4-950 LC	Kangas	2.1	2.4	2.7	3.0	..
MÄNTY – PINE							
5	RH 4-950 LC	Suo	1.4	1.7	1.9	2.1	2.4
6	RH 4-950 LC	Kangas, kiv.	..	1.8	1.5	1.4	1.3
7	RH 4-600	Kangas	..	1.4	1.4	1.5	1.7

* 1 and 5 = swamp; 3, 4 and 7 = mineral soil;
2 and 6 = stony mineral soil

Taulukko 2. Kanto- ja paloittelutyön kustannukset nosto- ja paloittelutyössä vuoden 1974 tammikuussa.
Table 2. The costs of the Stumparvester in extraction and splitting work in January 1974.

Koe Experiment	Peruskone Basic machine	Maaperä Soil*	25	Kannon läpimitta, cm Stump diameter, cm			
				30	35	40	45
				Kustannus, mk/k-m ³ Costs, marks/solid cu.m.			
KUUSI – SPRUCE							
1	RH 4-950 LC	Suo	36	27	21	18	16
2	RH 4-950 LC	Kangas, kiv.	36	30	27	25	..
3	RH 4-600	Kangas	30	26	23	20	18
4	RH 4-950 LC	Kangas	28	26	22	20	..
MÄNTY – PINE							
5	RH 4-950 LC	Suo	43	36	32	29	25
6	RH 4-950 LC	Kangas, kiv.	..	33	41	44	47
7	RH 4-600	Kangas	..	33	33	32	29

* See Table 1.

Nosto- ja paloittelutyön kustannukset riippuvat paitsi tuotoksesta myös harvesterin peruskoneesta. Tuntivuokrien erosta johtuen suon ja kangasmaan välinen ero kanto- ja juuripuun kiintokuutiometrikustannuksissa on pienempi kuin tuotoksissa (taulukko 2). Leveätelaisen RH 4-950 LC:n tuntivuokra on ohjetaksojen mukaan vuoden 1974 alkaessa 60,50 mk (Tie ja vesi... 1973). Kangasmailla käytettävän RH 4-600 koneen tuntivuokra on vastaavasti 48,50 mk.

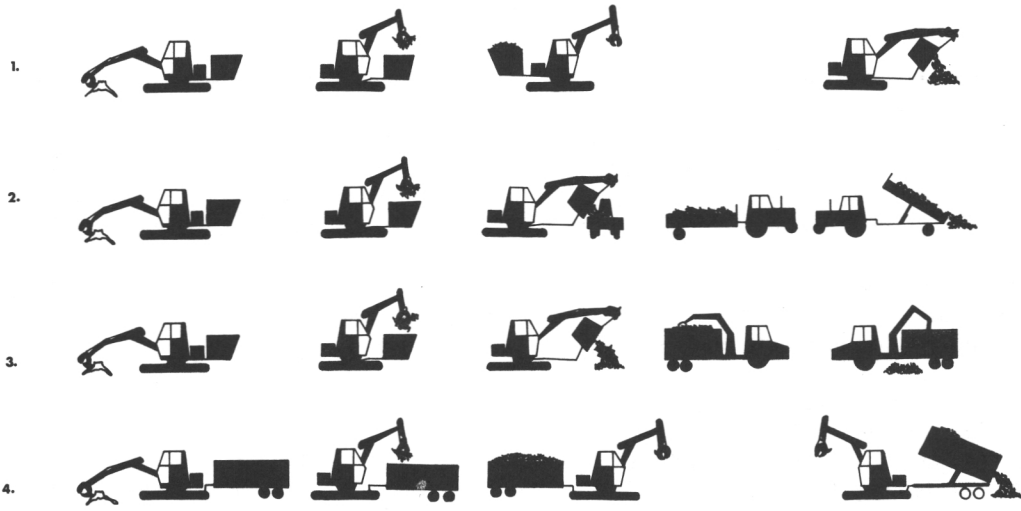
52. Lähikuljetus

Pallarin kanto- ja paloittelutyön pohjalta rakentuvaan korjuuketjuun voidaan sovittaa useita lähikuljetusratkaisuja. Niitten edullisuusjärjestys riippuu ensisijaisesti matkan pituudesta ja maastosta. Lähinnä tulevat kysymykseen seuraavat vaihtoehdot (kuva 6).

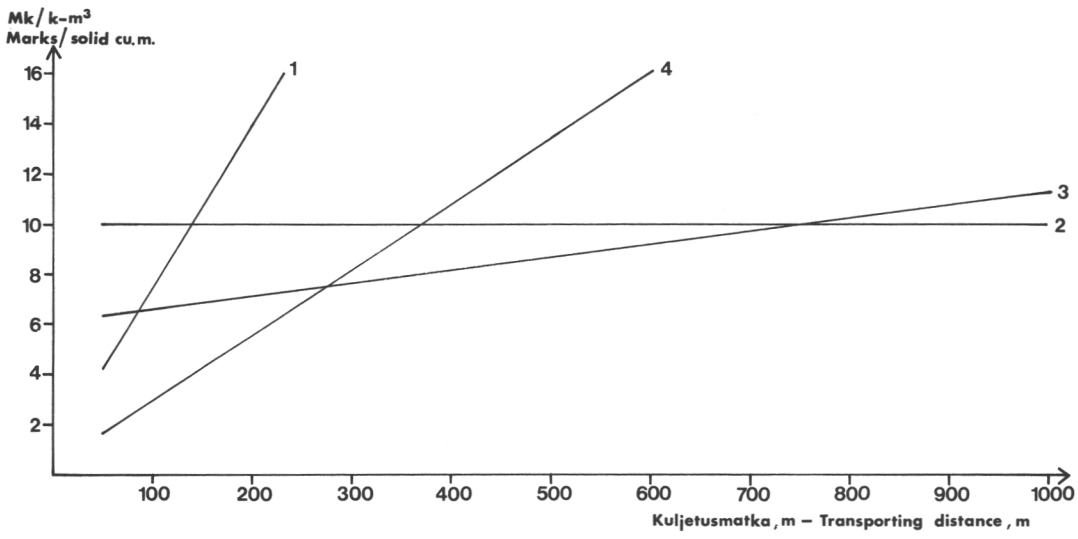
1. Paloiteltu kanto- ja juuripuu kuljetetaan välivarastolle harvesterin kipattavassa perälaatikossa. Peruskoneen alhainen matkanopeus (enintään 2.4 km/t) ja perälaatikon pieni koko (4.6 m³) rajoittavat menetelmän käyttökelpoisuutta, niin että se jäljempänä kuvattavaan peräkäräyvähtoehtoon verrattuna on kilpailukykyinen enintään 50 metrin etäisyyksillä.

2. Lähikuljetus tapahtuu maataloustraktorin kipattavalla peräkäräryllä, johon harvesteri suoraan purkaa perälaatikkonsa sisältämän tavaran. Jos traktorin edestakaisen ajomatkan kesto aika ei ylitä 25 minuuttia, tullaan toimeen yhdellä traktorilla. Tämä merkitsee keskimääräisissä oloissa 1000–2000 metrin kuljetusetäisyyttä. Lyhyemmällä ajomatkalla traktorin odotusaika muodostuu pitkäksi. Matkan kasvaessa on otettava käyttöön toinenkin traktori, jolloin menetelmä ei enää missään tapauksessa ole kilpailukykyinen. Vaihtoehto on muita haavoittuvampi, sillä traktorin myöhästymisen pysähdyttää myös harvesterin toiminnan.

3. Harvesteri kippaa perälaatikkoonsa tai peräkärärynsä kokoamansa kanto- ja juuripalat palstalle. Lähikuljetus tapahtuu kourakuormaajalla varustetulla kuormatraktorilla, jonka koura muotoillaan kannonpaloille soveltuvaksi. Traktori ei ole sidottu harvesterin työn rytmiiin, mikä pienentää työn suunnittelulle asetettavia vaatimuksia ja mahdollistaa kuljetuksen lykkäämisen heikosti kantavalla maalla pakkaskelleille. Menetelmä ei ole kilpailukykyinen lyhyillä matkoilla, koska kuorma on suoritettava uudelleen. Matkan pidentyessä edullisuus muitten vaihtoehtojen rinnalla para-



Kuva 6. Pallarin kantoharvesteri erilaisissa korjuuketjuvaihtoehdoissa.
 Figure 6. The Pallari Stump harvester in alternative harvesting schedules.



Kuva 7. Kanto- ja juuripuun kuljetuskustannus matkasta riippuen. Suorat 1, 2, 3 ja 4 selitetty kuvassa 6.
 Figure 7. The forest transport cost of stump and root wood as a function of distance. The explanations of curves 1, 2, 3 and 4 are given in figure 6.

nee, ja 300–1000 m:n etäisyyksillä kuormatraktorikuljetus on kustannuksiltaan halvin.

4. Perälaatikko korvataan harvesterin vetämällä peräkärriellä. Kuormaus tapahtuu paloittelun yhteydessä ja purkaminen kippaamalla. Koska esimerkiksi 15 m³ :n peräkärri ei vielä oleellisesti vaikeuta harvesterin liikkumista, kohoaa lähikuljetuksen tuotos ensimmäiseen vaihtoehtoon verrattuna kolminkertaiseksi kustannusten laskeessa lähes vastaavasti. Menetelmä muodostuu alle 300 m:n kuljetusetäisyyksillä muita edullisemmaksi.

Lähikuljetuskustannukset nähdään kuvasta 7. Taso edustaa vuoden 1974 tammikuussa vallinnutta tilannetta. Tuntivuokra oli tuolloin harvesterilla (RH 4-600) 48,50 mk (Tie ja vesi... 1973), kipattavalla peräkärriellä varustetulla maataloustraktorilla 19,20 mk ja kourakuormaajalla varustetulla kuormatraktorilla 49,00 mk (Metsätraktoreilla... 1973).

Käytännössä lähikuljetusmenetelmää ei voida vaihdella jokaisen erillisen yksityistapauksen mukaan. Korjuun on perustettava menetelmään, jota voidaan soveltaa mahdollisimman monella työmaalla. Tästä syystä näyttää mielekkäimmältä luopua perälaatikon käytöstä ja varustaa harvesteri peräkärriellä. Alle 300 metrin etäisyyksillä ei tuolloin siis tarvita erillistä lähikuljetusajoneuvoa. Matkan pidentyessä otetaan käyttöön kourakuormaajalla varustettu kuormatraktori.

53. Kustannukset kuitupuuhun verrattuina

Kanto- ja juuripuun tekniset ominaisuudet ja korkeat korjuukustannukset rajoittavat käyttömahdollisuudet nykytilanteessa sulfaattimassateollisuuteen. Niin ollen kustannuksia on verrattava tavanomaiseen mäntykuitupuuhun.

Kuorellisen mäntykuitupuun tienvarsihintana on myyjä- ja ostajapuolen yhteisen suosituksen mukaan 16.6.1973 – 30.6.1974 välisenä aikana Keski-Suomessa keskimääräisessä tapauksessa 50 mk/k-m³. Kaukokuljetuskustannus 50 km:n matkalla on II kuormauspaikkaluokassa puolikuivalla mäntykuitupuulla vastaavasti 8 mk/k-m³. Tehdashinta, jossa siis on mukana myös kantohinta, on ilman oston, korjuun ja mittauksen yleiskuluja 58 mk/k-m³. Yleiskulut lienevät 6 mk/k-m³.

Kuorellisen kanto- ja juuripuun tehdashinta ei tässä esimerkissä sisällä kantohintaa. Keskimääräisessä tapauksessa, jossa kannon kuorellinen läpimitta on 30 cm ja lähikuljetusmatka 300 m, ovat korjuukustannukset kannolta tien varteen kangasmaan oloissa männyllä 41 ja kuusella 34 mk/k-m³. Kaukokuljetuskustannukset, jotka edellyttävät suhteellisen korkeaa 0.35 pinoitheyttä, ovat kuormaus mukaan luettuna 12 mk/k-m³. Kuormauksen on silloin oletettu tapahtuvan erillisellä pyöräkuormaajalla, ja varsinaiset kuljetuskustannukset irtokuutiometriä kohti on laskettu samoiksi kuin metsähakkeella. Tehdashinta ilman kantohintaa ja yleiskustannuksia on näillä edellytyksillä kangasmaan männyllä 53 ja kuusella 46 mk/k-m³.

Kanto- ja juuripuun käsittely tehdasvarastolta tulee kalliimmaksi kuin tavanomaisella kuitupuulla. Lähinnä hiekan ja kivien haketuksessa aiheuttamista vaikeuksista johtuen on puunhukka suhteellisen suuri. Hakkeen palakokajakautuma ja lastujen muoto ja eheys eivät nekään ole yhtä edullisia kuin kuitupuusta tehdyllä hakkeella. Tästä syystä kanto- ja juuripuun tehdashinnan tulee jäädä kuitupuuta alhaisemmaksi. Kustannusvertailu osoittaa, että Pallarin kanto-harvesteriin perustuva korjuuketju on nyt kehitetty niin pitkälle, että realistisia edellytyksiä tuoreen kanto- ja juuripuun hyväksikäytölle on vuoden 1974 tammikuussa vallinneessa tilanteessa olemassa.

6. PÄÄTELMÄ

Metsäteollisuuden Keskusliiton asettaman työryhmän ja Metsäntutkimuslaitoksen monivuotisen tutkimus- ja konekehittelytyön tuloksena on kehitetty ensimmäinen tuoreen kanto-puun korjuuseen soveltuva monitoimikone, Pallarin kantoharvesteri. Sen käyttöön perustuvassa korjuuketjussa voidaan juuripuu toimittaa tehtaalle tavanomaiseen kuitupuuhun verrattuna kilpailukykyisin hinnoin. Jos vertailukohteeksi otetaan järeän tukkipuun kaltainen marginaali-erä, on kanto- ja juuripuu oleellisesti halvempaa. Huomattakoon kuitenkin, että kanto- ja juuripuulle ei ole tässä yhteydessä laskettu kantohintaa.

Korjuututkimusten luotua käyttökelpoisen ja toimintavarman menetelmän riippuu kanto- ja juuripuun hyväksikäytön alkuunlähtö nyt metsäteollisuusyritysten asenteista ja investointipäätöksistä. Ratkaiseva merkitys tulee olemaan kantojen tehdaskäsittelyyn tarvittavan lisälaitteiston kustannuksilla sekä toisaalta tehdaslaitteistojen kannattavuuden edellyttämän suhteellisen suuren kanto- ja juuripuumäärän saannin varmuudella. Laitteinvestoinnit tuskin näet kannattavat, ellei vuosittainen kanto- ja juuripuumäärä nouse useihin kymmeniin tuhansiin kiintokuutiometriin.

Suurenkaan puumäärän talteenotto heti alkuvaiheessa tuskin kuitenkaan aiheuttanee ainaakaan korjuukonekannasta johtuvia vaikeuksia.

Kantoharvesterin peruskoneena käytettävää kairukonetta on maassamme vuoden 1974 alkaessa 71 kappaletta. Harvesterin nosto- ja paloittelulaitteen markkinoinnista huolehtii peruskoneen maahantuojat. Yhdellä harvesteri-perävaunuyhdistelmällä voidaan korjata noin 2000 k-m³ kanto- ja juuripuuta työhön käytettävissä olevan puolivuotiskauden kuluessa.

Maamme vuotuisissa hakkuissa jää käyttämättä 4 milj. tonnia (kuivana) läpimitaltaan yli 5 cm:n paksuista kanto- ja juuripuuta. Siitä puolet on avohakkuualoilla tai niitä vastaavissa korjuuoloissa (HAKKILA 1972). Metsäntutkimuslaitoksessa tehtyjen vielä julkaisemattomien laskelmien mukaan on teknisesti mahdollista korjata edellä mainitusta määrästä Pallarin kantoharvesteriin perustuvien menetelmien 0.5 – 0.7 milj. tonnia eli 1.0 – 1.5 milj. k-m³.

Sulfaattimassateollisuutemme puunkäyttö, jätetee mukaan luettuna, oli vuonna 1970 yhteensä 12.7 milj. k-m³ (Metsätilastollinen...) Kantoharvesterilla nykynäkymien valossa korjattavissa oleva kanto- ja juuripuumäärä merkitsee siis 10 %:n lisäysmahdollisuutta edelliseen. Metsäteollisuuden Keskusliiton asettaman tehdaspään kantoryhmän kokeet taas ovat osoittaneet, että tavanomaiseen raaka-aineeseen lisätty 10 %:n kanto- ja juuripuusekoitus ei vaikuta oleellisesti valkaisuomattoman sulfaattimassan ominaisuuksiin.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- HAKKILA, PENTTI. 1972. Mechanized harvesting of stumps and roots. Lyhennelmä: Kanto- ja juuripuun koneellinen korjuu. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 77.1.
- HAKKILA, PENTTI ja MÄKELÄ, MARKKU. 1973. Harvesting of stump and root wood by the Pallari Stump harvester. Lyhennelmä: Kanto- ja juuripuun korjuu Pallarin kantoharvesterilla. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 77.5.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1970. 1971. Folia Forestalia 130.
- Metsätraktoreilla tapahtuvan puutavarankuljetuksen ohjemaksut Etelä-Suomessa 1.2. 1973 – 31.1.1974. 1973.
- Tie- ja vesirakennushallitus. 1973. Vuokrattujen työkonoiden enimmäisohjevuokrat 1.10.1973 lukien.

- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alkukehitykseen.
The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50
- No 162 Veijo Heiskanen, Antero Kuronen & Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja tukkilukuun perustuvat sahapuiden kuutioimistaulukot.
Volume tables for saw timber stems based on the breast height diameter and the number of log per stem. 1,50
- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu.
The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2, —
- No 165 Metsätilastollinen vuosikirja 1971.
Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralajitaulukot.
Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom. Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—
- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus.
Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus.
Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa.
Estimation of the share of waste bolts in pile measurements. 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoiuvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingsstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa.
The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland.
Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksoinen ennustaminen.
Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen.
The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana.
Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa.
The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Riikonen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla.
Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa.
Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation. 2,50.
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä.
The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla.
The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50

- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana.
On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50.
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—.
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta.
Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—.
- 1974 No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypisistä ja geneettisestä vaihtelusta.
Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—
- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa.
Cutting behaviour of private forest owners in Eastern Finland.
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa.
On the supply of roundwood in Finland.
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72.
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä.
Methoden für die annährende Schätzung des Holzsortenstruktur.
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Hebisidirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista.
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides.
- No 195 Metsätilastollinen vuosikirja 1972.
Yearbook of forest statistics 1972.
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed.
Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen.
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in northern Finland.
- No 198 Eskko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit.
Timber cutting motives of forest industry enterprises.
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta.
Dry-weight scaling based on chip samples.
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimusia Pallarin kantoharvesterista.
Further studies of the Pallari Stumparvester. 2,—