

ODC
332.2
861.0

FOLIA FORESTALIA 292

METSÄNTUTKIMUSLAITOS·INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE·HELSINKI 1976

PENTTI HAKKILA

KANTOPUU METSÄTEOLLISUUDEN
RAAKA-AINEENA

STUMPWOOD AS INDUSTRIAL
RAW MATERIAL

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto

- 1974 No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkiin lajittelu sahaukseen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmisen: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikkinen: Korvuvaneritukkiin kuutiointi. 1,50.
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaitte.
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämaläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- 1975 No 222 Veli-Pekka Jarveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.
Forestry behaviour of private forest owners in Finland 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Haktila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteen määrä.
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. 1,50
- No 225 Metsätalostollinen vuosikirja 1973.
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae) 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausten menetelmä ("pölkky-menetelmä").
A wage-payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method). 4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.
Revolving Sprinkler 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Sahatukkiin todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Karri Löyttyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäköymät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaaminen ja laadunmääritys Suomessa
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland. 3,—
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat greenhouse experiments. 1,50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuun kiintomittavuuden määrittämisestä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuun, järea kuitupuun sekä likipituinen havukuitupuun. Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material. 2,—

FOLIA FORESTALIA 292

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1977

Pentti Hakkila

KANTOPUU METSÄTEOLLISUUDEN RAAKA-AINEENA

Stumpwood as industrial raw material

ODC 332.2: 861.0
ISBN 951-40-0252-0
ISSN 0015-5543

HAKKILA, P. 1976. Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.
Summary: Stumpwood as industrial raw material. *Folia For.* 292: 1–39

Katsaus antaa yleiskuvan kantopuun käytön nykytilasta ja kehitysnäkymistä Suomen oloissa. Siinä selostetaan tarjolla olevia kantopuumääriä ja puun teknisiä ominaisuuksia, korjuumenetelmiä, kantomurskeen valmistusta sulfaattikeiton edellyttämään muotoon sekä talteenoton seurannaisvaikutuksia.

Kantopuu muodostaa merkittävän lisäraaka-ainereservin suomalaiselle sulfaattimassateollisuudelle. Maassamme kehitettyä korjuu- ja prosessiteknikkaa käyttäen kantomurskeen tehdaskustannus jää ilman kantohintaa alhaisemmaksi kuin tavanomaisen kuitupuuhakkeen. Kun kantopuun hyödyntäminen näyttää suotavalta myös metsällisistä syistä, kantopuun käytön voidaan olettaa laajenevan jo lähitulevaisuudessa.

The publication is a situation report on the current state and development prospects of stumpwood in Finland. The emphasis is on the amounts of wood available, the present harvesting methods and handling of stumpwood at the mill before sulphate cooking. Recent development of harvesting and processing technology seems to make the sulphate pulping of Scots pine and Norway spruce stumps profitable in Finnish conditions.

ISBN 951-40-0252-0
ISSN 0015-5543

Helsinki 1977. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Suomalainen metsäteollisuus alkoi kiinnostua puitten juurakkoihin kätkeytyvästä maanalaisesta kuitureservistä viime vuosikymmenen alkupuolella. Ensimmäiset laajat kokeet tehtiin Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiön toimesta. Vuosikymmenen lopulla pantiin Metsäntutkimuslaitoksen johdolla alulle yhteispohjoismainen hakkuutähdetutkimus, joka tähtäsi muun muassa kantojen ja juurien hyödyntämiseen. Työ vauhdittui edelleen, kun Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto ryhtyi tukemaan kanto- ja prosessimenetelmien kehityä. Perustietojen ja kokemusten karttuessa kehitys eteni 1970-luvun alussa odottamattoman nopeasti.

Tutkimusohjelman päättyttyä seurasi kuitenkin kriittinen vaihe, jolloin kehitys oli vaarassa tyrehtyä. Tuolloin Joutseno-Pulp Osakeyhtiö lähti rohkeasti kokeilemaan kanto- ja juurien hyväksikäyttöä tutkimuksen luomalta pohjalta käytännön mittakaavassa. SITRAn tukemana yhtiö pääsi sekä kanto- että prosessitekniikassa piankin niin pitkälle, että se vuonna 1975 saattoi ensimmäisenä maailmassa ilmoittaa ryhtyvänsä valmistamaan sulfaattimassaa avohakkuualueiden tukkipuitten juurakoista.

Kiinnostus kanto- ja juurien kohtaan heräsi tämän jälkeen kaikissa tärkeimmissä metsätalouksissa. Erityisesti Suomessa ja Ruotsissa useat yhtiöt selvittelevät mahdollisuuksia aloittaa kanto- ja juurien käyttö vielä kuluvalle vuosikymmenelle. Mackmyraan Ruotsissa on Stora Kopparbergs Bergslags AB:n ja Korsnäs-Marma AB:n yhteisvoimin rakenteilla vuosikapasiteetiltaan

450 000 k-m³ kantoasema, joka suunnitelmien mukaan valmistuu vuoden 1977 lopussa.

Käsillä oleva katsaus pyrkii kokoamaan kanto- ja juurien hyväksikäyttöön liittyvää perustietoutta ja siten helpottamaan äkkinäisesti syntyneen tiedon tarvetta. Koska polttoturvesoilta saatavan liekopuun osalta on käytettävissä kaksikin katsausta (MÄKELÄ 1973, PIESALA 1976), tämä raportti rajoittuu vain metsätalouden tuottamaan avohakkuualueiden kanto- ja juuripuuun.

Katsausta kootessani olen saanut apua useilta alan asiantuntijoilta, joille lausun parhaat kiitokseni. Heitä ovat erityisesti toimitusjohtaja EINO MÄKILÄ ja kaupallinen johtaja PAULI NYHOLM Joutseno-Pulp Osakeyhtiöstä, teollisuusjohtaja V. OLAVI SEPPÄLÄINEN Korpivaara Oy:stä, johtaja OVE TALLBERG ja projekti-insinööri KAUKO KUMPULAINEN Korpivaara Oy Konekemiasta, urakoitsija KYÖSTI PALLARI ja edustaja JUHANI LEINONEN Tervolan Konepajasta, professori KULLERVO KUUSELA Metsäntutkimuslaitoksesta, tutkija A.R. MACLURE (Forestry Commission) Iso-Britanniasta sekä tohtori PETER KOCH (Southern Forest Experiment Station) ja professori HAROLD E. YOUNG (University of Maine) Yhdysvalloista. Fil.kand. KAIJA KANNINEN on antanut korvaamatonta apua työn eri vaiheissa. Käsikirjoituksen ovat Metsäntutkimuslaitoksen puolesta tarkastaneet prof. TAUNO KALLIO ja vs.prof. MATTI KÄRKKÄINEN.

Padasjoella joulukuussa 1976

Pentti Hakkila

SISÄLLYS

	Sivu
1. JOHDANTO	5
2. KANTOPUUN MÄÄRÄ	6
21. Kantopuun määrä puuta kohti	6
22. Korjattavissa olevan kantopuun määrä	8
3. KANTOPUUN OMINAISUUDET	9
31. Puutekniset ominaisuudet	9
32. Korjuutekniset ominaisuudet	11
33. Korjuun erikoispiirteet	13
4. KANTOPUUN KÄYTÖN ONGELMAKENTTÄ	14
5. KANTOPUUN KORJUU	15
51. Kantopuun korjuu erillisenä tavaralajina	15
Kantopuutavaran teko	15
Metsäkuljetus	22
Kaukokuljetus	22
52. Kantopuun korjuu runkopuun yhteydessä	23
6. KANTOPUUN KÄSITTELY TEHTAALLA	28
7. KANTOPUUN KORJUUN SEURANNAISVAIKUTUKSET	32
71. Vaikutus metsämaan ravinnetaseeseen	32
72. Vaikutus hyönteisiin ja sieniin	32
73. Metsämaan muokkaantuminen	34
YHDISTELMÄ	36
KIRJALLISUUS	37
SUMMARY	39

1. JOHDANTO

Kanto- ja juuripuuta ^{*)} käytettiin Suomessa aikoinaan polttoaineena sekä tervan ja puuhiilen valmistamiseen. Tervanpoltto saavutti merkittävät mittasuhteet viimeisen kerran toisen maailmansodan aikana ja sitä seuranneena pulakautena (MURTO 1951, KÄRKKÄINEN 1975). Kantopuu korjattiin yksinkertaisin menetelmin käsityökaluilla ja räjäyttämällä. Työn tuotos oli alhainen, ja palkkatason kohotessa toiminta kävi ennen pitkää kannattamattomaksi. Kun uusia menetelmiä ei löytynyt, kantopuun käyttö tyrehtyi Suomessa.

Aika työskenteli meillä näin kantopuun käyttöä vastaan. Mutta eräissä muissa maissa säilyi vielä kohteita, joissa tämäkin puutavara-laji nähtiin korvaamattomana. Puolassa (HAKKILA 1971), Yhdysvalloissa (HAKKILA 1972a) ja Neuvostoliitossa (SALMINEN 1971) kantopuu on onnistunut säilyttämään asemansa kemiallisen teollisuuden raaka-aineena näihin päiviin saakka. Kaikkialla ovat kuitenkin kysymyksessä vanhat männyn tervaskannot, eivät siis tuoreet juurakot.

Tervaskantojen uuttamisen ensisijaisena tavoitteena on männyn sydänpuun kemikaloitten talteenotto tärpättinä, mäntyöljynä, hartsina ja eeterisinä öljyinä sekä niitten edelleen jalostaminen. Uutettaessa tähteeksi jäävän puuaineen hyväksikäyttö on ollut toissijaisessa asemassa. Sen hyödyntämiseen on alettu kiinnittää vaka-

^{*)} Käsillä olevassa katsauksessa käytetään Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton hakkuutähdeprojektin metsäryhmän suosittelemaa terminologiaa:

Juurakko: Sisältää kantoleikkauksen alapuolelle jäävän puuaineen kuorineen ohutjuuret mukaan luetuina.

Kanto- ja juuripuu: Sisältää juurakon puuaineen kuorineen siltä osin kuin sen läpimitta juuren paksuimmalta puolelta täyttää 5 cm. Kun sekaannuksen vaaraa ei ole, tässä julkaisussa käytetään lyhyempää termiä kantopuu.

Kantopala: Juurakoista paloitlemalla tehty puutavara-laji, joka sisältää juuripuun 5 cm:n läpimitaan saakka.

Soiden liekopuu: Sisältää soissa turpeen sisällä olevan runko- ja kantopuun, jota saadaan lähinnä polttoturvetuomailta.

Liekopala: Soiden liekopuusta paloitlemalla tehty puutavara-laji.

vaa huomiota vasta viime aikoina. Puolassa tämä ”käytetty” tervaskantohake ohjautuu nyt lähinnä kuitulevyteollisuuteen.

Yhdysvaltain suuret kantopuu-uuttamot, Hercules Inc:n tehtaot Georgiassa ja Mississippissä sekä Tennacon tehdas Floridassa, ovat aikaisemmin polttaneet uutetun hakkeen. Vuonna 1971 ensimmäinen sulfaattimassatehdas, Interstate Paper Corp. Georgiassa, alkoi keittää ”käytettyä” tervaskantohaketta tavanomaiseen raaka-aineeseensa sekoitettuna kartongin raaka-aineeksi (DAVIS 1971, Interstate. . .1971). Sen jälkeen on ollut täysin selvää, että kantopuu soveltuu massateollisuuden lisäraaka-aineeksi. Vuoden 1976 poikkeuksellisessa markkina- ja kustannustilanteessa on kuitenkin käynyt jälleen edullisemmaksi ohjata ”käytetty” hake polttoon.

Tervaskantojen teollinen jalostaminen on vain paikallista ja taantumaan päin. Euroopan puitteissa vuotuinen käyttö jää pitkälti alle miljoonan kuutiometrin, Yhdysvalloissa se lie-nee hieman suurempi. Tervaskantovarastojen ehtyessä ja korjuun edelleen vaikeutuessa tämän teollisuudenhaaran tulevaisuus ei näytä valoisalta (STAJNIAK 1976).

Suomessa ei ole kuitenkaan rajoitettu tervaskantoihin, vaan tähtäimessä ovat tuoreet juurakot. Erityisesti sulfaattimassateollisuus, jonka laajenemispyrkimyksiä on raaka-ainepulan vuoksi kuluvan vuosikymmenen alusta alkaen jouduttu jarruttamaan, tuntee kiinnostusta kanto-raaka-ainetta kohtaan.

Kun kehitystyö viime vuosikymmenen alku-puolella käynnistyi, ei ollut saatavilla edes välttämättömintä perustietoutta kantopuun määrästä ja ominaisuuksista. Tämä luonnolli- sesti hidasti kehitystä.

Viimeksi kuluneitten kymmenen vuoden aika- kana Suomessa on toteutettu joukko ennako- luulottomia tutkimus- ja kehitysprojekteja. Mai- nittakoon vain Metsäntutkimuslaitoksen johta- ma yhteispohjoismainen hakkuutähdeprojekti, Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton kanto- puun korjuuta ja käyttöä selvitellessä työ- ryhmien toiminta sekä viimeksi Joutseno-Pul-

Osakeyhtiön käytännön mittakaavassa suorittama tutkimus- ja kehitystyö.

Takavuosien tutkimustulokset ovat hajanaisina julkaisuihin ja sisältävät osin jo vanhentunutta tietoa. Kun siirrytään tutkimuksesta käytännön toimintaan, tiedon tarvitsijoiden

joukko muotoutuu uudelleen. Käsillä olevan katsauksen tarkoituksena on antaa metsätalouden ja -teollisuuden eri piireille ajan tasalle saatettu yleiskuva tuoreen kanto- ja juuripuun käytön nykytilasta ja kehitysnäkymistä oman maamme oloja silmällä pitäen.

2. KANTOPUUN MÄÄRÄ

21. Kanto- ja juuripuun määrä puuta kohti

Tarjolla olevien puumäärien tunteminen on ehdoton edellytys käytännön korjuutoiminnan ja tehdaslaitteistojen suunnittelulle. Juurakoitten mittaaminen on kuitenkin työlästä, minkä vuoksi tiedot ovat jääneet puutteellisiksi. Kuluva vuosikymmenen alussa Metsäntutkimuslaitoksen toimesta kerättiin mittava 500 havupuujuurakon aineisto, joka ainakin Etelä-Suomen kivennäismaitten osalta antaa pohjaa suunnittelulle ja taloudellisille laskelmille (vrt. HAKKILA 1972b).

Taulukko 1 osoittaa männyn ja kuusen kanto- ja juuripuun keskimääräisen kuivapainon ja tilavuuden Etelä-Suomen kivennäismailla kuori mukaan luettuna. Taulukko rakentuu seuraavien tekijäin varaan:

– Juurenosat, joitten läpimitta ei täytä paksuudelta puoleltaan 5 cm, on jätetty huomioon ottamatta. Raja on vedetty siten, että taulukko osoittaa vain teollisuudelle käyttökelpoisen kanto- ja juuripuun määrän. Sen sijaan se ei sisällä ohuen läpimittansa vuoksi tähteeksi jäävää juuripuuta.

– Kanto- ja juuripuun kuivapainon (y , kg) ja kantoläpimitan (x , cm) välillä vallitsevat seuraavat riippuvuussuhteet:

		r	s_{x-y} , kg
Mänty:	$y = -2,0 + 0,039x^2$.92	8,2
Kuusi:	$y = -7,0 + 0,051x^2$.95	9,1

– Kuorellisen kanto- ja juuripuun puuaineen keskimääräinen tiheys on männyllä 473 ja kuusella 432 kg/k-m³. Kuutiometrit muunnetaan kuivatonneiksi kertoimilla 0,47 ja 0,43. Päinvastaiseen suuntaan muunnettaessa kertoimet ovat 2,11 ja 2,32.

Taulukko 1. Männyn ja kuusen kuorellisen kanto- ja juuripuun kuivapaino ja tilavuus Etelä-Suomen kivennäismailla. Table 1. The dry weight and volume of stump wood of pine and spruce, including bark, on mineral soil in southern Finland. Root wood under 5 cm in diameter is disregarded.

Kannon läpimitta, cm Stump diameter, cm	$D_{1,3}$, cm Dbh, cm	Mänty – Pine		Kuusi – Spruce	
		Kantopuu – Stump wood			
		Kg	k-m ³	Kg	k-m ³
16	12,0	8,0	0,017	6,1	0,014
18	13,5	10,6	0,022	9,5	0,022
20	15,0	13,6	0,029	13,4	0,031
22	16,5	16,9	0,036	17,7	0,041
24	18,0	20,5	0,043	22,4	0,052
26	19,5	24,4	0,051	27,5	0,064
28	21,0	28,6	0,060	33,0	0,077
30	22,5	33,1	0,070	38,9	0,090
32	24,0	37,9	0,080	45,2	0,105
34	25,5	43,1	0,091	52,0	0,121
36	27,0	48,5	0,102	59,1	0,137
38	28,5	54,3	0,115	66,6	0,155
40	30,0	60,4	0,127	74,6	0,173
42	31,5	66,8	0,141	83,0	0,193
44	33,0	73,5	0,155	91,7	0,213

Taulukko 1 mahdollistaa hakkuualan kanto-puun määrän laskemisen, kun puuston läpi-mittajakautuma tunnetaan. Sovellutusalue kat-taa kuitenkin vain kantoläpimitaltaan 15–45 cm:n puut. Ei ole välitöntä tarvetta arvioida tätä pienempien juurakoitten puumäärää. Järeit-ten kantojen puuttuminen sen sijaan rajoittaa taulukon käyttökelpoisuutta.

Tietoja tarvitaan myös järeistä juurakoista. Niitten puumäärä arvioidaan taulukon 2 suhde-luvuilla, jotka osoittavat kuorellisen kanto-puun kuivapainon ja tilavuuden prosentteina kanto-leikkauksen yläpuolelle jäävän rungon vastaavista mitoista.

Taulukko 2. Kanto-puun kuivapaino ja tilavuus pro-sentteina kuorellisen rungon vastaavista mitoista Etelä-Suomen kivennäismailla.

Table 2. The dry weight and volume of stumpwood, excluding root wood under 5 cm in diameter, as a percentage of the corresponding measurements of the bole on mineral soils in southern Finland, bark-on basis.

Puulaji Species	Mittasuure Measure- ment	Kantopuu- ta ^{*)} , % Stump wood ^{*)} , %		Rungon tila- vuuden selit- tämä vaihtelu, % - Vari- ance explain- ed by bole volume, %
		\bar{x}	s	
Mänty Pine	Kuivapaino Dry weight	23,6	7,0	1
Mänty Pine	Tilavuus Volume	21,5		
Kuusi Spruce	Kuivapaino Dry weight	22,4	7,2	33
Kuusi Spruce	Tilavuus Volume	20,3		

^{*)} Runko = 100 – Bole = 100

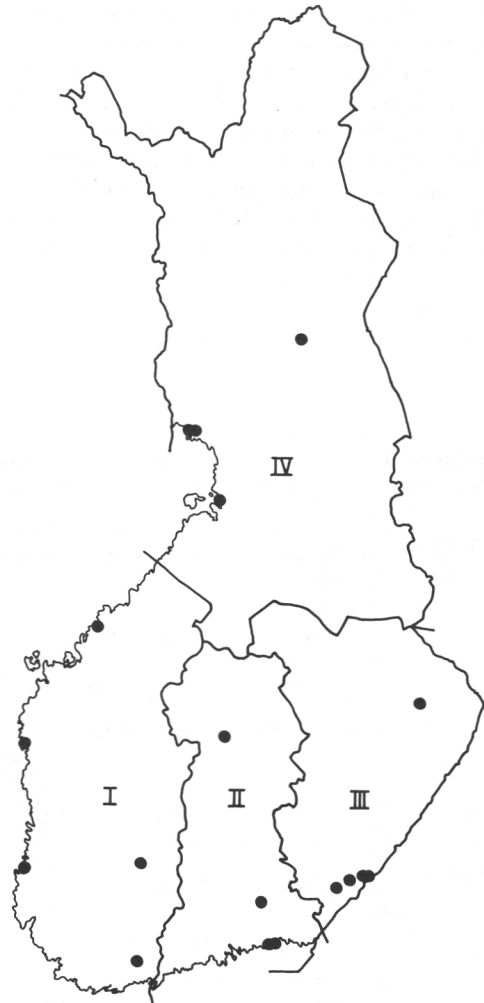
Taulukon 2 suhdeluvut edustavat kantoläpi-mitaltaan 15–45 cm:n puita Etelä-Suomen kivennäismailla. Kun niitä joudutaan käyttä-mään muissa oloissa, on syytä kiinnittää huo-miota seuraaviin näkökohtiin.

– Männyllä kanto-puun suhteellinen osuus on tutkimusaineiston puitteissa riippumaton puun koosta. Tämän perusteella luvut soveltunevat myös hieman järeämmille puille. Kuusella, jolla sivujuurien osuus on suurempi, kanto-puun suhteellinen osuus sen sijaan kasvaa puun koon mukana. Järeämmille juurakoille taulukko saattaa antaa liian alhaisia arvoja.

– Männyllä luvut soveltuvat sellaisenaan myös Pohjois-Suomeen. Kuusella kanto-puun osuus lienee pohjoisessa suurempi.

– Taulukko antaa liian alhaisia tuloksia turve-mailla. Eräs suppea ojitetun suon tukkipuustoa edus-tava aineisto osoitti kanto-puun osuudeksi kuivapainon pohjalta männyllä 37 % ja kuusella peräti 42 % (HAKKILA ja MÄKELÄ 1973).

Edellä luetellut seikat huomioon ottaen seu-raavan luvun valtakunnallisten laskelmien lähtö-kohtaksi on otettu kanto-puun tilavuusosuudeksi männyllä 21 ja kuusella 24 % runkopuuhun verrattuna. Suhdeluvut lienevät pikemminkin varovaisia kuin rohkeita. Neuvostoliitossa ja Pohjois-Amerikassa julkaistut tutkimukset tuke-vat esitettyjä tuloksia (vrt. YOUNG 1964, KEAYS 1971, HAKKILA 1972b).



Kuva 1. Sulfaattimassatehtaitten sijainti puunhankinta-alueittain.

Figure 1. The location of the sulphate pulp mills by timber districts (cf. Tables 3 and 4).

22. Korjattavissa olevan kantopuun määrä

Teollisuuden saatavissa olevan kantopuun määrä on laskettu Suomen Metsäteollisuuden Keskusliiton toimeksiannosta perussuunnitteen mukaista hakkuusuunnitetta lähtökohtana käyttäen. Koko maan hakkuusuunnitteeksi on merkitty 58,5 milj. $k\text{-m}^3$ vuonna 1980, 60,5 milj. $k\text{-m}^3$ vuonna 1990 ja 63,6 milj. $k\text{-m}^3$ vuonna 2000. Kantopuun osuudeksi on oletettu edellisen luvun mukaisesti männyllä 21 ja kuusella 24 % runkopuuhun verrattuna. Lehtipuulle on käytetty männyn arvoja.

Taulukko 3 kuvaa teoreettisesti tarjolla olevan kantopuun kokonaismäärää, jossa alle 5 cm:n paksuiset juurenosat on jälleen jätetty huomioon ottamatta. Teollisuuden käyttöön todellisuudessa saatavissa olevan – tekniset ja taloudelliset tekijät huomioon ottaen – kantopuun määrän arvioiminen on vaikeampi tehtävä. Edellytetään korjuu- ja prosessitekniiikan sekä kustannustason kehittymisen ennakoimista pitkälle tulevaisuuteen alalla, jossa käytännön toiminta on vasta alkamassa. Siihen ei ole toistaiseksi mahdollisuuksia.

Korjattavissa oleva kantopuu tarkoittaa tässä sitä osaa teoreettisesta kantopuumäärästä, joka

Taulukko 3. Vuosittaisissa hakkuissa metsään jäävän kantopuun määrä (milj. $k\text{-m}^3$) puunhankinta-alueittain (vrt. kuva 1).

Table 3. The amount of stump wood (mill. solid m^3) left in the cutting areas annually in different parts of Finland (cf. Fig. 1).

Alue District	1980	1990	2000
	Milj. m^3/v – Mill. $m^3/year$		
Kaikki hakkuut – All cuttings			
I	4,02	4,18	4,41
II	3,13	3,24	3,43
III	3,27	3,40	3,60
IV	2,57	2,63	2,69
Yhteensä Total	12,99	13,45	14,13
Avohakkuut – Clear cuttings			
I	1,90	2,17	2,21
II	1,48	1,68	1,70
III	1,56	1,77	1,80
IV	1,03	1,05	1,08
Yhteensä Total	5,97	6,67	6,79

täyttää tietyt korjuutekniset vähimmäisvaatimukset. Laskelma perustuu niin ollen leimikkoteknisiin eikä taloudellisiin näkökohtiin. Arvio muuttuu ajan mukana vain leimikkotekijöistä riippuen, ei siis ainakaan ensisijaisesti koneitten ja korjuunetelmien kehittymisen seurauksena. Koska alueellisten tietojen puutteellisuus aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin, seuraavat laskentaperusteet on pyritty valitsemaan varovaisuutta noudattaen.

– Kantopuun korjuu rajoittuu avohakkuualoille. Avohakkuista kertyvän puutavaran osuus koko hakkuusuunnitteesta kehittyä professori KUUSELAN arvion mukaan seuraavasti:

	1980	1985	1990	2000
	% hakkuusuunnitteesta			
Etä-Suomi	47	55	52	50
Pohjois-Suomi	40	40	40	40

– Korjuukohteiksi hyväksytään vain sellaiset avohakkuuleimikot, joitten runkopuun vähimmäismäärä on 300 m^3 . Tämä tuottaa 60–75 m^3 kantopuuta. Ehdon täyttää 75 % avohakkuualojen puustosta.

– Avohakkuualoillakin otetaan vain tukkipuun kokoisten runkojen kannot talteen. Ehdon täyttää 75 % avohakkuualojen puustosta.

– Leimikoista, jotka täyttävät yllä esitetyt vaatimukset, osa hylätään kivisyyden, muitten korjuuta vaikeuttavien maastotekijöiden sekä biologisten näkökohtien aiheuttamien rajoitusten vuoksi. Korjuukelpoisiksi luokitellaan jälleen 75 % leimikoista.

– Korjuussa pyritään ottamaan talteen kaikki järeysvaatimukset täyttävä kantopuu. Tästä huolimatta 10 % vaatimusten mukaisesta puutavarasta jää tähteksi.

Avohakkuualoille jää kuluvan vuosikymmenen lopussa 6,0 milj. $k\text{-m}^3$ kuorellista kantopuuta (taulukko 3). Siitä 2,4 milj. $k\text{-m}^3$ täyttää edellä asetetut korjuutekniset vaatimukset (tau-

Taulukko 4. Teknisesti korjuukelpoisen kuorellisen kantopuun määrä (milj. $k\text{-m}^3$) puunhankinta-alueittain. Table 4. The amount of technically harvestable stump wood (mill. solid m^3), including bark, in different parts of Finland.

Alue District	1980	1990	2000
	Milj. m^3/v – Mill. $m^3/year$		
I	,77	,88	,89
II	,60	,68	,68
III	,63	,72	,72
IV	,42	,42	,43
Yhteensä Total	2,42	2,70	2,72

lukko 4). Kun laskelman mukaisen kantopuun kuorisadannes on keskimäärin 11 – tehtaalle tullessaan kantopuu on tosiasiaa jo varistanut osan kuorestaan – kantopuun kuoreton määrä avohakkuualoilla on vastaavasti yhteensä 5,3 milj. $k\text{-m}^3$. Siitä voidaan katsoa korjuukelpoiseksi 2,1 milj. $k\text{-m}^3$.

Vertailuna esitetään Ruotsissa Helträdsutnyttjandeprojektin puitteissa tehty vastaava arvio. Laskelma noudattelee paljolta meillä omaksuttuja periaatteita. Eräiltä osin se on kuitenkin rohkeampi, kuten seuraavasta nähdään (NILSSON ja DANIELSSON 1976).

– Lähtökohtana on vuotuinen hakkuumäärä 75 milj. $k\text{-m}^3$, josta 45 milj. $k\text{-m}^3$ eli 60 % kertyy avohakkuista.

– Kantopuun määrä on 22,2 % runkopuun tilavuudesta, kun alle 5 cm:n juuret jätetään huomioon ottamatta.

– Kannonkorjuuleimikon vähimmäispinta-ala on 1 ha, jolloin 90 % kannokoista on kelpollisia.

– Talteen otetaan vain 20 cm:n kantoläpimitan täyttävät havupuut, jonka ehdon täyttää 85,9 % avohakkuualojen puustosta.

– Leimikon tulee olla 150 km:n säteen sisäpuolella käyttöpaikalta. Kaukokuljetusmatkaa koskevan rajoituksen täyttää 97 % kannokoista.

– Vaikean maaston ja muiden rajoitusten vuoksi osa avohakkuualoista on kannonkorjuutoiminnan ulkopuolella, jolloin 85 % leimikoista jää käytettäväksi.

Näin laskien Ruotsin avohakkuualoille jää vuosittain 10,0 milj. $k\text{-m}^3$ kantopuuta, josta

6,5 milj. $k\text{-m}^3$ on saatavissa teollisuudelle. Kun tästä vähennetään vielä kuori ja selluhaketta valmistettaessa hukkaan tai polttoon joutuva puuainne eli yhteensä 20 % kuorellisen kantopuun määrästä, massateollisuuden käyttöön arvioidaan jäävän vuosittain lopulta 5,2 milj. $k\text{-m}^3$ kuoretonta puuraaka-ainetta (NILSSON ja DANIELSSON 1976). Ruotsalainen arvio tehtaalle tulevan kuorellisen kantopuun määrästä on suomalaisen verrattuna 2,7-kertainen, vaikka laskelman lähtökohtana oleva vuotuinen runkopuun hakkuumäärä on vain 1,3-kertainen.

Metsänuudistusalojen ohella kantopuuta saadaan myös metsätalouden käytöstä poistettavilta mailta. Merkittävän ryhmän muodostavat maataloudelle siirtyvät alueet. Esimerkkinä mainittakoon laskelma, jonka mukaan Norjassa vuosittain pelloksi raivattavasta 8 000 ha:sta 3 000 ha otetaan varsinaisesta metsätalousta. Näiltä alueilta arvioidaan kertyvän 20 $k\text{-m}^3$ kantopuuta hehtaaria kohti eli vuosittain yhteensä 60 000 $k\text{-m}^3$ (GISLERUD 1975).

Hakkuualojen tuoreen kantopuun lisäksi saadaan siihen rinnastettavaa raaka-ainetta polttoturvesoitteen liekopuusta. Liekopuun käyttömahdollisuuksia on selostettu erillisissä julkaisuissa (MÄKELÄ 1973, PIESALA 1976).

3. KANTOPUUN OMINAISUUDET

31. Puutekniset ominaisuudet

Taulukko 5 on yhteenveto Metsäntutkimuslaitoksen kantopuun ominaisuuksia koskevista tutkimuksista (HAKKILA 1975). Juurakko on jaettu neljään osaan, sillä teollisuudelle tulevan kantopuun ominaisuudet riippuvat siitä, mikä osa juurakosta otetaan talteen.

Tuoreen kantopuun alkuperäinen kuorisadannes on männyllä keskimäärin 10,4 ja kuusella 11,5. Kuorta irtoaa kuitenkin juurakoita paloiteltaessa ja kuljetettaessa, joten tehtaalle saapuvassa kantopuussa on vähemmän kuorta. Miten paljon kuorta hukkaantuu, riippuu paljolti varastointiajasta. Joutseno-Pulp Osa-

keyhtiön mittausten mukaan tehtaalle tulevan paloitellun kantopuun kuorisadannes on 5–8 (TALLBERG 1976).

Meidän havupuillamme kantopuun tiheys on korkeampi kuin runkopuun. Männyllä puuaine on tiheintä varsinaisessa kannossa ja siitä haarautuvien paksujen juurien niskoissa, kuusella taas päin vastoin ohuemmissa juurenosissa. Kantopuun keskimääräinen tiheys – männyllä 473 ja kuusella 432 kg/m^3 – on 10 % korkeampi kuin kummankin puulajin tukeilla vastaavasti. Etelä-Suomen mäntykuitupuuhun (tiheys 405 kg/m^3) verrattuna männyn kantopuun tiheys on 17 % ja kuusen kantopuun 7 % korkeampi.

Taulukko 5. Kantopuun kuorisadannes, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä.
Table 5. Bark percentage, basic density and amount of acetone extractives in stump wood.

Juurakon osa Part of stump-root system	Kuorta, % Bark, %	Tiheys, kg/m ³ Basic density, kg/m ³	Asetoniuutteet Acetone extractives,	
			kg/m ³	%
MÄNTY – PINE				
Juuret – Roots				
5–10 cm	11,0	457	23,3	5,1
10–20 cm	10,1	472	21,2	4,5
20+ cm	9,5	478	38,7	8,1
Keskim. – Average	10,3	469	26,2	5,6
Vars. kanto – Stump proper	10,7	476	43,3	9,1
Kaikki – All	10,4	473	35,5	7,5
KUUSI – SPRUCE				
Juuret – Roots				
5–10 cm	15,5	467	11,7	2,5
10–20 cm	11,8	456	10,9	2,4
20+ cm	11,1	439	12,3	2,8
Keskim. – Average	12,5	452	11,8	2,6
Vars. kanto – Stump proper	9,3	394	11,0	2,8
Kaikki – All	11,5	432	11,2	2,6

Tuore kantopuu poikkeaa runkopuusta myös pihkapitoisuuden suhteen, mikä osaltaan vaikuttaa puuaineen tiheyteen. Asetoniin liukenevia uuteaineita on männyn kantopuussa 7,5 ja kuusen kantopuussa 2,6 %, kun tavanomaisen kuitupuun vastaavat arvot ovat Etelä-Suomessa männyllä 3,5 ja kuusella 1,6 %. Tervaskantojen pihkapitoisuus on vielä paljon korkeampi, jopa 20–25 % (ISOTALO 1972).

Kantopuu poikkeaa runkopuusta myös kuituominaisuksiltaan. Kirjallisuustiedot kuitujen paksuuden ja pituuden vaihtelusta juurakon eri osissa ovat kuitenkin ristiriitaisia, mikä aiheutuu ainakin osaksi puulajien eroista. Seuraava lukusarja kuvaa kuidun mittojen vaihtelua kuusen juurakossa (ESKILSSON 1972).

	Kuidun pituus, mm	Kuidun paksuus, μm	Seinämän paksuus, μm
Runko	3,07	56	2,0
Varsinainen kanto	2,16	51	1,8
Yli 25 mm:n juuret	2,29	50	2,5
Alle 25 mm:n juuret	3,34	56	2,0

Useilla puulajeilla, esimerkiksi etelän keltamännnyillä (MANWILLER 1972), kuidut pitene-

vät juurenärkeä kohti. Pitkiä kuituja tavataan kuitenkin lähinnä niissä juurensissa, jotka pienen läpimittansa vuoksi jätetään ottamatta talteen. Korjuukelpoisessa kantopuussa kuidut ovat ainakin meidän havupuillamme lyhyempiä kuin runkopuussa (LÖNNBERG 1974).

Jos juurakko voidaan tulevaisuudessa ottaa talteen rungon mukana, ylin osa varsinaisesta kannosta saattaa olla käytettävissä sahapuuksi. Tukkiosaa voitaisiin puun ominaisuuksien puolesta juokuttaa nykyisestä alaspäin vielä 20 cm (WIKLUND 1970, 1971a ja b). Tämän päivän tilanteessa kuitenkin riittää, kun tarkastellaan kantopuuta levy- ja massateollisuuden raaka-aineena.

Teknisesti kantopuu soveltuu lastu- ja kuitulevyteollisuuteen (HOWARD 1973), joskin korkea pihkapitoisuus saattaa aiheuttaa pieniä prosessitekniisiä vaikeuksia. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen ja Korpivaara Oy Konekemian yhteistyönä tehty julkaisematon tutkimus osoittaa, että lastulevyn keskikerrokseen voidaan lisätä jopa 60 % kantopuuta levyn lujuus- ja hygroskooppisten ominaisuuksien kärsimättä. Mutta kun levyteollisuus perinteisesti tukeutuu halvimpiin raaka-ainelähteisiimme, kantopuu ei

ole nykytilanteessa taloudellisesti kilpailukykyinen vaihtoehto levyjä valmistettaessa.

Näin kantopuun käyttö rajoittunee lähitulevaisuudessa massateollisuuteen. Siellä sen mahdollisuudet riippuvat toisaalta puuaineen teknisistä ominaisuuksista, toisaalta taas vielä kehitysvaiheesta olevasta hakkeen valmistus- ja puhdistustekniikasta. Koska korkea puuaineen tiheys ja pihkapitoisuus ovat eduksi sulfaattimenetelmässä, mutta vähemmän toivottavia sulfiittimenetelmässä ja hierrettä valmistettaessa, kantopuun erikoisominaisuudet viittaavat vahvasti juuri sulfaattimassateollisuuteen. Kun viimeksi mainitun vaatimukset hakkeen palakoon ja puhtauden suhteen ovat lisäksi muita lievemmat, kantopuu ikään kuin luonnostaan kuuluu sulfaattimassateollisuuden potentiaaliseen raaka-ainereserviin. Tehtaat, jotka esimerkiksi Suomessa, Ruotsissa ja Yhdysvalloissa osoittavat kiinnostusta kantopuuta kohtaan, käyttävätkin poikkeuksetta sulfaattimenetelmää. Maissa, joista sulfaattimassateollisuus puuttuu, kantopuun teollinen käyttö on vaikeammin toteutettavissa.

Sulfaattimassan saanto on kantopuusta tavanomaista alhaisempi, mikä aiheutuu suureksi osaksi korkeasta uuteainepitoisuudesta (ALESTALO ja HENTOLA 1966, ESKILSSON ja HARTLER 1973, PALENIUS 1974, ESKILSSON 1974, LÖNNBERG 1974, VIRKOLA 1976). Tämä korvaantuu paljolta kaksin- tai jopa kolminkertaisella sivutuotteitten saannolla (ISOTALO 1972, NYHOLM 1976).

Vaikka puhtaan kantomassan lujuusominaisuudet ovat heikommät kuin perinteisellä kuitupuulla, se vaikuttaa kuitujen kokoerojen ansiosista seoksena suotuisasti. Kantomassan edullinen seosvaikutus paperin pohjanmuodostukseen ja sitä tietä lujuus- ja painatusominaisuuksiin on osoitettu muun muassa säkki ja painopaperikokeissa. Useimmat sulfaattimassatehtaistamme, erikoisesti paperi- ja kartonkikoneita omistavat, voivatkin käyttää kantoja männyn runkopuuta korvaavana seosraaka-aineena siinä laajuudessa, kuin niitä korjuutekniset tekijät huomioon ottaen on tarjolla (ISOTALO 1972). Esimerkiksi Joutseno-Pulp Osakeyhtiössä on todettu, että ainakaan 10 %:n kantopuuosuus ei vielä ratkaisevasti vaikuta massan ominaisuuksiin. Interstate Paper Corp. Yhdysvalloissa käyttää vasaramylyllä käsiteltyä, uutettua tervaskantopuuta ajoittain jopa 30 %:n seossuhteessa.

32. Korjuutekniset ominaisuudet

Kannokkon korjuuta suunniteltaessa on pystymittauksen tuloksena yleensä tiedossa leimikon rinnankorkeusläpimittajakautuma. Kun rinnankorkeus- ja kantoläpimitan riippuvuusuhde tunnetaan, voidaan laskea kantojen koko ja kertyvän puutavaran määrä. Kuuselle ja männylle käytetään seuraavia yhteisiä yhtälöitä, jotka soveltuvat sekä Etelä- että Pohjois-Suomeen (HAKKILA 1972b):

$$x = 0.75 y$$

$$y = 1.33 x$$

$$x = \text{Rinnankorkeusläpimitta, cm}$$

$$y = \text{Kantoläpimitta, cm}$$

Korjuuteknisessä kehitystyössä kaivataan joskus tietoja kannon korkeudesta, jolla tässä tarkoitetaan kantoleikkauksen etäisyyttä ympäröivän maanpinnan tasosta. Suunnitteilla on esimerkiksi uudentyypisiä puunkaato-koneita kaatoleikkauksen alentamiseksi maan tasalle, jopa sen alapuolellekin. Tätä tietä kertyvän lisäraaka-aineen määrä riippuu tietenkin kannon nykyisestä korkeudesta.

Kannon korkeuteen vaikuttaa jossain määrin puun koko, niin että kannon läpimitan kasvaessa yhdellä sentillä korkeus lisääntyy vastavasti 2–3 mm. Esimerkiksi pienien tukkipuitten kannon läpimitta on 25–30 cm ja korkeus keskimäärin 11 cm. Paksun lumivaipan aikana työskenneltäessä kaatoleikkaus pyrkii jäämään korkeammalle. Ojitetuilla korpimailla kanto on niinkään korkea voimakkaasta tyvilajentumasta johtuen.

Juurakon syvyydellä tarkoitetaan tässä rungon maanalaisen jatkeen pystysuoraa ulottuvuutta siten rajattuna, että 5 cm ohuempi osa pääjuuren kärjestä jätetään huomioon ottamatta. Irrottamiseen tarvittava voima riippuu syvyydestä, sillä pinnallinen juuristo irtoaa maasta helposti. Juurakon syvyys vaikuttaa myös maahan syntyvien kuoppien kokoon.

Männyllä on voimakas paalujuuri, joka tosin ei meidän oloissamme kasva yhtä syväksi kuin lämpimämmässä maissa. Pohjois-Suomen kylmässä maaperässä männyn paalujuuri kehittyy heikosti tai puuttuu kokonaan. Veden vaivaimilla turvemilla paalujuurta ei synny edes etelässä. Kuusen juuristo on aina mäntyä pinnallisempi. Irrottamistekniikka vaihtelee niin ollen maaperästä ja puulajista riippuen.

Tukkipuumännyn juurakon keskisyvyys oli Metsäntutkimuslaitoksen aineistossa kivennäismailla Etelä-Suomessa 73 cm ja Pohjois-Suomessa 50 cm. Kuusen vastaavat arvot olivat vain 39 ja 31 cm. Vaihtelua selittää jonkin verran kannon läpimitta, jonka kasvaessa yhdellä sentillä juurakon syvyys lisääntyy kummallakin puulajilla 9 mm.

Paloittelulaitteitten ja muun kaluston mitoitaminen riippuu osin juurakon vaakasuorasta läpimitasta. Se vaikuttaa myös irrottamisen yhteydessä syntyvien laikujen pinta-alaan.

Kuusen sivujuuret ovat huomattavasti pitempiä kuin männyn. Otettaessa juuripuu huomioon 5 cm:n vähimmäispaksuuteen kantoläpimitaltaan 30 cm:n männyn juurakon läpimitta on Pohjois-Suomen kivennäismailla 1,3 m. Saman kokoisen kuusen juurakon läpimitta on Etelä-Suomen korpimailla vastaavasti 3,1 m.

Kehitystyön perimmäisenä tavoitteena on maanalaisen kuitureservin hyväksikäyttö kokonaisuudessaan. Vaihtoehtona täydelliselle hyväksikäytölle ovat toisaalta vain kannon maanpäällisen osan, kannon ja sen maanalaisen jatkeen tai lisäksi myös paksuimpien sivujuurten talteen ottaminen. Vaihtoehtojen vertailemiseksi on tunnettava k u i v a - a i n e e n j a k a a n t u m i n e n juurakon eri osien kesken.

Etelän kangasmailla yli puolet männyn kanto- ja juuripuun kuiva-aineesta on varsinaisessa kannossa ja sen jatkeena olevassa paalujuuressa (taulukko 6). Pohjoisessa sivujuurien osuus on suurempi. Suomalla kaksi kolmannesta kuiva-aineesta keskittyy sivujuuriin.

Kuusella sivujuurien merkitys on vieläkin tärkeämpi. Kangasmailla niissä on kaksi kolmannesta ja suomalla jopa kolme neljännestä kuiva-aineesta.

Taulukko 6. Kanto- ja juuripuun kuiva-aineen jakaantuminen kivennäismailla.

Table 6. The distribution of dry matter in stump and roots on mineral soil. Root wood under 5 cm diameter excluded.

Puulaji Species	Alue Location	Kanto- ja paalujuuri Stump and taproot	Sivujuuret – Laterals			Yhteensä Total
			5–10 cm	10–20 cm	20+ cm	
Osuus kuiva-aineesta, % – % of dry matter						
Mänty – Pine	Etelä – South	58	15	19	8	100
Mänty – Pine	Pohjoinen – North	49	15	22	14	100
Kuusi – Spruce	Etelä – South	35	15	25	25	100
Kuusi – Spruce	Pohjoinen – North	34	15	28	23	100

Taulukko 7. Teoreettisesti talteen saatava osuus kantopuusta eri korjuuvaihtoehtojen puitteissa.

Table 7. The portion of stump and root wood theoretically recovered in different harvesting alternatives. Root wood under 5 cm in diameter excluded.

Talteen otettu juurakon osa Portion recovered	Mänty Pine	Kuusi Spruce
	Kuiva-aineesta, % % of dry matter	
Kanto+ juuret > 5 cm – Stump+ roots > 5 cm	100	100
Kanto+ juuret > 10 cm – Stump+ roots > 10 cm	85	85
Kanto+ juuret > 20 cm – Stump+ roots > 20 cm	66	60
Kanto jatkeineen – Stump including taproot	58	35
Kannon maanpäällinen osa – Above-ground portion of stump	15	15

Kuiva-ainejakautuma osoittaa, kuinka suuri osa kanto- ja juuripuusta saadaan erilaisia korjuuvaihtoehtoja toteutettaessa talteen. Etelä-Suomen tukkipuumetsiköissä päästään teoreettisesti taulukon 7 lukuihin. Käytännön korjuutyössä puuta kuitenkin tuhlaantuu jonkin verran.

Kokonaisten juurakoitten pinoitiheys on erittäin alhainen, suuruusluokaltaan vain 0,1. Kuljetuskustannusten alentamiseksi juurakot on paloiteltava. Pinoitiheyteen vaikuttavat juurakon alkuperäinen koko, pilkkomismenetelmä, palakokojakautuma, ohuitten juurten määrä, kuormaustapa, puhdistuksen ja ladonnan huolellisuus, jne.

Pilkkominen nostaa pinoitiheyden 2–4 -kertaiseksi. Pollarin kantoharvesterilla paloitellun kantopuun pinoitiheys on tehtaalle saapuessaan Joutseno-Pulp Osakeyhtiössä 0,27–0,36 (NYHOLM 1976).

33. Korjuun erikoispiirteet

Kanto- ja juuripuu poikkeaa korjuutekniseltä kannalta perinteisistä puutavaralajeista. Merkittävä piirre on yksiköitten pieni koko. Rinnankorkeusläpimitaltaan 30 cm:n männystä saadaan Etelä-Suomen oloissa 300 kiloa runkopuuta mutta vain 63 kiloa kantopuuta. Tästä syystä korjuu käy kalliiksi ja vain järeitten kannokojen hyödyntäminen on taloudellisten mahdollisuuksien ulottuvilla.

Luonteenomainen piirre on myös leimikkokoa kohti kertyvän puutavaran niukkuus. Keskimääräisessä avohakkuuleimikossa on vain 70–80 k-m³ kantopuuta. Raskaita koneita ei kannata siirtää pienimmille työmaille, joten osa leimikoista on jätettävä korjaamatta. Juohea siirrettävyys on kannonkorjuukoneille eduksi.

Avohakkuualoilta kertyy runkopuuta keskimäärin 86 k-m³/ha (SAVOLAINEN 1970).

Kantopuuta on vastaavasti 20 k-m³/ha. Vähäinen kertymä pinta-alayksikköä kohti alentaa tuotosta korjuukustannuksia rasittaen.

Kannonkorjuussa tarvitaan suuria voimia. Jo 20–35 cm:n männynkannon irrottaminen suoralla nostolla edellyttää 700–800 kN:n voimaa (FIOLEK 1961). Vääntöliike kuitenkin helpottaa työtä, jolloin tuore 26–30 cm:n männynkanto irtoaa vain 70 kN:n voimalla (KIŠENKO, UNT, KOMŠILOV, GERASIMOV ja ABOL 1962). Mutta tähänkin tarvitaan järeä kone, ja pienten yksiköitten käsittely raskaalla kalustolla nostaa kustannuksia. Juurakon vanhettessa voimantarve tosin vähenee nopeasti (GOLOB, TSAY ja MACLEOD 1976).

Juurakoissa on aina epäpuhtauksia. Kivet ja irtain maa estävät leikkaavilla terillä pilkkomisen. Hakettaminen on tavattoman vaikeata. Huolellinenkaan puhdistus ei ratkaise ongelmaa. Kiviä näet löytyy myös kannon sisältä. Suomaat ovat kuitenkin poikkeus.

Irrotustyö rajoittuu kauteen, jolloin maa on sulja ja lumeton. Erikoiskaluston seisottaminen nostaa pääomakustannuksia kantopuukuutiometriä kohti. On eduksi, jos peruskonetta voidaan käyttää muihinkin tarkoituksiin. Paloittelun osalta työ käykin myös talvella.

Kokonaisten juurakoitten pinoitiheys on riittämätön kaukokuljetusta silmällä pitäen. Se paranee paloittelemalla mutta on parhaimmillaankin ehkä vain puolet pölkkymuotoisen havukuitupuun tiheydestä. Mitä pienemmäksi miestyön osuus pilkottaessa supistuu, sitä epätydyttävämmäksi pinoitiheys pyrkii jäämään. Tämä kohottaa kuljetuskustannuksia ja rajoittaa hankinta-aluetta.

Nämä tekijät kohottavat kantopuun korjuukustannuksia perinteisiin raaka-aineisiin verrattuina. Teollisuus ei voi saada kantopuusta kovinkaan halpaa raaka-ainetta. Nykyhetken kustannustasolla ei ole mahdollista maksaa kantohintaa, mutta metsänomistajan hyväksi koituu eräitä muita etuja.

4. KANTOPUUN KÄYTÖN ONGELMAKENTTÄ

Kantopuu muodostaa määrällisesti huomionarvoisen raaka-ainelähteen. Se soveltuu hyvin sulfaattimassateollisuuden käyttöön. Miksi se sitten on jäänyt hyödyntämättä?

Ensimmäiseksi on todettava kehityksen edellyttämien perustietojen puutteellisuus. Vain runkopuun tuotantoon vihkiytynyt metsäntutkimus jätti kantopuun pitkään laskelmien ulkopuolelle. Vasta muutama vuosi sitten ryhdyttiin kartoittamaan välttämätöntä perustietoutta. Niin pian kuin perustiedot vihdoin olivat käytettävissä, kantopuun merkitys metsäteollisuuden raaka-ainereservinä tiedostettiin.

Mutta ylitsepääsemättömänä esteenä teolliselle käytölle oli korjuuteknikan puuttuminen. Koneet oli suunniteltu runkopuulle, eivätkä ne sellaisenaan soveltuneet korjuuteknisesti toisenlaiselle puutavaralle.

Kantopuun korjuuta vaikeuttavat kappaleitten pieni koko, alhainen kertymä, koneilta vaadittavat suuret voimat, heikko pinotiheys, työn rajoittuminen osittain lumettomaan kauden sekä kivet ja muut epäpuhtaudet. Raskaan koneen tuotos pyrkii jäämään vain murto-osaan totunnaisesta vähimmäistavoitteesta.

Tällaisessa kustannustilanteessa talteenoton kannattavuus jää riippumaan kantohintasuhteista. Jos pinotavaran kantohinta on alhainen, kantopuun talteenotto tuskin tulee kysymykseen. Päinvastaisessa tapauksessa kantopuun korkeat korjuukustannukset sen sijaan ovat tiettyyn rajaan saakka kompensoitavissa kantohinnasta tinkimällä. Ei siis ole sattuma, että kantopuu korjuun kehittäely käynnistyi ensinnä juuri Suomessa, korkean kantohinnan maassa.

Korjuuvaiheen vaikeimmaksi kitkatekijäksi otaksutaan monasti juurakon irrottaminen maasta. Todellinen pullonkaula on kuitenkin paloitteleminen kaukokuljetuksen ja tehtaan jatkokäsittelyn edellyttämään muotoon. Kun kehittelyn painopiste oli aluksi pitkään irrottamisessa, paloitteleminen jäi ketjun heikoksi lenkiksi, johon korjuu viime kädessä kariutui.

Pää käytännön toiminnalle avautui vuonna 1972. Tuolloin valmistui sekä irrottamisesta että paloittelemasta suoriutuva monitoimikone,

Pallarin kantoaharvesteri. Oli luotu menetelmä, jonka pohjalta kävi mahdolliseksi toimittaa kantopuuta suurteollisuudenkin tarpeisiin. Halpaa raaka-ainetta kannoista ei tätäkään tietä tosin tullut. Kantopuun korjuukustannukset tuskin milloinkaan putoavat runkopuun tasolle.

Korjuumenetelmän syntyminen ei kuitenkaan riittänyt ratkaisemaan kantopuun hyödyntämisen ongelmaa. Vieläkin vaikeammin ylitettävä este näet oli tehdaspäässä. Sulfaattimassan keitto-prosessin tiedettiin kyllä olevan hallittavissa, mutta sitä ennen kantopuu oli saatettava keitto-prosessin edellyttämään muotoon.

Vaikeudet juontavat juurensa kannonpalojen epäsäännöllisestä, haketusta hankaloittavasta muodosta sekä kivi- ja hiekka-aineksesta. Hakettaminen on törmännyt terien kohtuuttomaan kulumiseen, alhaiseen tuotokseen, puunhukkaan ja laadullisesti epätydyttävään hakkeeseen. Terävien terien käyttö on osoittautunut mahdottomaksi.

Vaikeuksien välttämiseksi kivet on yritetty poistaa ennen hakettamista. Kivettömän hiekkaan kantopuun rumpukuorintaa käytetään pienessä mittakaavassa International Paper Companyn sulfaattimassatehtaalla Panama Cityssä Floridassa. Kun kantopuussa on meidän oloissamme myös sisään kasvaneita kiviä, ulkoinen puhdistaminen ei yksinään takaa täällä tyydyttävää tulosta (ISOTALO 1971).

Kantopalojen sisäisten kivien paljastamiseksi on etsitty kivenilmaisinta. Sen mahdollisuuksia on aikoinaan selvitelty Suomessa (ISOTALO 1972), ja Ruotsissa siihen kiinnitetään huomiota Helträdsutnyttjandeprojektin puiteissa (GREDBORN 1976). Kivien poistaminen avaisi mahdollisuuden leikkaavien terien käytölle ja hakkeen laadun parantamiselle. Menetelmän tiellä on kuitenkin ratkaisemattomia ongelmia, ja Suomessa on toistaiseksi luovuttu kivien poistamisen vaatimuksesta.

Kesällä 1975 Joutseno-Pulp Osakeyhtiö käynnisti kantomurskelaitoksen, jossa kiviä ja hiekkaa sisältävät kantopalat voidaan saattaa sulfaattikeittoon kelvolliseen muotoon. Suur-

tenkin puumäärien käsittely mahdollistui sekä teknisesti että taloudellisesti. Kantopuun käytön vakavin este poistui tehdaspään osalta.

Metsäteollisuudella on nyt reaaliset mahdollisuudet laajentaa raaka-ainepohjaansa myös kantopuuhun.

5. KANTOPUUN KORJUU

51. Kantopuun korjuu erillisenä tavaralajina

Kantopuun hankinta käsittää runkotavaran tavoin kolme päävaihetta: puutavaran teko, lähikuljetus ja kaukokuljetus. Teko poikkeaa perinteisestä korjuutyöstä monin tavoin. Kaadon, karsimisen ja pölkyttämisen sijalle astuvat maasta irrottaminen, puhdistaminen ja paloittelu. Vain kasaus on kummallekin yhteistä. Kuljetuksen osalta erot ovat vähäisempiä.

Kantopuutavaran teko

Käsillä oleva katsaus kuvaa ensisijaisesti korjuutekniikan nykytilaa, ei niinkään taakse jäänyttä tai tulevaa kehitystä. Tekovaiheen osalta päähuomio kiinnitetään Pollarin kantoharvesteriin. Tämän monitoimikoneen ympärille näet rakentuvat tärkeimmät menetelmät, joitten varassa toistaiseksi on mahdollista korjata merkittäviä määriä kantopuuta suurteollisuuden raaka-aineksi.

Ensimmäiset kantoharvesterit aloittivat jatkuvan työskentelyn Joutseno-Pulp Osakeyhtiön työmailla kesällä 1974, jonka jälkeen korjuutekniikka vakiintui. Myöhemmin Tervolan Konepaja on kehittänyt kantoharvesterista uuden muunnoksen yhteistyössä ruotsalaisen Stora Kopparbergs Bergslags Ab:n kanssa.

Kantoharvesterin peruskoneena on useimmissa tapauksissa teloilla kulkeva kaivukone. Yleisimmin käytettyjä ovat Orenstein-Koppelin RH 4 ja RH 6. Kotimaiset LOKOMO 325 ja Lännen 1880T kaivukoneet sekä Valtra UM 475 kaivuri soveltuvat niinkään. Ruotsissa on peruskoneena käytössä myös pyörillä kulkeva Kockums 880 kaato-kasauskone (kuvat 2–5).

Työskentely pohjautuu peruskoneen puomin päähän kiinnitettävään nosto-paloittelulaitteeseen. Kaivukone, joka on varustettu esteettömästi kääntyvällä puomilla, voi nostaa samalta

sijalta toimien useita juurakoita, yleensä 2 tai 3. Kaivurin toimintaa hidastaa puomin rajoitettu kääntösäde, mutta toisaalta peruskone on kustannuksiltaan oleellisesti halvempi.

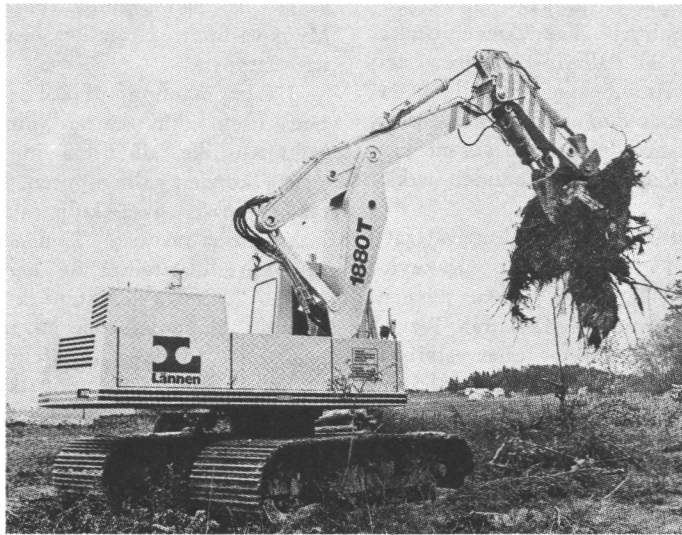
Alkuperäinen, RH 4 koneeseen mitoitettu KH-16 nosto-paloittelulaite (kuva 6) painaa 750 kg. Sen ytimen muodostaa puomin yläpuolisella hydraulisynterillä liikuteltava leikkuuterä, joka painuu haarukkamaisen vastaterän haarojen väliin puuta paloiteltaessa. Leikkuuosan suurin avautuma on 65 cm ja kidan syvyys avoasemassa 54 cm. Terän paksuus on 40 mm ja teräkulma 34°. Puomia konetta kohti vetämällä tapahtuvaa irrotusta varten vastaterän alapuolella on kaksi hammasta 32 cm:n etäisyydellä toisistaan. Hampaitten pituus on 48 cm. Myös vastaterinä toimivia haarukoita käytetään irrotustyössä.

Järeitä männynjuurakoita nostettaessa tarvitaan usein niin suuria voimia, että puomin koukistusliike aiheuttaa juurakon irtoamisen sijasta koneen kallistumisen. Heiluminen hidastaa työtä ja lisää kuljettajaan ja koneeseen kohdistuvaa rasitusta. Tämän välttämiseksi nosto-paloittelulaitteesta on kehitetty uusi malli (kuva 7), jonka leikkuuterä sylintereineen on puomin alapuolella ja kaksipuolinen irrotushaarukka omine sylintereineen puomin yläpuolella. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan peruskoneen vakavuus on parempi ja työn tuotos korkeampi alkuperäiseen malliin verrattuna (FRYK ja NYLINDER 1976).

Pollarin kantoharvesteri voi haluttaessa suorittaa kaikki kannonkorjuun tekovaiheen tehtävät: irrottamisen, puhdistamisen, paloittelun ja kasauksen. Työtekniikka ja työskentelyjärjestys vaihtelevat olosuhteista riippuen. Tärkeä merkitys on puulajilla, juurakon koolla, maaperällä, maastolla, kantopalojen laatu- ja kokovaatimuksilla sekä työhön mahdollisesti liittyvällä maanmuokkauksella. Joutseno-Pulp Osakeyhtiön viimeaikaisissa kokeissa pelkkä irrottami-



Kuva 2. RH 6 kaivukone varustettuna KH-120 nosto-paloittelulaitteella.
Figure 2. RH 6 excavator equipped with a KH-120 extraction-splitting device.



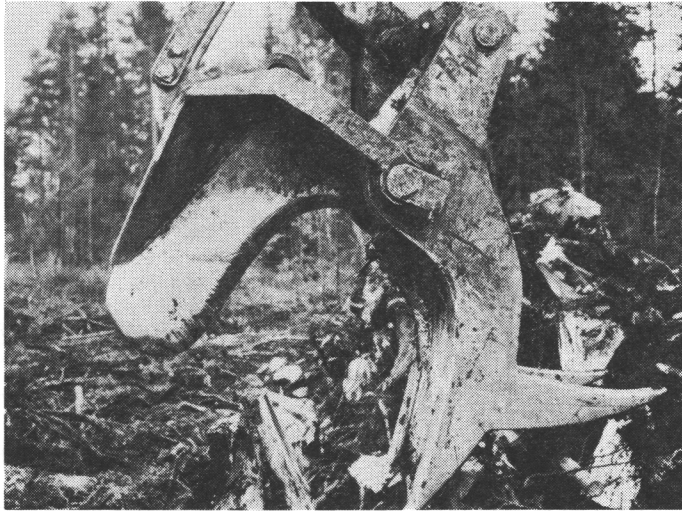
Kuva 3. Lännen 1880 T kaivukone varustettuna KH-120 nosto-paloittelulaitteella.
Figure 3. Lännen 1880 T excavator equipped with a KH-120 extraction-splitting device.



Kuva 4. Kockums 880 kaato-kasauskone varustettuna KH-120 nosto-paloittelulaitteella.
Figure 4. Kockums 880 feller-buncher equipped with a KH-120 extraction-splitting device.



Kuva 5. Valtra UM 475 kaivuri varustettuna KH-10 nosto-paloittelulaitteella.
Figure 5. Valtra UM 475 equipped with a KH-10 extraction-splitting device.



Kuva 6. KH-16 nosto-paloittelulaite (kuva Joutseno-Pulp).
Figure 6. KH-16 extraction-splitting device (photo Joutseno-Pulp).



Kuva 7. KH-116 nosto-paloittelulaite (kuva Joutseno-Pulp).
Figure 7. KH-116 extraction-splitting device (photo Joutseno-Pulp).

nen on onnistunut hyvin myös yksinkertaisella kantokoukulla (kuva 8), jolloin harvesteria on käytetty vain paloittelemiseen ja siihen liittyvään puhdistamiseen. Samaa menetelmää käytetään menestyksellä myös Iso-Britanniassa, kun juurakot poistetaan metsänuudistusosalta maanousemasienien hävittämiseksi.

Irrottamisen vaatima voima riippuu juurakon syvyydestä. Etelä-Suomen kivisten kankaitten järeät männynjuurakot ovat syvine paalujuuri- neen vaikeasti irrotettavissa. Eteläisemmissä maissa paalujuuri kehittyy usein kuitenkin vielä paljon syvemmäksi.

Pienet juurakot irrotetaan kokonaisina nosto-paloittelulaitteella tai kantokoukulla kannon tai sivujuuren tyvestä vetämällä. Jos järeitten juurakoitten irrottaminen tuottaa vaikeuksia, kanto-osa voidaan harvesteria käytettäessä halkaista leikkuuterällä jo ennen irrottamista.

Suurille kuusenuurakoille soveltuu tekniikka, jossa paksut sivujuuret repäistään irti yksitellen poikkisuuntaan vääntäen. Irrottaminen ja paloittelu tehdään siis samanaikaisesti.

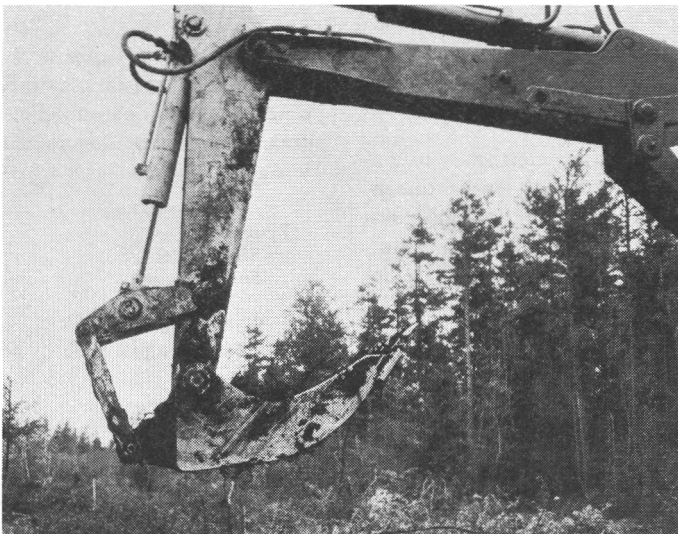
Palakokoa säädellään tehtaen vaatimuksista riippuen. Paloitteluun yhdistyy puhdistaminen juurakkoa pudottelemalla ja ravistelemalla. Epäpuhtauksia ja ohuita juuria poistetaan korjuukelpoisesta tavarasta.

Ensimmäisissä kokeissa harvesteri varustettiin 4,6 m³:n perälaatikolla, jota käytettiin

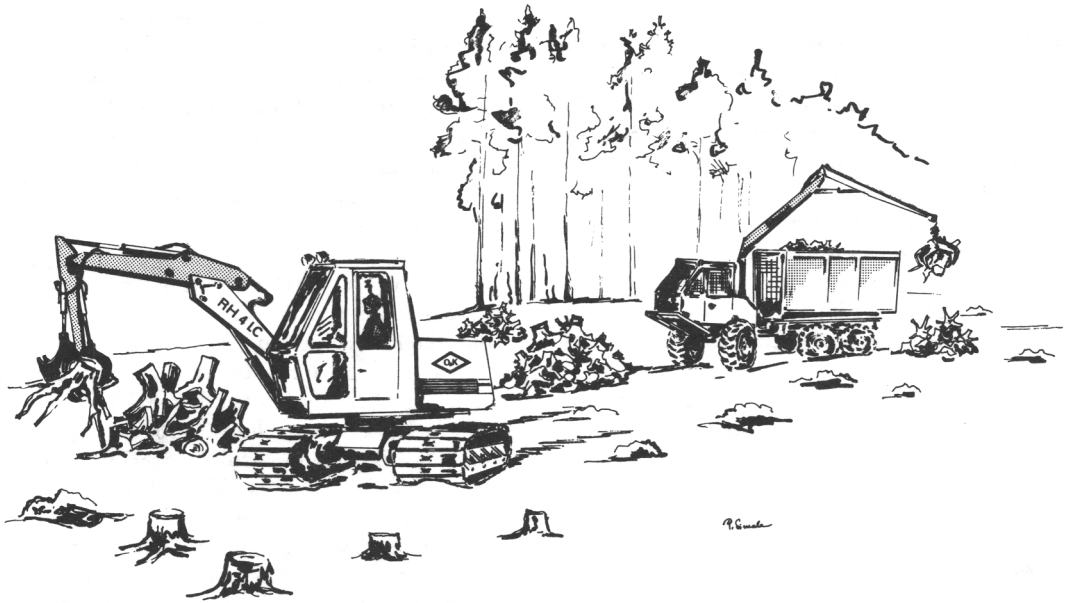
kantopalojen kasaukseen. Seuraavassa vaiheessa perälaatikko korvattiin 15–20 m³:n peräkär-ryllä, joka oli tarkoitettu myös lyhyen matkan lähikuljetukseen (HAKKILA ja MÄKELÄ 1974). Nämä menetelmät eivät kuitenkaan saavuttaneet jalansijaa käytännössä. Paloittelu suoraan kasoihin palstalle ja sitä seuraava lähikuljetus kuormatraktorilla osoittautuivat edullisemmiksi (kuva 9).

Joutseno-Pulp Osakeyhtiön omaksumassa menetelmässä nosto-paloittelulaitteella tai kantokoukulla varustettu kaivukone tai kaivuri nostaa irrottamansa juurakot paloittelemattomina kasoille. Juurakot pilkotaan myöhemmin samalla tai eri koneella 30–50 cm:n paloiksi. Jos hidaslukkeinen kanto-harvesteri joutuu käymään samoilla paikoilla kahdesti, välitön tuntu- tuotos laskee. Mutta varsinainen nostotyö voidaan näin keskittää kesäkaudelle, ja paloittelussa riittää harvesterille työtä vielä maan rou- taannuttuakin. Kasoilla juurakot puhdistuvat sateen vaikutuksesta, mikä helpottaa paloittelua ja puhdistusta.

Suomessa on kanto-harvesterissa käytetty lähinnä KH-16 ja KH-20 nostopaloittelulaitteita, joita ei ole varustettu ylimääräisellä alasynterillä. Menetelmä on osoittautunut erittäin toimintavarmaksi. Tuotos on kuitenkin pysytellyt verraten alhaisena, männyn juurakoilla pala-koosta riippuen keskimäärin 1,5 k-m³ paloittel-



Kuva 8. Kantokoukku (kuva Joutseno-Pulp).
Figure 8. Stump ripper (photo Joutseno-Pulp).



Kuva 9. Kantopuun korjuutyömaa (Paavo Simola).
Figure 9. Harvesting stumpwood (Paavo Simola).

tua kantopuuta käyttötuntia kohti. Kustannusten pääosa syntyy juuri nosto- ja paloitteluvaiheessa, kuten seuraava vuoden 1975 tasoa edustava asetelma osoittaa (NYHOLM 1976).

Kustannustekijä	%
Nosto ja kasaus	28
Erillinen paloittelu	35
Lähikuljetus	12
Kaukokuljetus	25
Kantohinta	—
Tehdashinta	100

Pallarin kantoharvesteria alettiin vuonna 1974 kokeilla myös Ruotsissa. Peruskoneen vakavuus ei kuitenkaan ollut irrotusvaiheessa täysin tyydyttävä, ja paloittelulaitteen avautuma ja leikkuuvoima osoittautuivat järeille juurakoille riittämättömiksi (NILSSON, CARLSSON ja RICHARDSSON 1975).

Stora Kopparbergs Bergslags AB jatkoi kokeita seuraavana vuonna järeämmän RH 6 peruskoneen pohjalta. Tuntituotos nousi järeässä kannokossa 2–3 k·m³:iin paloiteltaessa juurakko koostaan riippuen vain 2–5 osaan (FRYK ja NYLINDER 1976). RH-6 kaivukone varustettiin sitten jatkotutkimuksissa uudella KH-120 nosto-paloittelulaitteella, jonka tärkeimmät tekniset tiedot ovat seuraavat.

Leikkuuvoima paloittelussa	580 kN
Murtovoima irrotuksessa	250 kN
Paino:	
Varsi sylintereineen	1050 kg
Nosto-paloittelupää	870 kg
Varren pituus	250 cm
Suurin avautuma	110 cm
Leikkuuterän paksuus	50 mm
Leikkuuterän kulma	70°

Irrottamisaika supistui uuden nosto-paloittelulaitteen ansiosta olosuhteista riippuen neljänneksellä tai jopa puolella. Ajankäytön jakautuma muodostui seuraavaksi (NYLINDER 1976a).

Työvaihe	Osuus, %
Siirtyminen	4–7
Irrottaminen	30–40
Puhdistaminen	25–35
Kasaminen	15–25
Lopullinen paloittelu	5–10
Muuta	10–15

Asetelman kuvaamassa työssä paloittelu tapahtui osin jo irrottamisen yhteydessä, osin välittömästi sen jälkeen. Paloittelu-aika on siis itse asiassa asetelman osoittamaa suurempi. Suomalaiseen käytäntöön verrattuna työtä helpotti se, että juurakko paloiteltiin vain 2–5 osaan. Kun palojen lukumäärä juurakkoa kohti

nostettiin 8–12, harvesterin tuotos laski 20–25 %.

RH 6/KH-120 yhdistelmän tuotos on ruot-salaisessa tutkimuksessa ollut jopa kaksinker-tainen varhaisempiin suomalaisiin tutkimuksiin verrattuna. Raskas peruskone pääsee KH-120 nosto-paloittelulaitteella varustettuna oikeuk-siinsa nimenomaan järeitä juurakoita korjat-taessa (vrt. NYLINDER ja ÅKERMAN 1976).

Nosto-paloittelulaitetta valmistetaan seuraa-vina malleina peruskoneen järeiden mukaan.

Peruskoneen paino, t	Perusmalli	Kaksisynterinen malli
5– 8	KH-10	(KH-110)
8–13	KH-16	KH-116
13–25	KH-20	KH-120

Vuoden 1975 loppuun mennessä Tervolan Konepaja oli toimittanut yhteensä 57 nosto-paloittelulaitetta. Ne jakaantuivat maittain seu-raavasti.

	Malli						Yht.
	KH-10	KH-16	KH-20	KH-20K	KH-116	KH-120	
Suomi	1	21	7		1	2	32
Ruotsi			5	1		17	23
Norja		1					1
Ranska			1				1
Yht.	1	22	13	1	1	19	57

Kantoharvesterimenetelmä on luotettava ja toimintavarma, mutta runkopuuta korjaaviin monitoimikoneisiin verrattuna tuotos on alhai-nen. Nosto-paloitteluvaiheen korkeat kustan-nukset, yli 60 % tavarahan tehdashinnasta (vrt. NYHOLM 1976), on tällä hetkellä kompen-soitava kantorahasta luopumalla. Suurien määrien hankinta kuitenkin edellyttäne metsäntuot-tajalle maksettavaa kantorahaa.

Kantopalojen kustannus tehtaalle tuotuna on nykyisin menetelmin niin korkea, että kanto-hinnan maksamiseen ei ole mahdollisuuksia. Korjuukustannusten alentamiseksi nosto- ja pa-loittelutyötä on edelleen tehostettava. Koska kantopuun korjuu on uusi tehtävä metsätalou-den kentässä, on odotettavissa, että menetelmät kehittyvät edelleen nopeasti. Esimerkiksi seu-raavat mahdollisuudet ovat käytettävissä:

– Jos kantopuuta on tarjolla ylimäärin, toiminta keskitetään järeisiin ja muutoin edul-lisiin leimikoihin. Kustannuksethan riippuvat voimakkaasti juurakoitten koosta.

– Paloitteluvaatimuksia lievennetään pala-kokoa suurentamalla. Rajoittavia tekijöitä ovat pinoitiheyden alentuminen ja tehtaan kanto-murskaimen syöttöaukon mitat.

– Kantoharvesterin edelleen kehittäminen sekä eri peruskonevaihtoehtojen testaaminen taloudellisimman yhdistelmän löytämiseksi irrottamis- ja paloittelutyölle.

– Uusien korjuukoneitten ja -menetelmien kehittäminen mukaan lukien myös väli-varastolla tapahtuvaan paloitteluun perustuvat ketjut.

Varhaisemmista kannonkorjuukoneista on julkaistu aikaisemmin useitakin yhteenve-toja (CZEREYSKI, GALINSKA ja ROBEL 1965, HAKKILA 1972b ja 1974, NYLINDER 1976b). Kantojen raivauksesta on niinkään ilmestynyt vastikään kaksi laajaa katsausta (HARRISON 1975, WALKER 1976). Useita näissä julkai-suissa kuvatuista koneista käytetään tervas-kantojen korjuussa ja raivattaessa kantoja hak-kuualalta, mutta niitten varaan ei ole kyetty rakentamaan suurteollisuuden vaatimukset tyy-dyttävää tuoreen kantopuun korjuuta.

Viime aikoina on esitetty eräitä uusia rat-kaisuja, jotka kaikki ovat vielä prototyyppi-asteella. Mainittakoon vain seuraavat koneet:

– Nisulan kantoloukku (vrt. NISULA 1975) sekä siitä edelleen kehitetty Orasvuon kanto-palakone (kuva 10) (vrt. HARSTELA ja TER-VO 1975, MELKKO 1976), jotka kumpikin soveltuvat lähinnä polttoturvesoitteen liekopuun paloitteluun väli-varastolla. Orasvuon kantopala-koneessa liekopuu pudotetaan koneen keskellä olevaan syöttöaukkoon, jonka pohjalla olevassa leikkuupesässä hydraulisesti liikuteltava terä-kelkka suorittaa paloittelun. Paloiteltu puu siirtyy seulantapöydälle, jonka läpi turve ja muu hienoaines varisee. Kolakuljetin siirtää seulotun puuaineksen kasaan tai auton lavalle, ja epä-puhtaudet levitetään koneen alta heittokiekolla. Palakoko, joka ei vaikuta koneen kapasiteettiin, on säädeltävissä teräkelkan pystyterien luku-määrää muuttamalla.

– Österbergs Fabriks AB:n kahden koneen ketju, jonka muodostavat ÖSA 635 kannon-pilkkoja ja ÖSA 615 kannonnostaja. Pilkkoja, joka kiinnitetään esimerkiksi kaato-kasausko-neen puomiin, halkaisee kannon ristinmuotoi-sella kiilalla irrottaen samalla palaset ympär-öivästä maaperästä. Jäljessä seuraava kuorma-traktoriin sovitettu kannonnostaja noukkii pala-set maasta, katkaisee ne tarvittaessa hydraulisel-la leikkurilla, ravistaa irtaimen maan pois ja asettaa palat lopulta kuormaansa. Tavoitteena



Kuva 10. Orasvuon kantoloukku (kuva Korpivaara Oy Konekemia).
Figure 10. Orasvuo stump splitter (photo Korpivaara Oy Konekemia).

on yhdistää kumpikin laite samaan peruskoneeseen.

Metsäkuljetus

Kantopalojen kuljetus ei tuota vaikeuksia. Joutseno-Pulp Osakeyhtiössä metsäkuljetuksen kustannus oli vuoden 1975 tasolla 12 % kantuopuun tehdashinnasta (NYHOLM 1976). Ruotsalaiset kokemukset viittaavat hieman korkeampiin kustannuksiin (NYLINDER 1976).

Pallarin kantoharvesteria kehiteltäessä kokeiltiin menetelmää, jossa harvesteriin kytkettiin 15–20 m³:n kipattava peräkärri lyhyen matkan metsäkuljetusta varten. Menetelmä ei osoittautunut kilpailukykyiseksi. Vaihtoehto, jossa nosto-paloittelulaite sijoitetaan lähikuljetuksen suorittavaan kuormatraktoriin, on vielä testattavana.

Kantopalat kuljetetaan välivarastolle nykyisin edullisimmin kuormatraktorilla. Siihen on kuitenkin hyvä tehdä eräitä muutoksia. Koska kantopalojen pinotiheys on alhainen (vrt. MÄKELÄ 1972), kuormatila tulee rakentaa mahdollisimman suureksi. Korkeat laidat voidaan tehdä teräslevystä tai -verkosta. Lisäkynsillä ja pidennetyllä tartuntapinnalla varustettu kantokoura helpottaa kuormausta (vrt. JONSSON 1975).

Harvesteri jättää kantopalat verraten edullisiin kasamuodostelmiin, joista taakan ottaminen käy kantokouralla vaivatta. Yksittäisten

palojen noukkimiseen tuhlantuu kuitenkin aikaa. Kuormaus- ja purkamisvaiheen tuotos kasvaa palakoon mukana. Purkaminen nopeutuu ratkaisevasti, jos kuormatraktori varustetaan kipillä.

Juurakoitten poistamisen jälkeen ajoneuvojen liikkuminen on yleensä vaivatonta. Joutseno-Pulp Osakeyhtiö on eräissä tapauksissa voinut ajaa kantuopuun kuorma-autolla suoraan palstalta. Huonosti kantavilla mailla maanpinnan rikkoutuminen kuitenkin lisää kiinnijoutumisen vaaraa.

Ruotsalaisissa kokeissa, joissa vakiorakenteisella puutavarakouralla varustetun metsätraktorin kuormatila oli 18 m³, metsäkuljetuksen tuntituotos oli 300–400 m:n matkalla 6 k-m³. Puolet tehotyöajasta kului kuormaukseen ja purkaukseen, toinen puoli traktorin siirtymiseen (FRYK ja NYLINDER 1976). Kun koura muutettiin uudelleen ja kuormatila muutettiin kippattavaksi, tuntituotos nousi 8,5 k-m³:iin. Kuormatila suurentamalla tuotoksen oletetaan nousevan vielä tästäkin (vrt. NYLINDER 1976). Tuolloin yksi kuormatraktori riittäisi palvelemaan kolmea kantoharvesteria.

Kaukokuljetus

Pääosa kantuopuusta on kuljetettava tehtaalle kuorma-autolla. Seuraava asetelma antaa kuvan kantuopuun etäisyydestä käyttöpisteistä, jos kaikki vuonna 1975 sulfaattimassaa valmista-

neet tehtaamme ottaisivat sitä vastaan. Käyttöpisteitten harventuessa kuljetusmatkat luonnollisesti kasvavat.

Hankinta-alueen säde sulfaattimassatehtaitten ympäriällä, km	Osuus kaikesta kantopuusta, %
50	28
100	69
200	100

Kantopalojen pinotiheys on alhainen, ja joukossa on painoa lisääviä epäpuhtauksia. Kaukokuljetuskustannukset nousevat korkeammiksi kuin runkopuulla.

Pinotiheys riippuu palojen koosta. Ruotsalaisessa tutkimuksessa, jossa kuorma tehtiin mahdollisimman tiheäksi paloja huolellisesti sijoittelemalla ja kouralla painelemalla, kanto-puun kuutiometripaino nousi 240 kilosta 330 kiloon, kun palakoko putosi 55 dm³:sta 12 dm³:iin. Kun kuormauksessa ei kiinnitetty huomiota pinotiheyden parantamiseen ja palat olivat suuria, kuutiometripaino oli vain 158 kiloa (HANSEN 1976).

Joutseno-Pulp Osakeyhtiön työmailla kanto-puun kuutiometripaino on seuraavan asetelman mukainen (NYHOLM 1976). Jo 300 kg:n kuutiometripainoa voidaan pitää tyydyttävänä, sillä 80 m³:n kuormatilalla varustettu täysperävaunullinen auto saa siitä lähes enimmäiskapasiteettiaan vastaavan 24 tonnin kuorman. Vertailuna on eräitten muitten sulfaattimassateollisuuden raaka-aineitten keskimääräisiä kuutiometripainoja metsäpäässä kuljetuksen alkaessa.

	Tuorepaino kg/m ³	Kuiva-ainetta kg/m ³
Kantopalat, mänty	270–330	130–160
Kantopalat, kuusi	250–290	120–145
2 m kuitupuu, mänty	495	260
2–3 m kuitupuu, mänty	410	215
Sahanhake, mänty	350	150
Kokopuu, mänty	340	155
Sahanpuru, mänty	310	145

Kantopuun kuljetukseen soveltuu parhaiten täysperävaunullinen hakeauto, jonka kuormatila tulee rakentaa mahdollisimman suureksi. Laitojen on oltava lujempitekoiset kuin hakkeella.

Kuormaus tapahtuu edullisimmin kantokouralla, joka voidaan muotoilla vakiomallisesta puutavarakourasta. Kuormain voi olla autokohmainen tai vaihtoehtoisesti erillisellä alustalla tai metsätraktorissa. Kantopuun pienehköt lei-

mikkokertymät rasittavat erillisellä alustalla kulkevan kuormauskoneen kustannuksia. Yhdysvaltain tervaskantotyömailla käytetään autokuljetuksessa myös kontteja, joihin kanto-puuta siirretään suoraan kuormatraktorista (vrt. NYLINDER 1976b).

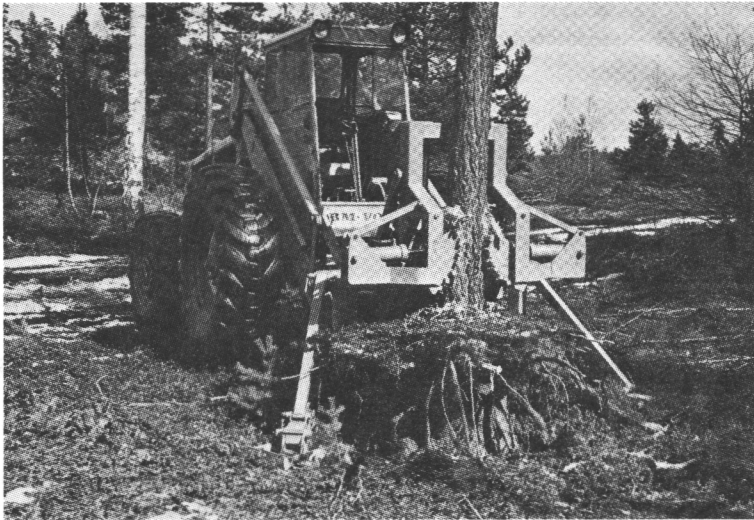
Joutseno-Pulp Osakeyhtiö hankkii kanto-puun tällä hetkellä varsin suppealta alueelta tehtaan ympäristöstä. Lyhyestä matkasta johtuen kuljetus tapahtuu perävaunuttomalla autolla. Useissa tapauksissa kuorma-auto ottaa kantopalat suoraan palstalta. Vuonna 1975 kustannukset olivat 25 % tehdashinnasta (NYHOLM 1976). Kustannukset ovat matkaan nähden korkeat, mutta niitä voitaneen alentaa kalustoa kehittämällä.

Mikäli kanto-puun korjuu laajenee Suomessa yli koko maan, kuljetusmatkat venyvät pidemmiksi kuin runkopuulla keskimäärin. Käyttöpisteet kun rajoittuvat vain sulfaattimassatehtaisiin. Kantopalojen rautatiekuljetus käy silloin tarkoituksenmukaiseksi, sillä pitkillä etäisyyksillä kanto-puun autokuljetuskustannukset nousevat korkeiksi (vrt. ANDERSSON 1976). Tämä koskee erityisesti liekopuuta, sillä polttoturvesuot ovat yleensä rautatieyhteyksien tuntumassa. Yhdysvalloissa tervaskantopuuta kuljetetaan rautateitse jopa 650 km:n takaa.

52. Kantopuun korjuu runkopuun yhteydessä

Puutavaran korjaajaa kiehtoo ajatus runko- ja kanto-puun samanaikaisesta talteenotosta. Suunnittelu, valvonta ja koneitten siirtely vähensivät. Juurakon irrottaminen tapahtuisi runkopuun korjuun yhteydessä kustannuksiakaan ehkä aiheuttamatta, ja ylin osa kannosta voitaisiin käyttää myös sahapuuna. Tähän tähtäävistä yrityksistä mainittakoon maataloustraktorin tai pyöräkuormaajan taakse kiinnitettävä Hydrastumper 50, joka nostaa puun maasta juurakkoineen tukijalkojensa varassa (kuva 11). Sen heikkoutena on rungon vahingoittuminen ja likaantuminen, eikä pelkkä juurakon nostaminen suinkaan ratkaise kanto-puun korjuuketjua kokonaisuudessaan. Sivujuurineen irrotettu juurakko joudutaan katkaisemaan moottorisahalla irti rungosta nostopaikalla tai viimeistään väli-varastolla.

Ruotsalainen Elektro Diesel AB on kehittänyt prototyyppiasteelle Treemax kokopuuharvesterin. Peruskoneena on alkuvaiheessa ollut Allis Chalmers 645 pyöräkuormaaja (kuvat



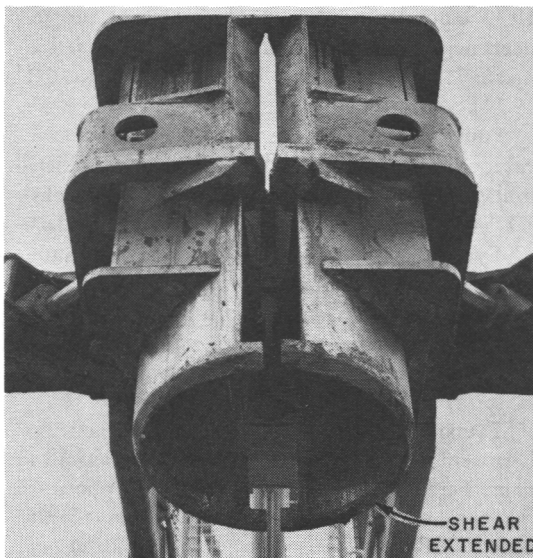
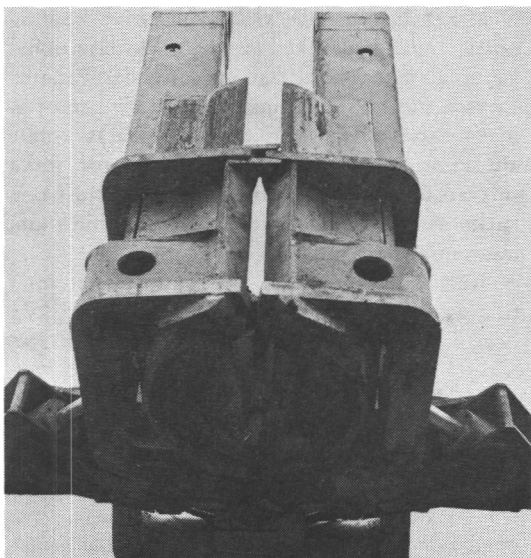
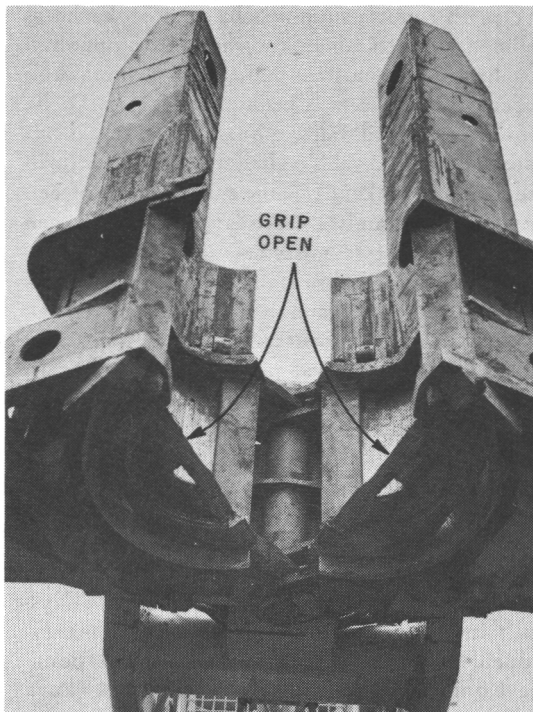
Kuva 11. BM Volvo kuormaaja varustettuna Hydrastumper puunirrottajalla.
 Figure 11. BM Volvo loader equipped with a Hydrastumper tree picker.



Kuva 12. Treemax kokopuuharvesterin prototyyppi irrottamassa puuta maasta. Peruskoneena Allis Chalmers kuormaaja (kuva Mikko Kantola).
 Figure 12. Treemax complete tree harvester prototype in extraction work. Basic machine Allis Chalmers loader (photo Mikko Kantola).



Kuva 13. Treemax kokopuuharvesterin prototyyppi leikkaamassa sivujuuria (kuva Mikko Kantola).
 Figure 13. Treemax complete tree harvester in shearing laterals (photo Mikko Kantola).



Kuva 14. Rome TX-1600 lähikuvassa (kuvat Peter Koch)

- a) Pihdit puun ympärillä
- b) Laite avattuna
- c) Laite suljettuna, lieriöleikkuri ylhäällä
- d) Laite suljettuna, lieriöleikkuri alhaalla

Figure 14. Close-ups of the Rome TX-1600 (photos Peter Koch)

- a) Grip closed on tree
- b) Grip open
- c) Grip closed, tubular shear in basic position
- d) Grip closed, tubular shear extended

12 ja 13), mutta suunnitteilla on nostokarsintaelimen kiinnittäminen kuormatraktorin puomin päähän. Kone nostaa puun maasta juurakkoi- neen ja karsii sen jälkeen sivujuuret kolmella runkoa myötäilevällä, yhden metrin sekunti- nopeudella iskevällä veitsiterällä. Menetelmän suurimmat vaikeudet aiheutuvat nosto-otteen rungolle tuottamista vaurioista sekä sivujuurien karsintaterien tylsytymisestä.

Toinen mahdollisuus on koko juurakon sijas- ta tähdätä vain kannon maanalaisen jatkeen talteenottoon. Luovutaan sivujuurista, jotka männyllä muodostavat puolet ja kuusella peräti kaksi kolmannesta juurakon puuaineesta. Paalu- juuri sen sijaan voidaan säilyttää rungossa kiinni jopa tehtaalle saakka, joskin aleneva pinotiheys ja epäpuhtaudet kohottavat varsinaisen runko- puun käsittely- ja kuljetuskustannuksia.

Kannon ja rungon samanaikaisen korjuun tiellä on pisimmälle edennyt Rome TX-1600 kokopuuharvesteri, joka on kehitetty Yhdys- valtain etelävaltioitten kivettömille keltamänty- alueille Southern Forest Experiment Stationin ja Rome Industries yhtiön yhteistyönä (kuva 14). Kahdella prototyyppikoneella vuodesta 1973 lähtien tehdyt laajat kokeet ovat tuotta- neet myönteisiä tuloksia ja rohkaisevat jatka- maan (KOCH 1976, COUGHRAN ja KOCH 1974).

Puun kantoineen nostava laite kiinnitetään vakiovarusteineen pyöräkuormaajaan pikaliitti- millä. Peruskoneina ovat toimineet toistaiseksi JD 544 B ja Caterpillar 920 (kuvat 15 ja 16).

Työn alkaessa kokopuuharvesteri ajaa puun juurelle pyöräkuormaajasta rakennetun kaato- kasuskoneen tapaan. Hydraulinen tarttumate- rä työntyy tyven molemmilta puolilta vaaka- suunnassa runkoon puuta katkaisematta. Kone saa pitävän nosto-otteen.

Tämän jälkeen tyven ympärille sulkeutuva lieriöterä alkaa runkoa myötäillen työntyä alas- päin. Terä, jonka paksuus on 19 mm, uppoutuu maahan katkaisten sivujuuret tieltään. Terän edettyä 28 cm:n syvyyteen lieriön ulkoreunan levikkeet törmäävät maan pintaan ja estävät terää jatkamasta edemmäksi. Hydraulisyliinterin työntövoima pakottaa nyt runkoon painautu- neet tarttumaterät toimimaan puuta ylöspäin nostavana tunkkina. Puu nousee paalujuurineen 23 cm:n matkan ja irtoaa lopullisesti maasta. Tämän jälkeen pyöräkuormaaja nostaa puun ylös kuin porkkanan ja kasaa sen kuljetuksen edellyttämään muodostelmaan.

Koneen käyttö rajoittuu kivettömille maille.

Menetelmä soveltuu myös harvennusleimikoi- hin. Tässä mielessä sen mahdollisuudet ovat laajemmat kuin näitten menetelmien, joissa koko juurakko repäistään ylös sivujuurineen. Viimeksi mainittuja kun tuskin voidaan hyväk- syä harvennushakkuisiin. Rome TX-1600 ko- neen odotetaan valtaavan lähivuosina jalansijaa keltamäntyviljelmien harvennus- ja avohak- kuissa.

Prototyyppikoneen lieriöterän läpimitta on 56 cm. Tämä rajoittaa myös puun enimmäis- koon. Kun kantoläpimitta on lieriötä pienempi, sivujuurien tyngät jäävät vastaavasti paalujuuren yhteyteen. On harkittu mahdollisuutta varustaa kone teräsarjalla, josta kulloinkin käytettäisiin puun läpimittaa parhaiten vastaavaa. Kehittelyn alaisena on myös kuormaajan nostovarsien ja irrotuslaitteen väliin asennettava täristysmekani- smi, jolla tähdätään voimantarpeen pienentä- miseen. Tältä osin ohjelma toteutetaan yhteis- työssä L.B.Foster Companyn kanssa.

Kannon ja paalujuuren talteenotto on lisän- nyt keltamännyn raaka-ainekertymää 18-35 %. Kokopuunnostaja käsittelee 1-2 rinnankorkeus- läpimitaltaan 12-30 cm:n puuta minuutissa.

Menetelmä ei ole vielä yleistynyt käytän- nössä, mutta poikkeuksena on International Paper Companyn sulfaattimassatehdas Panama Cityssä Floridassa. Tämä tehdas kykenee otta- maan vastaan näin korjattua puutavaraa kolme autokuormallista vuorokaudessa. Rungot, jotka tulevat tehtaalle karsittuina ja paalujuurineen, katkotaan ja ohjataan kuorimarumpuihin muu- hun puuhun sekoittuen.

Kuvatulle tekniikalle rakentuvat menetelmät tulevat eittämättä kohtaamaan suuria vastuksia Pohjoismaitten oloissa. Mainittakoon vain seu- raavat.

- Menetelmä soveltuu ainoastaan kivettö- mille hakkuualoille, meillä siis vain hiekka- ja turvemaille. Sitä tuskin voidaan käyttää myös- kään routaantuneessa maassa.

- Nykyisellään menetelmä soveltuu keh- nosti sahapuulle, sillä syvälle puuhun tunkeutu- vat tartuntaterät voittavat runkoa. Keltamänty- alueella käytetään järeitäkin puuta yleisesti massateollisuudessa, joten ongelma ei ole siellä yhtä merkityksellinen.

- Keltamäntyjen juurakossa sivujuurien osuus on vaatimaton. Meillä sen sijaan käyttö- kelteisestä puuaineesta sijaitsee sivujuurissa männyllä puolet ja kuusella kaksi kolmannesta.

Edellisestä huolimatta Pohjois-Euroopassakin kehitellään menetelmää, jossa paalujuuri korja-



Kuva 15. Rome TX-1600 kokopuuharvesteri asettamassa puuta kasalle. Peruskoneena JD 544 B kuormaaja (kuva Peter Koch).

Figure 15. Rome TX-1600 harvester mounted on a JD 544 B loader (photo Peter Koch)



Kuva 16. Rome TX-1600 kokopuuharvesterilla paalujuurineen korjattua keltamäntyä väli-varastolla (kuva Peter Koch).

Figure 16. Yellow pine harvested with taproot attached by Rome TX-1600 harvester (photo Peter Koch).

taan rungon mukana. Österbergs Fabriks AB on rakentanut kokopuuharvesterin prototyypin, joka niinkään katkaisee sivujuuret ennen kuin puu vedetään maasta. Ongelmana lienee kuitenkin terien ja rungon vahingoittuminen (JONSSON 1976).

Tässä luvussa kuvatut tulevaisuuden kokopuuharvesterit tarjoavat pitkällä tähtäyksellä

suuriakin mahdollisuuksia puuraaka-aineen talteenoton tehostamiselle. Pohjois-Euroopan metsämailla edellytetään kuitenkin vielä pitkäaikais- ta kehitystyötä, ennenkuin ne soveltuvat käytännön metsätalouteen. Kantopuun käyttö masateollisuuden lisäraaka-aineena on toistaiseksi pohjattava menetelmiin, joissa talteenotto tapahtuu rungon korjuusta erillisenä työvaiheena.

6. KANTOPUUN KÄSITTELY TEHTAALLA

Massatehtaalla kantopuu on saatettava keittoprosessin edellyttämään muotoon. Kantopalojen pienestä koosta, epäsäännöllisestä muodosta, hiekasta ja kivistä johtuen on miltei mahdotonta valmistaa palakokojakautumaltaan yhtä säännöllistä haketta kuin pinotavarasta.

Käsittelymenetelmän valinnan kannalta ratkaisevin tekijä on kantoraaka-aineen hiekka- ja kiviaines. Ne näet estävät tavanomaisten hakurinterien käytön, jolloin haketuksen sijasta on tyydyttävä murskaukseen (vrt. KOIVULEHTO 1966 ja 1969).

Murske ei tosin sellaisenaan täytä massa-teollisuuden hakkeen perinteisiä laatuvaatimuksia. Pelkästä murskeesta tehty massa jää lujusominaisuuksiltaan keskimääräistä heikommaksi, mutta esimerkiksi 10 %:n sekoitteena murske tuskin huonontaa massan lujutusta.

Yhdysvaltain etelävaltioissa, joissa pääosa metsämaista on kivettömiä, ongelma rajoittuu vain hiekkaan. Tervaskantoja uuttavassa teollisuudessa voidaan siitä syystä tyytyä kantojen pesuun vesisuihkulla. Sen jälkeen kannot, jotka sivujuurten lahoamisen seurauksena ovat kuorttomia ja muodoltaan pölkymäisiä, ohjataan spiraalihakkuun. Tikkujae murskataan vielä vasaramyllyssä. Näin työstetty raaka-aine soveltuu uuttoprosessiin. Uuttamisen jälkeen sitä on käytetty jopa 30 %:n seossuhteessa sulfaattimassateollisuudessa.

International Paper Companyn koetyömaalla Floridassa paalujuurineen korjatut keltamännytuodaan tehtaalle kokorunkoina, jotka pölkytetään autokuormassa rumpukuorinnan edellyttämään pituuteen. Paalujuuret jäävät tyvipölkkyihin ja ohjautuvat muun puutavaran mukana rumpuun. Koska kysymyksessä ovat kivettömät

maat, tavara voidaan tämän jälkeen hakettaa terävin terin. Hiekka kuitenkin nopeuttaa terien tylsistymistä, minkä vuoksi paalujuurellista puuta hyväksytään tällä hetkellä vain kolme auto-kuormallista päivässä.

Suomen oloissa ongelma on monin verroin vaikeampi. Kantopalat voidaan tosin meilläkin saattaa oikeankokoisilla railla varustetussa kuorimarummissa ulkoisesti puhtaiksi (vrt. ISOTALO 1972). Mutta kannoissa on aina myös puun sisään kasvaneita kiviä ja hiekkapesäkkeitä, joita ei voida poistaa. Rumpukuorinta ei yksinään mahdollista kivennäismaitten kantopuun hakettamista terävin terin.

Rumpukäsittelyn jälkeen vielä kiviä sisältävät kantopalat on poistettava ennen haketusta. Puun sisäisten kivien paljastaminen on mahdollista laboratoriossa (vrt. GREDBORN 1976), mutta tehdasmittakaavassa tekniset ja taloudelliset tekijät asettavat rajoituksia. Ilmaisin ei saa aiheuttaa pitkäaikaisia katkoja puuvirran kulussa kohti hakkuria, ja sen tulee paljastaa pienetkin kivet. Gamma- tai muita säteitä käytettäessä kivenilmaisimen toimintaan vaikuttavat kantopalojen koko, ohi kulkevien palojen tiheys ja nopeus, puun kosteus, kuori, pihka, puuaineen tiheys ynnä muut tekijät. On myös pidettävä mielessä, että puun sisällä irrallaan tai pesäkkeissä oleva hiekka on vaikeasti paljastettavissa ja pyrkii siten jäämään teriä tylsistytämään.

Kivenilmaisimen tiimoilla on tehty tutkimustyötä sekä Suomessa (vrt. ISOTALO 1972) että Ruotsissa (vrt. GREDBORN 1976), mutta ongelmaa ei ole onnistuttu ratkaisemaan käytäntöä tyydyttävällä tavalla. Siitä syystä Suomessa on päädytty murskausperiaatteen hyväk-

symiseen, sillä vain sen pohjalta on voitu luoda meikäläisiinkin oloihin soveltuva kantopuun käsittelytekniikka. Toisaalta meillä on osoitettu, että murskattuakin kantopuuta voidaan lisätä sulfaattimassan raaka-aineeseen ainakin 10 % lopputuotteen laadun kärsimättä.

Koko maailmankin huomioon ottaen ainutlaatuinen kantomurskeasema kehitettiin vuosina 1973–75 Joutseno-Pulp Osakeyhtiön toimesta. Nykyisessä muodossaan (kuva 17) laitos käynnistyi kesällä 1975, minkä jälkeen se on tuottanut yli 100 000 i-m³ kantomurskettä.

Joutseno-Pulp Osakeyhtiön kantopalojen enimmäisohjemit on 30 x 70 cm. Sivujuureton kantomurikka saa olla mitoiltaan myös 50 x 50 cm. Kantopalojen pinotiheys on 0,27–0,36. Kuorta on 5–8 %. Hiekan, kivien, humuksen ja muitten epäpuhtauksien osuus on 8–12 %.

Joutseno-Pulp Oy:n kehittämällä periaatteella toimivia kantomurskelaitoksia toimittaa Korpivaara Oy Konekemia. Laitos, jonka lohko-kaavio on esitetty kuvassa 18, toimii seuraavalla periaatteella.

Paloitellut kannot nostetaan tärysyöttimelle kauhakuormaajalla, autonosturilla tai syöttönostimella. Tärysyötin erottaa kannoista irta-ainaa multaa, hiekkaa ja pieniä kiviä sekä siirtää kannot iskupalkkimurskaimen syöttökuljetti-

melle. Hylkyaines johdetaan omalla kuljettimella jätealueelle.

Murskain on rakennettu niin vahvaksi, että läpimitaltaan alle 20 cm:n kivet eivät aiheuta vaurioita. Murskatun puun enimmäiskoko on 5 x 25 cm. Murske siirretään hihnakuljettimella pesuriin, jossa voimakkaat vesisuihkut ja -pyörteet irrottavat siitä epäpuhtaudet.

Kantomurske kulkeutuu pesurista edelleen vesivirran mukana sulkusyöttimen läpi vedenerottimeen. Kivet, hiekka ja erittäin raskas pihkapitoinen puuaines laskeutuvat pesurin pohjalle, josta ne siirretään ruuvikuljettimella jatkokäsittelyyn pesurin sivulinjalle. Sivulinja erottaa hylkyaineksen omalle vedenerottimelle, josta se siirtyy hihnakuljettimelle ja edelleen jätealueelle. Puuaines kulkeutuu vesivirran mukana päälinjan vedenerottimelle.

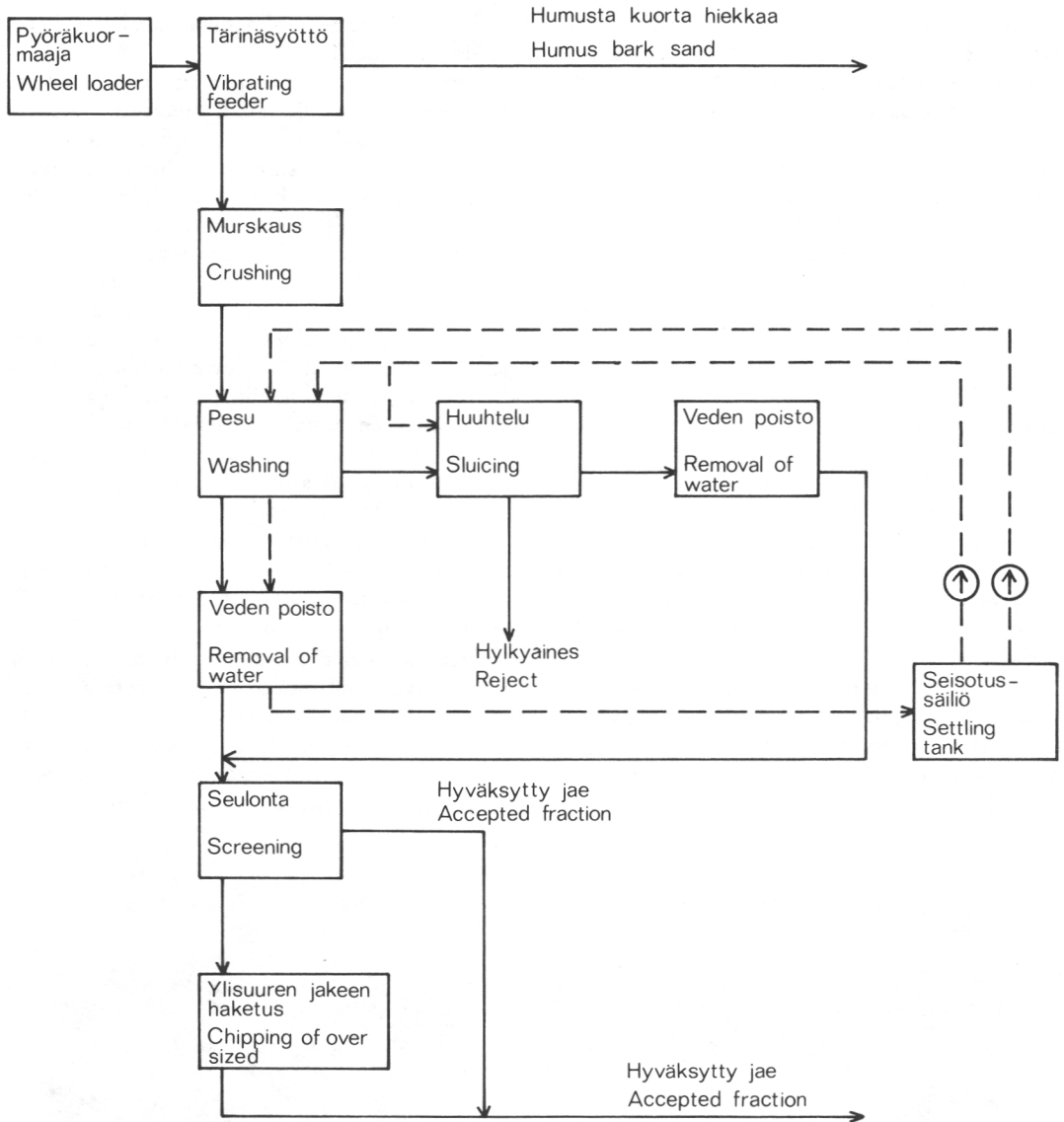
Vedenerotin erottaa pesuveden murskeesta pyörivässä reikärummussa. Tähän johdetaan myös kiertovesijärjestelmän puhdas lisävesi, jolla tehdään loppuhuuhdeltu.

Vedenerottimelta kantomurske siirretään hihnakuljettimella seuralle, joka erottaa ylisuurin jakeen jälkihakulle johtavalle kuljettimelle. Hyväksytyt jakeet johdetaan murskevarastoon tai hakekentälle. Puru voidaan tarvittaessa ohjata omalla kuljettimellaan puruvarastoon.



Kuva 17. Joutseno-Pulp Osakeyhtiön kantomurskelaitos (kuva Joutseno-Pulp).

Figure 17. The stump handling plant of Joutseno-Pulp Company at Joutseno (photo Joutseno-Pulp)



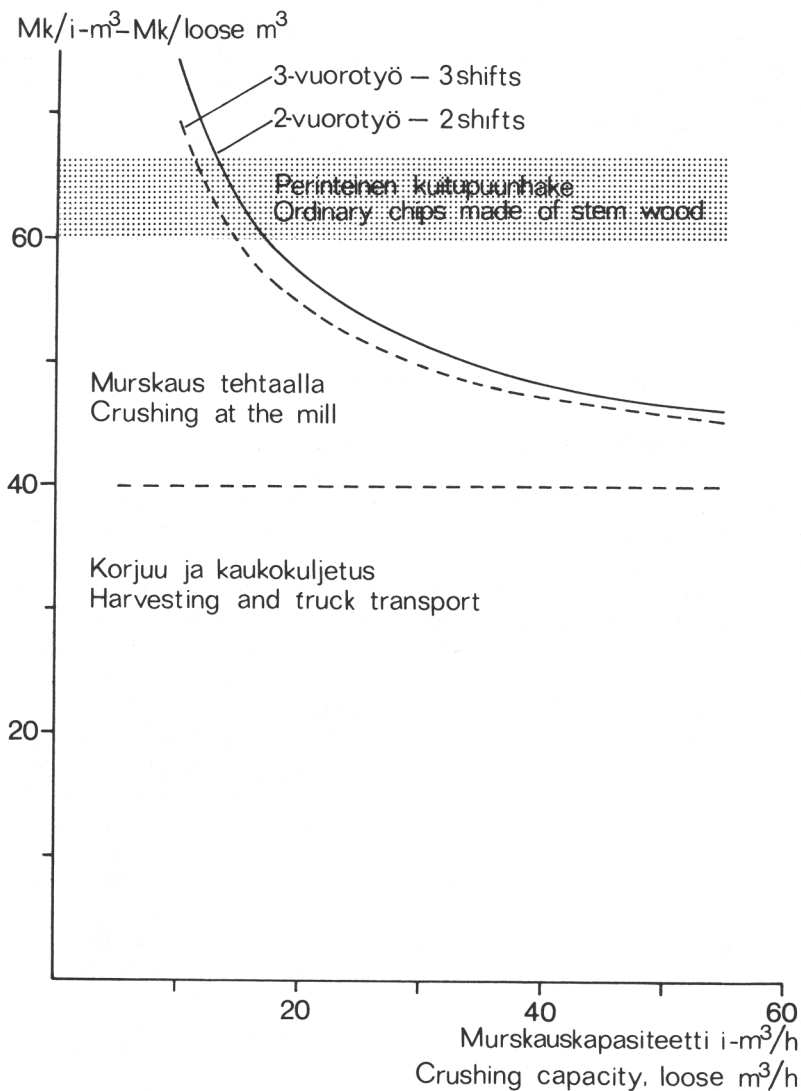
Kuva 18. Joutseno-Pulp Osakeyhtiön kantomurskelaitoksen toimintakaavio.
Figure 18. Operation pattern of the stump handling plant of Joutseno-Pulp Company.

Ylisuuri jae pienennetään jälkihakkurissa, josta paluukuljetin siirtää murskeen vedenerottimen syöttökouruun. Syöttökourussa tapahtuu pienennetyn murskeen jälkipesu. Pienennetty murske siirtyy edelleen seuralle ja sieltä murskelkuljettimelle.

Pesuvesi on suljetussa kierrossa. Laitoksen pumput vievät veden kiertoaltaasta pesurille ja huuhturille, joista se siirtyy edelleen vedenerottimelle ja palaa kiertovesialtaaseen.

Pumput on varustettu pohjaventtiileillä, takaiskuventtiileillä ja sulkuventtiileillä. Jokainen käyttöpaikka on varustettu omalla venttiilillään. Pesuveteen joutunut hiekka ja multa poistetaan pumppaamalla kiertovesialtaan pohjalta uppopumpulla lietepitoisinta vettä jatkopuhdistukseen.

Raaka-aineen hiekkapitoisuudeksi jää Joutseno-Pulp Osakeyhtiön laitoksessa 0,2 % ja kuoriosuudeksi 0,8–2,0 %.



Kuva 19. Kantomurskeen kustannukset (mk/i-m³) Joutseno-Pulp Osakeyhtiössä vuonna 1976 murskausaseman käyttöasteesta riippuen. Korpivaara Oy Konekemian laskelma.

Figure 19. The costs of crushed stump chips (Finnish marks/loose cu.m) at Joutseno-Pulp Company in 1976 as a function of the employment of the crushing station, according to Korpivaara Oy Konekemian.

Joutseno-Pulp Osakeyhtiön murskausaseman kapasiteetti on 30–40 i-m³ haketta tunnissa. Kolmessa vuorossa työskennellen päivätuotos voidaan nostaa 900 i-m³:iin. Vuosituotos on 300 000 i-m³, mikä vastaa 23 000 tonnia sulfaattimassaa. Kussakin vuorossa työskentelee kaksi miestä, joista toinen kuljettaa kuormaajaa. Suuri sulfaattimassatehdas voi käsitellä tämän kaltaisella asemalla 10 % puuraaka-aineestaan.

Murskausvaiheen yksikkökustannukset riip-

puvat käsitellyn kantopuun määrästä. Mikäli kantopuuta saadaan riittävästi kolmivuorotyön mahdollistamiseksi, kustannukset alenevat. Kantomurskeen kustannukset irtokuutiometriä kohti Joutseno-Pulp Osakeyhtiön oloissa vuonna 1976 nähdään kuvasta 19. Aseman kokonaisinvestoinniksi on oletettu 6,7 milj.mk ja käyttökustannukseksi 181 mk/h, josta kolmannes koostuu kuormaajasta kuljettajineen. Kuva osoittaa, että kantomurskeen hinta jää perin-

teisestä pinotavarasta tehdyn hakkeen alapuolelle. Tällöin on huomattava, että kantopuulle ei ole pinotavaran tavoin maksettu kantohintaa. Yksityiskohtaisissa kustannusvertailuissa on luonnollisesti otettava huomioon myös kanto-

murskeen ja perinteisen hakkeen irtokuutiometrin raaka-ainesissä mahdollisesti olevat erot. Kantomurske lienee kuutiometripainoltaan keveämpää, mikä tasoittaa kuvan 19 osoittamia kustannuseroja.

7. KANTOPUUN KORJUUN SEURANNAISVAIKUTUKSET

71. Vaikutus metsämaan ravinnetaseeseen

Puutavaran mukana kulkeutuu metsästä ravinteita. Kun käyttö rajoittuu runkoon, maaperästä rapautuvat, ilmakehästä laskeutuvat sekä mikro-organismien ilmasta sitomat ravinteet korvaavat menetykset. Perinteinen metsätalous ei yleensä köyhdytä maaperää (NYKVIST 1974).

Kun käyttö laajenee rungon lisäksi kantoon ja juuriin, metsämaan ravinnetasapainokysymys on arvioitava uudelleen. Millaisiin menetyksiin kantopuun talteenotto johtaa, jos kysymyksessä on kannon ja paksuudeltaan yli 5 cm:n juurensien hyväksikäyttö päätehakkuissa?

Ongelmaa voidaan lähestyä vertaamalla rungon ja juurakon sisältämiä ravinnemääriä. Taulukko 8 kuvaa kahden päätehakkuuvaiheen

kuusikon keskiarvolukuja Ruotsissa. Metsiköitten keski-ikä on 120 vuotta ja puusto 304 m³/ha (NYKVIST 1974).

Kuiva-aineensa määrään nähden juurakko sisältää ravinteita suhteellisesti enemmän kuin runko. Kalkkia lukuun ottamatta puolet juurakon ravinnevaroista on kuitenkin ohuissa, läpimitaltaan alle 2 cm:n juurensiissa. Nämä ravinnerikkaat osat jäävät teknisistä syistä kasvupaikalle.

Korjuukelpoinenkin kanto- ja juuripuu sisältää joka tapauksessa puukuutiometriä kohti jonkin verran enemmän ravinteita kuin runko. Taulukon 9 esimerkki osoittaa kuorellisen runkopuukuutiometrin mukana poistuvien ravinteitten määrän sekä kantopuun korjuun siihen aiheuttaman lisäyksen.

Kantopuun korjuun aiheuttama ravinnetappio on suhteellisesti suurempi kuin raaka-ainelisiä. Kuitenkaan ei ole kysymyksessä käänteentekevä muutos metsämaan ravinnetaseessa. Lisäksi on syytä ottaa huomioon, että hakkuualalle jäävät alle 20 cm:n juurakot kokonaisuudessaan sekä osa korjuukelpoisesta kantopuusta ja sen kuoresta. Kun ainakin toistaiseksi tähtäimessä on vain päätehakkuualojen kantojen käyttö, joka toistuu ehkä 80 vuoden välein, kantopuun korjuuta ei voida ravinnekysymysten kannalta pitää vaarallisena toimenpiteenä.

Taulukko 8. Kuorellisen rungon ja juurakon sisältämien ravinteitten määrä 120-vuotiaassa kuusikossa (vrt. NYKVIST 1974).

Table 8. The amount of nutrients in the stem and stump-root system in a 120-year-old spruce stand (cf. NYKVIST 1974), bark-on basis.

Muuttuja Variable	Runko Stem	Kanto+ juuret > 2 cm Stump+ roots > 2 cm	Juuret 2 cm < Roots 2 cm <
	Tonnia/ha – Tons/ha		
Kuiva-aine Dry matter	125	32	10
Ravinteet Nutrients:		kg/ha	
N	120	37	40
P	11	5	5
K	68	25	17
Ca	193	70	28

72. Vaikutus hyönteisiin ja sieniin

Kannot tarjoavat lisääntymispaikan useille hyönteislajeille, joista eräät ovat metsätalouden kannalta vahingollisia. Kannoissa syntyvät tuohyönteiset saattavat myöhemmin vahingoittaa uudistusalalle istutettuja taimia, hakkuualueen ympäristön kasvavaa puustoa tai kuorellista puutavaraa.

Taulukko 9. Esimerkki kantopuun korjuun aiheuttamista ravinnetappioista (vrt. MÄLKÖNEN 1974).
Table 9. An example of the additional nutrient loss caused by the harvesting of stumpwood (cf. MÄLKÖNEN 1974).

Muuttuja – Variable	N	P	K	Ca
MÄNTY – PINE				
Runko, ravinteita g/m ³ – Stem, nutrients g/m ³	280	26	185	356
Korjuukelpoinen kantopuu, ravinteita g/runkopuun m ³ Harvestable stump wood, nutrients, g/m ³ of stem wood	60	8	45	38
Kantopuun korjuun aiheuttama lisäys, % Additional nutrient loss from stump, %	22	31	24	11
Kantopuun suhteellinen ravinnepitoisuus [☆] Relative nutrient content of stump wood [☆]	1,4	2,0	1,5	0,7
KUUSI – SPRUCE				
Runko, ravinteita g/m ³ – Stem, nutrients g/m ³	293	26	145	566
Korjuukelpoinen kantopuu, ravinteita g/m ³ Harvestable stump wood, nutrients g/m ³	93	10	77	128
Kantopuun korjuun aiheuttama lisäys, % Additional nutrient loss from stumps, %	32	38	53	23
Kantopuun suhteellinen ravinnepitoisuus Relative nutrient content of stump wood	1,1	1,3	1,8	0,8

[☆] Kantopuun ravinteet (g/m³) verrattuna runkopuun ravinteisiin.

[☆] Nutrients in stump wood (g/m³) compared with those of stem wood

Männyn kannot, mikäli niitä ei ole tehty hyvin mataliksi, ovat erityisesti avohakkuualoilla pystynävertäjän (*Blastophagus piniperda*) suosimia lisääntymispaikkoja. Eräät pikikärsäkkäät (*Pissodes* sp.), kuusijäärät (*Tetropium* sp.) ja havupuun tikaskuoriainen (*Trypodendron lineatum*) taas lisääntyvät pääasiassa kuusen kannoissa. Näistä taloudellisesti merkittävien, tikaskuoriainen, elää kuitenkin pääasiassa harvennus- ja väljennysmetsiköitten kannoissa eikä niinkään avohakkuualoilla, joille kannonkorjuu keskittyy. Jos kannot poistetaan riittävän varhain, edellä mainittujen tuhohyönteisten leviämismahdollisuudet supistuvat, mutta samat lajit voivat toisaalta käyttää hyväkseen kantojen ohella toki muitakin lisääntymispaikkoja (LÖYTTYNIEMI 1974).

Kantojen poisto vähentää myös juurinilurin (*Hylastes* sp.) aiheuttamia taimituhoja. Juurinilurin toukat tosin elävät pääasiassa ohuissa juurensissa, joita ei oteta talteen, mutta katkenneissa juurissa ja muokkaantuneessa maassa niiden lisääntymismahdollisuudet jäävät vähäiseksi (LÖYTTYNIEMI 1974).

Kannoissa lisääntyvistä hyönteisistä on suurin metsätaloudellinen merkitys tukkikärsäk-

käillä (*Hylobius* sp.), jotka tuhoavat uudistusalan luontaisia ja istutettuja taimia. Ne lisääntyvät lähes yksinomaisesti juurakoissa, joten kantojen poisto vaikuttaa ratkaisevasti niiden elin- ehtoihin.

Tukkikärsäkkäitten tuhojen estämiseksi istutettavat taimet suojattiin aikaisemmin DDT-liuokseen kastamalla, mutta nykyisin tätä ei enää sallita. Kun menetelmän käyttö kiellettiin Ruotsissa vuonna 1975, taimituhot lisääntyivät välittömästi. Tukkikärsäkkäät tuhoavat erään arvion mukaan 30 % havupuitten istutustaimista, mikä merkitsee vuosittain 40 miljoonan kruunun menetystä. Kun vielä otetaan huomioon tuotostappiot ja muut tuhoista aiheutuvat kustannukset, vuosittaiset menetykset nousevat Ruotsissa ehkä yli 100 miljoonan kruunun (EIDMANN 1976).

Ruotsin oloissa keskimääräisellä avohakkuualalla syntyy 54 000–64 000 tukkikärsäkkästä hehtaaria kohti. Pääosa kehittyy tukkipuitten juurakoissa. Läpimitaltaan alle 10 cm:n kannoissa tukkikärsäkkäitten toukkia on tuskin lainkaan. Noin neljännes toukista elää varsinaisen kannon maanalaisessa osassa, muut etupäässä vaakasuuntaisten juurten 2–3 cm paksu-

missa osissa. Harvennusalojen juurakoissa tukkikärsäkkään toukkia on huomattavasti vähemmän.

Kantojen poisto on DDT:n käytön kieltämisen jälkeen miltei pä ainoa tehokas keino tukkikärsäkkäitten tuhojen torjumiseksi. Tällöin on oleellista, että kannot poistetaan hakkuualalta riittävän varhaisessa vaiheessa. Yksinomaan kanto-osan hävittäminen ei riitä, vaan myös sivujuuret on nostettava maasta. Pallarin kanto-harvesteria käytettäessä ehkä 80 % tukkikärsäkkäistä tuhoutuu (EIDMANN 1976).

Kannoissa kasvaa myös erilaisia sieniä, joista eräät voivat vahingoittaa kasvavia puita. Näihin patogeenisiin sieniin kuuluvat ennen kaikkea mesisieni (*Armillaria mellea*) ja maannousemasieni (*Fomes annosus*).

Mesisienien rihmastojänteet leviävät juurakosta ympäröivään metsämaahan ja edelleen hakkuualalle syntyneisiin männyn taimiin. Esimerkiksi Neuvostoliitossa on todettu kantojen poistamisen vähentävän mesisien tuhoja (SOKOLOV 1964).

Maannousemasieni taas etenee kannoista juuritehtyksiä kautta terveisiin puihin tai avohakkuualoilla uuden puusukupolven taimiin. Kantoihin syntyvistä itiöemistä leviää itiöitä ympäristöön. Kantojen poistaminen tarjoaa metsän terveyden kannalta merkittäviä etuja (GREIG ja BURDEKIN 1970, KALLIO 1972, GREIG ja LOW 1975).

Esimerkiksi Englannissa, Tanskassa ja Neuvostoliitossa suositellaan kantojen poistamista hakkuualoilta pelkästään maannousemasienien saastuttaman maaperän tervehtyttämiseksi. Kun sieni voi elää missä tahansa juurakon osassa, pyritään juuretkin poistamaan kannon mukana mahdollisimman tarkoin aina 5 cm:n läpimitaan saakka. Juurakoita ei kuitenkaan ole välttämätöntä kuljettaa hakkuualalta, sillä maasta ylös nostettuina ne kuivuvat nopeasti maannousemasienelle kelvottomiksi. Englannissa kehityksessä menetelmässä juurakot nostetaan kairakoneella 9 m:n välein sijaitseville aumoille. Erikaisrakenteisella puskurilla varustettu pyöräkuormaaja kerää sitten viiden auman juurakot yhteen, jolloin aumojen lopulliseksi välimakaksi jää 40 m (kuva 20). Tämän jälkeen tapahtuu koneellinen istutus.

Patogeenisten sienien ohella kannoissa elää myös ruokasieniä, joitten satoa kantojen poistaminen vähentää. Tällaisia ovat mm. virallisten kauppasienten luetteloon kuuluvat koivunkantosieni, kuusilahokka sekä edellä mainittu mesi-

sieni. Maanpinnan rikkoutuminen edistää kuitenkin toisaalta korvasienien kasvua, mikä kompensoinee muitten ruokasienten sadon supistumisen (HINTIKKA 1974).

73. Metsämaan muokkaantuminen

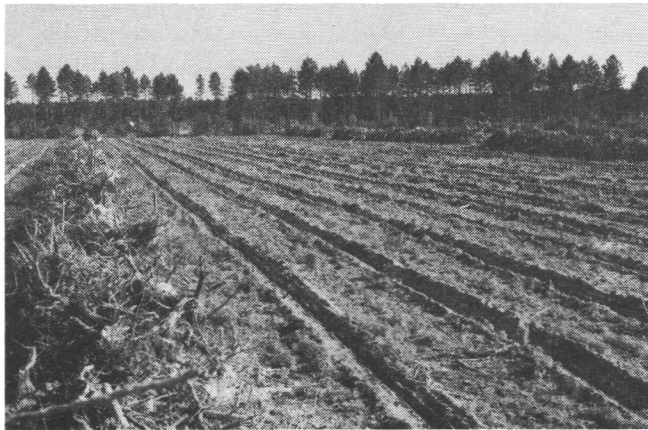
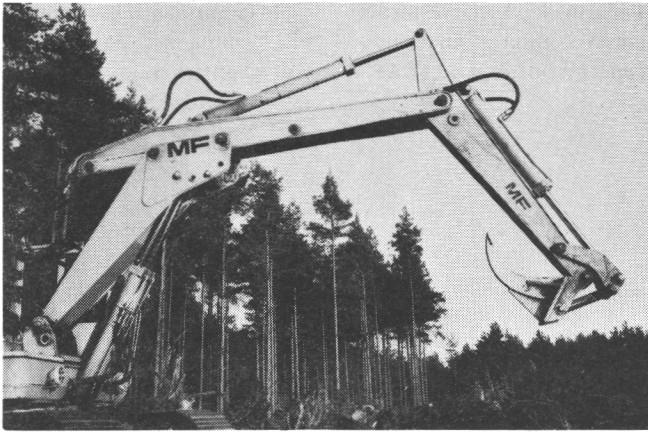
Kantopuuta korjattaessa tapahtuu maanpinnan rikkoutumista, joka vaikutukseltaan vastaa lähinnä koneellista laikutusta. Juurakoista jäävät laikut ovat suuria ja tarjoavat yleensä tilan kahdelle tai kolmellekin taimelle. Myös kannonkorjuukoneitten telat tai pyörät rikkovat maanpintaa.

Metsänviljelijän tavoitteena on vähintään 2000 tasaisin välein sijaitsevaa laikkua hehtaaria kohti. Kannonkorjuutyössä tapahtuva laikutuminen ei sellaisenaan täytä tätä vaatimusta. Mutta esimerkiksi Pallarin kanto-harvesteria käytettäessä koneen kuljettaja voi tehdä metsänviljelyä silmällä pitäen lisälaikkuja korjuutyön tuotoksen oleellisesti alenematta. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan ajanmenekki kutakin kanto-harvesterin kouraisemaa lisälaikkua kohti on 10–15 cmin (NYLINDER 1976a).

Vettä helposti läpäisevillä kivennäismailla hyöty vastanee koneellista laikutusta. Toisaalta taas on huomattava, että kostealla hienojakeisella maaperällä laikutus ei edistä metsänviljelyn onnistumista (APPELROTH 1974).

Meidän oloissamme metsän istutus tapahtuu lähes yksinomaisesti käsityönä. Kivet, hakkuutahteet ja kannot estävät koneitten käytön. Jos kannot poistetaan, istutuskoneitten mahdollisuudet soilla ja vähäkivisillä kivennäismailla parantuvat (APPELROTH 1974). Keski-Euroopassa ja Yhdysvaltain etelävaltioissa poistetaan juurakoita hakkuualalta maanmuokkauksen ja koneellisen istutuksen helpottamiseksi siitkin huolimatta, että juurakoille ei ole taloudellista käyttöä. Juurakoitten irrottaminen ja kasaaminen aumoihin saattaa maksaa Saksan Liittotasavallassa 1500 mk/ha (STREHLKE 1976).

Kantojen poistaminen edistää myös maaston kulkukelpoisuutta. Kuoppa, jonka juurakko jättää jälkeensä, on yleensä matala. Erällä Etelä-Suomen kivennäismailla männyn paalujuuri saattaa kuitenkin tunkeutua niin syväälle, että kuoppa muodostuu haitalliseksi. Tuolloin juurakon mukana noussut maa tulee ravistaa takaisin kuoppaan, ja tarvittaessa kuoppa voidaan täyttää myös sen reunoilta kouraistulla maalla.



Kuva 20. Juurakoitten poisto metsänuudistusalalta Iso-Britanniassa maannousemasiemen hävittämiseksi (kuvat A. R. Maclure).

- a) Irrottamiseen käytettävä MF 450 S kaivukoneeseen asennettu kantokoukku.
- b) Kasaus ristikkopuskurilla varustetulla BM Volvo LM 640 kuormaaajalla.
- c) Uudistusala kantojen poiston ja koneellisen istutuksen jälkeen.

Figure 20. Removal of stumps from a clear-cutting area in Great Britain to control *Fomes annosus* (photos A. R. Maclure).

- a) MF 450 S hydraulic arm and ripper tine for uprooting the stumps.
- b) Bunching with BM Volvo LM 640 wheel loader, equipped with power fork.
- c) Regeneration area after destumping and replanting by Finn Forester planting machine.

Ruotsissa todettiin Pallarin kantoharvesterilla korjatun avohakkuualueen mikropinnanmuodostuksen tasoittuneen merkittävästi (KARDELL 1976).

Maanpinnan laikuttaminen saattaa kuitenkin olla vahingoksi porotalouden kannalta. Tämä voi aiheuttaa rajoituksia kannonnostoon porotalousalueilla (KELLOMÄKI 1974).

YHDISTELMÄ

Kantopuun hyväksikäyttö on siirtymässä tutkimuksen tasolta käytännön toiminnaksi. Tiedon tarve on lisääntynyt, mutta tutkimusten tulokset ovat hajanaisina julkaisuina lukijakunnan vaikeasti tavoitettavissa. Tämän katsauksen tavoitteena on antaa yleiskuva kanto puun käytön nykytilasta ja kehitysnäkymistä Suomen oloissa.

Vuosittaisissa hakkuissa metsään jäävän kanto puun määräksi on arvioitu 13,0 milj. k-m^3 , josta teknisesti korjuukelpoiseksi luokitellaan 2,4 milj. k-m^3 kuori mukaan luettuna. Kanto puun puu- ja korjuutekniset ominaisuudet sekä kustannustekijät rajaavat käyttömahdollisuudet pääasiallisesti sulfaattimassateollisuuteen, mihin kanto puu soveltuu hyvin.

Toimintavarma ja käyttökelpoinen korjuuketju perustuu tällä hetkellä paljolti Pallarin kanto harvesteriin. Sen peruskoneena on käytetty kaivukonetta, Ruotsissa myös kaato-kausauskonetta. Kanto harvesteri on monitoimikone, joka irrottaa, puhdistaa, paloittelee ja kasaa kanto puun. Irrottamiseen voidaan käyttää myös kaivukoneeseen tai kaivuriin asennettua kanto koukkuja. Lähikuljetus tapahtuu kuormatraktorilla, joka voidaan varustaa kanto kouralla, suurennetulla kuormatilalla, laidoilla ja kipillä.

Menetelmä, jossa varsinainen kanto paalujuurineen korjataan rungon mukana, saattaa osoittautua tulevaisuudessa kilpailukykyiseksi Suomenkin oloissa. Se on jo kehitetty pitkälle Yhdysvaltain etelävaltojen metsämaille soveltuva, mutta toistaiseksi ei ole kuitenkaan

onnistuttu luomaan menetelmää, joka olisi käyttökelpoinen Suomen kivisessä ja talvella routaantuvassa maaperässä.

Joutseno-Pulp Osakeyhtiö aloitti tuoreen kanto puun käytön sulfaattimassan lisäraaka-aineeksi vuonna 1975. Tämän edellytyksenä oli koko maailmankin huomioon ottaen ainutlaatuisen kannonmurskausaseman kehittäminen. Aseman vuosikapasiteetiksi on laskettu 100 000 k-m^3 mursketta, jonka hiekkapitoisuus on vain 0,2 %. Kivet eivät ole toiminnan esteenä.

Kanto puun talteenottoon liittyy seurannaisvaikutuksia, jotka ovat voittopuolisesti myönteisiä. Eräät tuohohönteiset (mm. tukkikärsäkkäät) ja -sienet (mm. maannousemasieni) menettävät leviämälustan, kun juurakot poistetaan. Maan laikuttaminen on eduksi metsänviljelyssä, etenkin jos juurakoitten jättämien laikujen lisäksi kanto harvesterilla tehdään täydennyslaikkuja. Nämä tekijät saattavat tulevaisuudessa muodostua merkittäviksi kanto puun käytön taloudellisuutta laskettaessa.

Kanto puun korjuun seurauksena metsämaan ravinnetappiot lisääntyvät. Kysymys on kuitenkin lievästä muutoksista, joitten merkitys on kokonaisuuden kannalta vähäinen.

Kanto puuta voidaan pitää merkittävänä lisäraaka-ainereservinä suomalaiselle sulfaattimassateollisuudelle. Myös metsällisistä syistä kanto puun hyödyntäminen olisi toivottavaa. Tässä katsauksessa kuvattuja korjuu- ja prosessimenetelmiä käyttäen kantomurskeen kokonaiskustannus on alhaisempi kuin kuitupuuhakkeen, mikäli kanto puusta ei makseta kanto hintaa.

KIRJALLISUUS

- ALESTALO, A. ja HENTOLA, Y. 1966. Sulfaattisellua havupuiden kuorellisista latvuksista, oksista ja kannoista. Summary: Sulphate pulp from unbarked softwood tops, branches and stumps. Paperi ja Puu n:o 12.
- ANDERSSON, S. 1976. Technical, organizational and economic problems involved in the inclusion of a larger part of the forest biomass in harvesting systems. ECE/FAO/ILO. Symposium on the harvesting of a larger part of the forest biomass. Hyvinkää.
- APPELROTH, S.-E. 1974. Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus metsänuudistamistyöhön. Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset. Folia For. 210: 10–12.
- COUGHRAN, S.J. & KOCH, P. 1974. Prototype trials of horizontal root shear and harvest of southern pines with taproot intact. American Society of Agricultural Engineers. Paper No. 74–1526.
- CZEREYSKI, K., GALINSKA, I. & ROBEL, H. 1965. Rationalization of stump extraction. FAO/ECE/LOG/158.
- DAVIS, W. E. 1971. Utilization of stumpwood saves 100 000 cords/year of pulpwood. Pulp and Paper. December 1971.
- EIDMANN, H. 1976. Stubbrytning – metod för minskning av skadeinsekter. Projekt Helträdsutnyttjande. Stubbdagen 3.9.1976.
- ESKILSSON, S. 1972. Whole tree pulping. Part 1. Fibre properties. Svensk Papperstidning (75): 397–402.
- ESKILSSON, S. 1974. Whole tree pulping. Part 3. Pulp properties. Svensk Papperstidning (77): 165–174.
- ESKILSSON, S. och HARTLER, N. 1973. Whole tree pulping. Part 2. Sulphate cooking. Svensk Papperstidning (76): 63–70.
- FIOLEK, S. 1961. Resistance stresses against the vertical force in extracting stumps to be used for industrial purposes. Transactions of the Forest Research Institute No. 218. Warsaw.
- FRYK, J. & NYLINDER, M. 1976. Stubbar – brytning och transport. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Ekonomi nr 1.
- GISLERUD, O. 1975. Utnyttning av stubber og røtter fra nydyrkingsfelter. Heltreutnyttelse: 63–77. Foredrag og diskusjonssammendrag ved konferansen på Honne 1.–2. September 1975. Ås.
- GOLOB, T. B., TSAY, T. B. & MACLEOD, D.A. 1976. Analysis of forces required to pull out stumps of varying age and different species. Forest management Institute. Information Report. Käsi-kirjoitus.
- GREDBORN, K.-E. 1976. ”Stendetektering i virke”. Lägesrapport från förprojekt vid TRC, ITL ok STFI. Projekt Helträdsutnyttjande. Stubbdagen 9.3.1976.
- GREIG, B.J.W. & BURDEKIN, D.A. 1970. Control and eradication of *Fomes annosus* in Great Britain. IUFRO Proceedings of the third international conference of *Fomes annosus*: 21–32. Washington. U.S. Forest Service.
- GREIG, B.J.W. & LOW, J.D. 1975. An experiment to control *Fomes annosus* in second rotation pine crops. Forestry 48 (2): 147–163.
- HAKKILA, P. 1971. Kantopuun käyttöä Puolassa. Suomen Puutalous n:o 1.
- HAKKILA, P. 1972a. Kantopuun käyttöä Yhdysvalloissa. Suomen Puutalous n:o 4.
- HAKKILA, P. 1972b. Mechanized harvesting of stumps and roots. Lyhennelmä: Kanto- ja juuripuun koneellinen korjuu. Commun.Inst.For.Fenn. 77 (1).
- HAKKILA, P. 1974. Kanto- ja juuripuun korjuu. Summary: Harvesting of stump and root wood. Metsätehon Tiedotus 332.
- HAKKILA, P. 1975. Kanto- ja juuripuun kuori-prosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuutteitten määrä. Summary: Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root wood. Folia For. 224: 1–14.
- HAKKILA, P. & MÄKELÄ, M. 1973. Harvesting of stump and root wood by the Pallari Stumparvester. Lyhennelmä: Kanto- ja juuripuun korjuu Pallarin kantoarvesterilla. Commun.Inst.For.Fenn. 77 (5).
- HAKKILA, P. & MÄKELÄ, M. 1974. Jatkotutkimuksia Pallarin kantoarvesterista. Summary: Further studies of the Pallari Stumparvester. Folia For. 200: 1–15.
- HANSEN, R. 1976. Vidaretransport av stubb- och rotvirke. Projekt Helträdsutnyttjande. Stubbdagen 9.3.1976.
- HARRISON, R. T. 1975. Slash. Equipment and methods for treatment and utilization. Equipment Development Center. Equipment Development and Test Report 7120–7.
- HARSTELA, P. & TERVO, L. 1975. Kantoloukku suojakantojen ja liekopuiden paloittelessa. Metsä ja Puu 12.
- HINTIKKA, V. 1974. Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus metsäpatogeenisten ja ruokasienten esiintymiseen. Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset. Folia For. 210: 12–13.
- HOWARD, E.T. 1973. Physical and chemical properties of slash pine tree parts. Wood Science 5 (4): 312–317.
- Interstate reclaims fiber from pulp mill rejects and stumpwood. Paper Trade Journal. July 11. 1971.
- ISOTALO, I. 1972. Kantojen käyttö sulfaattiselluloosan raaka-aineena. Ei julkaistu.
- JONSSON, Y. 1975. Terrängtransport av marginalravaror. Skogen nr 14.
- JONSSON, Y. 1976. Drivningsmetoder för stubb- och rotved. Projekt Helträdsutnyttjande. Stubbdagen 9.3.1976.

- KALLIO, T. 1972. Maannousema tämän päivän metsätaloudessa. II. Metsälehti n:o 20: 8.
- KARDELL, L. 1976. Skogsvårds- och naturvårdsaspekter på stubbrytning. Projekt Helträdsutnyttjande. Stubbdagen 3.9.1976.
- KEAYS, J.L. 1971. Complete-tree utilization. An analysis of literature. Part V: Stump, roots and stump-root system. Forest Products Laboratory, Canadian Forestry Service. Information Report. VP-X-79.
- KELLOMÄKI, S. 1974. Hakkuutähteiden talteenotto ja metsien moninaiskäyttö. Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset. Folia For. 210: 18–21.
- KIŠENKO, T.F., UNT, V.J., KOMŠILOV, N.F., GERASIMOV, B.S. & ABOL, B.I. 1962. Zagotevka derevjev c kornami. Lesnaja promyslennost 40 (10): 13–16.
- KOCH, P. 1976. New technique for harvesting southern pines with taproot attached can extend pulpwood resources significantly. Applied Polymer Symposium No. 28: 403–420.
- KOIVULEHTO, P. 1966. Kantojen rouhinta selluloosateollisuuden raaka-aineeksi. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 83: 163–165.
- KOIVULEHTO, P. 1969. Kantojen käytön edellytyksistä sellun raaka-aineena. Suomen Puutalous 3: 74–75.
- KÄRKKÄINEN, M. 1975. Kantojen käytön kehittyminen Suomessa. Summary: Development of stump utilization in Finland. Silva Fenn. 9. (4).
- LÖNNBERG, B. 1974. Sulfatmassa av stubbved. Helträdsutnyttjande ss. 25–33. Skogshögskolan. Institutionen för skogsteknik. Rapporter och uppsatser nr 76.
- LÖYTTYNIEMI, K. 1974. Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus tuhoeläimiin. Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset. Folia For. 210: 13–14.
- MANWILLER, F.G. 1972. Tracheid dimensions in rootwood of southern pine. Wood Science 5: 122–124.
- MELKKO, M. 1976. Orasvuon Konepaja Ky:n kantoloukku kivennäismaan kantojen paloittelussa. Metsäteho. Moniste.
- MURTO, J. 1951. Mäntypuumme pihka voiteluöljyn raaka-aineena. Acta For.Fenn. 59 (2).
- MÄKELÄ, M. 1972. Kanto- ja juuripuun kuljetus. Summary: Transport of stump and root wood. Folia For. 146: 1–23.
- MÄKELÄ, M. 1973. Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta. Summary: Harvesting of stump and moor wood from fuel peat logs. Folia For. 187: 1–19.
- MÄLKÖNEN, E. 1972. Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin. Summary: Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. Folia For. 157: 1–14.
- MÄLKÖNEN, E. 1974. Hakkuutähteiden talteenoton vaikutus metsikön ravinnevaroihin. Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset. Folia For. 210: 16–18.
- MÄLKÖNEN, E. 1976. Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. Tiivistelmä: Kokopuun korjuun vaikutus maan viljavuuteen. Silva Fenn. Vol. 10 (3): 157–164.
- NILSSON, N. CARLSSON, T. & RICKARDSSON, G. 1975. Tillvaratagande av stubbar och rötter. Stora Kopparberg, Skogsavdelningen. Ei julkaistu.
- NILSSON, P.O. & DANIELSSON, B.-O. 1976. Tillgängliga kvantiteter stubbråvara. Projekt Helträdsutnyttjande. Stubbdagen 3.9.1976.
- NISULA, P. 1975. Kantoloukku. Summary: Stump crusher. Folia For. 245: 1–27.
- NYHOLM, P. 1976. Separate harvesting of fresh stumps and roots, handling at the mill. ECE/FAO/ILO. Symposium on the harvesting of a larger part of the forest biomass. Hyvinkää.
- NYHOLM, P. & VIRTANEN, U. 1976a. Stumps – a valuable raw material. Pulp and Paper International. June: 41–42.
- NYHOLM, P. & VIRTANEN, U. 1976b. Finns use stumps for pulpwood. World Wood. May: 16–17.
- NYKVIST, N. 1974. Växtnäringsförluster vid helträdsutnyttjande. Helträdsutnyttjande. Skogshögskolan. Institutionen för skogsteknik. Rapporter och uppsatser nr 76: 74–93.
- NYLINDER, M. 1976a. Drivning av stubbvirke. Projekt Helträdsutnyttjande. Stubbdagen 9.3.1976.
- NYLINDER, M. 1976b. Rapport från resa till Nordamerika. Projekt Helträdsutnyttjande. PHU Rapport Nr 15.
- NYLINDER, M. & ÅKERMAN, R. 1976. Pallari stubbskördare. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Teknik nr 3.
- PALENIUS, I. 1974. Marginal raw materials in pulp manufacture. Tiivistelmä: Marginaaliraaka-aineet massanvalmistuksessa. Papperi ja Puu 3: 146–151.
- PIESALA, H. 1976. Kanto- ja liekopuun korjuu ja hyödyntäminen polttoturpeen tuotantoon valmistettavilla soilla. Monistettu diplomityö.
- SALMINEN, J. 1971. Kantopuun käyttöä Karjalan Neuvostotasavallassa. Suomen Puutalous n:o 11.
- SOKOLOV, D.V. 1964. Kornevaja gnil ot openka i borba c nej.
- STAJNIAK, J. 1976. Industrial stumpwood harvesting in Poland. ECE/FAO/ILO. Symposium on the harvesting of a larger part of the forest biomass. Hyvinkää.
- STREHLKE, B. 1976. Post-harvesting site clearing for stand establishment. ECE/FAO/ILO. Symposium on the harvesting of a larger part of the forest biomass. Hyvinkää.
- TALLBERG, O. 1976. Joutseno-Pulp stubbkrossningssystem. Projekt Helträdsutnyttjande. Stubbdagen 9.3.1976.
- WALKER, R.F. 1976. Stump extraction and utilization – A literary review with regard to conditions in New Zealand. New Zealand Forest Service. Forest Research Institute. Forest Establishment Report No. 93.
- WIKLUND, M. 1970. Rapport från provsågning av virke innehållande delar av rotvirke. Svenska Träforskningsinstitutet. Redogörelse nr 800710/906/50.
- WIKLUND, M. 1971a. Provsågning av timmer innehållande stubbvirke. Svenska Träforskningsinstitutet. Redogörelse nr. 710204/963/50.
- WIKLUND, M. 1971b. Ökad råvarutillgång genom sänkt stubbhöjd. Sägverken/Trävaruindustrien nr 10: 54–60.
- VIRKOLA, N.-E. 1976. Developments and trends in

industrial utilization of fuller forest biomass, branchwood, foliage, and stumps in traditional wood industry. ECE/FAO/ILO. Symposium on the harvesting of a larger part of the forest biomass. Hyvinkää.

VIRTANEN, U. 1975. Kantojen käyttö sellun raaka-aineeksi Joutseno-Pulp Osakeyhtiön tehtaalla Joutsenossa. Metsä ja Puu 11.
YOUNG, H. E. 1964. Mengden av fiber i rötter av 8 östamerikanske treslag. Norsk Skogbruk nr 7/8.

SUMMARY

Utilization of stumpwood is moving in Finland from the research to the practical level. The need of information has increased, but the results of the earlier studies are published in reports which are not readily available to all readers. The purpose of this situation report is to give an overall picture of the present state and development prospects of stumpwood in Finnish conditions.

The volume and dry weight of stumpwood in Scots pines and Norway spruces of different sizes are given in Tables 1 and 2. The quantity of stumpwood that is left in the forest after annual logging operations in Finland is calculated to be 13,0 million m³ (Table 3, Fig. 1), of which 2,4 million m³ inclusive of bark is classified as being technically harvestable (Table 4). The wood and logging technical properties of stumpwood (Tables 5–7) limit its use to the sulphate pulp industry for which it is well suited.

A practically reliable logging schedule in Finnish conditions is presently based on the Pallari Stump-arvester. So far, the base machine has been an excavator or a feller-buncher (Figs. 2–8). The Stump-arvester is a multi-purpose machine which uproots, cleans, splits and bunches stumpwood. Forest hauling is done by a forwarder which can be equipped with a stump grapple, enlarged load space, sides and a tipping device (Fig. 9).

A method in which the actual stump with its taproot is harvested together with the stem (Figs. 14–16) has been developed for use in the forest land of the southern states of the USA. Corresponding machines are under development in Europe (Figs. 11–13), but there is no method yet which could be applied to the stony soil of Finland.

In 1975, Joutseno Pulp Osakeyhtiö began to use green stumpwood as a supplementary raw material for sulphate pulp. The precondition was the development of a stump handling plant (Figs. 17 and 18). The plant is capable of making yearly from split stumpwood 100,000 solid m³ of crushed chips with a sand content of no more than 0,2 %. Stones are no impediment.

The consequences of harvesting stumpwood are predominantly positive. Some injurious insects (e.g. *Hylobius* sp.) and fungi (e.g. *Fomes annosus*) lose their breeding grounds when the stump-root systems are removed (Fig. 20). The breaking up of the soil is beneficial for forest cultivation in Finnish conditions, especially if the Stumparvester makes additional soil preparation where the stump-root systems are scarce. These factors may prove important in the future when calculating the economicalness of stumpwood utilization.

The nutrient losses of forest lands are increased by stumpwood harvesting. The changes in question (Tables 8 and 9) are small, however, and of minor significance in relation to the whole.

Stumpwood is a significant additional raw material reserve for the Finnish sulphate pulp industry. Utilization of stumpwood is desirable also for forestry reasons. Using the harvesting and processing methods described in this paper, the total expenditure on crushed stump pieces (stump chips) is smaller than that of pulpwood chips if no stumpage price is paid for the stumpwood (Fig. 19).

ODC 332.2: 861.0
ISBN 951-40-0252-0
ISSN 0015-5543

HAKKILA, P. Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.

Summary: Stumpwood as industrial raw material. *Folia For.* 292: 1-39

The publication is a situation report on the current state and development prospects of stumpwood in Finland. The emphasis is on the amounts of wood available, the present harvesting methods and handling of stumpwood at the mill before sulphate cooking. Recent development of harvesting and processing technology seems to make the sulphate pulping of Scots pine and Norway spruce stumps profitable in Finnish conditions.

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

ODC 332.2: 861.0
ISBN 951-40-0252-0
ISSN 0015-5543

HAKKILA, P. Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.

Summary: Stumpwood as industrial raw material. *Folia For.* 292: 1-39

The publication is a situation report on the current state and development prospects of stumpwood in Finland. The emphasis is on the amounts of wood available, the present harvesting methods and handling of stumpwood at the mill before sulphate cooking. Recent development of harvesting and processing technology seems to make the sulphate pulping of Scots pine and Norway spruce stumps profitable in Finnish conditions.

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

ODC 332.2:861.0
ISBN 951-40-0252-0
ISSN 0015-5543

HAKKILA, P. Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.

Summary: Stumpwood as industrial raw material. *Folia For.* 292: 1-39

The publication is a situation report on the current state and development prospects of stumpwood in Finland. The emphasis is on the amounts of wood available, the present harvesting methods and handling of stumpwood at the mill before sulphate cooking. Recent development of harvesting and processing technology seems to make the sulphate pulping of Scots pine and Norway spruce stumps profitable in Finnish conditions.

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

ODC 332.2:861.0
ISBN 951-40-0252-0
ISSN 0015-5543

HAKKILA, P. Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.

Summary: Stumpwood as industrial raw material. *Folia For.* 292: 1-39

The publication is a situation report on the current state and development prospects of stumpwood in Finland. The emphasis is on the amounts of wood available, the present harvesting methods and handling of stumpwood at the mill before sulphate cooking. Recent development of harvesting and processing technology seems to make the sulphate pulping of Scots pine and Norway spruce stumps profitable in Finnish conditions.

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

- 1975
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvissa. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu
The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarameen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren isutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. 2,50
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesienen (*Lophophacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophophacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland. 1,—
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.
Pallari Bushharvester. 2,—
- No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. 7,—
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975. 7,—
- 1976
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla.
Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. 1,50
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.
Work Study of the Lamu Seeding Machine. 2,50
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukkien kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä.
A control method for the measurement of pine and spruce logs. 2,—
- No 255 Metsätalastollinen vuosikirja 1974.
Yearbook of forest statistics 1974.
- No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa.
Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine. 2,—
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta.
The wood basic density variation of pine and spruce provenances. 4,—
- No 258 Nisula Pentti: Muovihuoneen sadetus kone.
A sprinkler for a plastic greenhouse. 1,50
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973. 5,—
- No 260 Harstela Pertti: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku-puomikuormausta varten.
Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading. 2,50
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla.
Felling of small-size trees with felling devices based the chain saw and clearing saw. 3,—
- No 262 Olli Saikku ja Pentti Rikkinen: Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount of pulpwood and factors affecting it. 2,—
- No 263 Reino Saarnio: Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa.
The quality and development of cultivated curly-birch (*Betula verrucosa* f. *carelica* Sok.) stands in southern Finland. 3,—

- 1976 No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.
Yield from the first thinning. 1,50
- No 265 Olavi Huuri: Kallistumisilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia.
Tilting of planted pines; survey results. 2,50
- No 266 Proposed tree breeding programme in Finland 1976—1985.
Abbreviation of the report issued by the Tree Breeding Committee (Committee Report 1975:25).
- No 267 Jari Parviainen: Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä.
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature. 3,—
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys.
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine. 2,50
- No 269 Heikki Seppälä: Metsäsektorin alueellinen merkitys Suomessa.
Regional importance of the forest sector in Finland. 3,—
- No 270 Jaakko Virtanen: Metsänomistaja tienrakennuttajana.
The role of the forest owners in logging roads construction. 3,—
- No 271 Pertti Elovirta: Metsätalouden työvoiman tarjonta Suomessa 1945—1974 ja ennuste vuosille 1975—1985.
Forest labour supply in Finland 1945—1974 and a forecast to years 1975—1985. 5,—
- No 272 Eero Paavilainen: Typpilannoitus ohutturpeisilla piensarameilla
Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps. 2,—
- No 273 Paavo Simola ja Markku Mäkelä: Rasiinkaato kokopuiden korjuussa.
Leaf-seasoning method in whole-tree logging. 2,—
- No 274 Kullervo Kuusela ja Sakari Salminen. Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973—74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala in 1973—74, Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1974, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1975. 5,—
- No 275 L. Runeberg: Driftsresultatet från Skogsforskningsinstitutets företagsekonomiska forskningsskogar åren 1945—74.
The business economics result from the Forest Research Institute's research forests 1945—74. 5,—
- No 276 Pentti Iisalo, Jukka Sorsa ja Paavo Tiiponen: Suomen metsien rakenteen seuranta-menettelmä.
Eine Methode zur laufenden Überprüfung der Struktur der Wälder Finnlands. 2,50
- No 277 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1973—75.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1973—75. 5,—
- No 279 Jyrki Raulo ja Erkki Lähde: Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa.
Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland. 1,50
- No 280 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kuorelliset keskusmuotoluvut.
Middle form factors of pine and spruce sawlogs. 2,50
- No 281 Yrjö Vuokila: Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan.
Effect of green pruning on the health of pine and birch. 1,50
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana.
The boring of standing trees as a source of defects. 1,50
- No 283 Leevi Pajunen: Metsurin työvälinekustannukset 1975—1976.
Forest worker's equipment costs 1975—1976. 2,50
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehtipuun taimien voittajana sekä voiotusten sienisaastunta.
Cicadella viridis (L.), as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi. 1,50
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän investoinnin koe Lounais-Suomessa.
A test of two-step forest inventory in South-West Finland. 2,50
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia.
Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland. 2,50
- No 287 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Koivutukkien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot.
Top form factors and unit volumes of birch logs. 5,—
- No 288 Matti Leikola: Taimitarhamaan lämpöolot muovihuoneessa ja avomaalla.
Soil temperature conditions in plastic greenhouse and in open nursery. 2,—
- No 290 Veijo Heiskanen: Tarkistetut havusahatukkien kuorelliset yksikkökuutioluvut.
The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs. 1,50
- No 291 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972—74.
Costs of timber production in Finland in 1972—74. 3,—
- 1977 No 292 Hakkila, Pentti: Kantoosu metsäteollisuuden raaka-aineena.
Stumpwood as industrial raw material.