

ODC
332.2
372

FOLIA FORESTALIA 146

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1972

MARKKU MÄKELÄ

KANTO- JA JUURIPUUN KULJETUS

TRANSPORT OF STUMP AND ROOT WOOD

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41
 Nos 1—18 are listed in publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- N:ot 19—55 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 19—96.
 Nos. 19—55 are listed in publications 19—96 of the Folia Forestalia series.
- N:ot 56—98 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 56—133.
 Nos. 56—98 are listed in publications 56—133 of the Folia Forestalia series.
- 1971 No 99 Yrjö Vuokila: Harvennussmallit luontaisesti syntyneille männikoille ja kuusikoille.
 Gallringsmallar för icke planterade tall- och granbestånd i Finland.
 Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland 2,—
- No 100 Esko Leinonen — Kalevi Pullinen: Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa
 Green density sampling in pulpwood scaling. 2,—
- No 101 IUFRO, Section 31, Working Group 4: Forecasting in forestry and timber economy.
 5,—
- No 102 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1969/70.
 Stumpage prices in private forests during cutting season 1969/70 1,—
- No 103 Matti Ahonen: Tutkimuksia kanto- ja juuripuun korjuusta I. Kokeilu puiden kaatamisesta juurakkoineen.
 Studies on the harvesting of stumps and roots in Finland I. Experiment with the felling of trees with their rootstock. 2,—
- No 104 Ole Oskarsson: Plusmetsiköiden valintaero ja jalostusvoiton ennuste.
 Selection differential and the estimation of genetic gain in plus stands. 1,50
- No 105 Pertti Harstela: Työjärjestyksen vaikutus tynkäärsitun ja likipituisen kuusikuitupuun teossa.
 The effect of the sequence of work on the preparation of approximately 3-m, rough-limbed spruce pulpwood. 2,50
- No 106 Hannu Vehviläinen: Metsätyömiesten moottorisahakustannukset 1969—1970
 Power-saw costs of forest workers in 1969—1970 3,—
- No 107 Olli Uusvaara: Vaneritehtaan jätepuusta valmistetun hakkeen ominaisuuksista.
 On the properties of chips prepared from plywood plant waste 2,50
- No 108 Pentti Hakkila: Puutavaran vaurioitumisesta leikkuuterää korjuutyössä käytettäessä.
 On the wood damage caused by shear blade in logging work. 2,—
- No 109 Metsänviljelykustannusten toimikunnan mietintö.
 Report of the committee on the costs of forest planting and seeding. 9,—
- No 110 Kullervo Kuusela — Alli Salovaara: Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin metsävarat vuosina 1969—70.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa, Koillis-Suomi and Lappi in 1969—70 5,50
- No 111 Kauko Aho — Klaus Rantapu: Metsätraktorien veto- ja nousukyvyistä rinteessä.
 On slope-elevation performance for forest tractors. 2,—
- No 112 Erkki Ahtri: Maaveden jännityksen mittaamisesta tensiometrilla.
 Use of tensiometer in measuring soil water tension. 1,—
- No 113 Olavi Huikari — Eero Paavilainen: Metsänparannustyöt ja luonnon moninaiskäyttö.
 Forest improvement works and multiple use of nature. 2,—
- No 114 Jouko Virta: Yksityismetsänomistajien puunmyyntialttius Länsi-Suomessa vuonna 1970.
 Timbers-sales propensity of private forest owners in Western Finland in 1970. 6,—
- No 115 Veijo Heiskanen — Pentti Rikkinen: Tukkien todellisen kiintomitan mittaamisessa käytettävät muunto- ja kuutioimisluvut. Sahatukkien mittaus- ja hinnoittelututkimukseen 1970 perustuvat taulukot. 1,—
- No 116 Veijo Heiskanen: Tyvitukkien ja muiden tukkien koesahauksia Pohjois-Suomessa.
 Test sawings of butt logs and top logs in Northern Finland. 2,50
- No 117 Paavo Tiihonen: Suomen pohjoispuoliskon mäntytukkipuusto v. 1969—70.
 Das Kiefernstarkholz der nördlichen Landeshälfte Finnlands i.J. 1969—70. 2,—
- No 118 Pertti Harstela: Moottorisahan tärinä vaikutuksesta työntekijän käsiin.
 On the effect of motor saw vibration on the hands of forest worker. 1,50
- No 119 Lorenzo Runeberg: Plastics as a raw-material base for the paper industry in Finland.
 Muovit paperiteollisuuden raaka-aineena Suomessa. 2,50
- No 120 Esko Salo — Risto Seppälä: Kiinteistöjen polttoraakapuun käytön väli-inventointi vuosina 1969/70.
 Fuelwood consumption on farms and in buildings, intermediate inventory, 1969/70. 3,—
- No 121 Heikki J. Kunnas: Forestry in national accounts.
 Metsätalouden kansantulo-osuuden laskenta. 2,—
- No 122 Pentti Kuokkanen: Metsänviljelytaimien kasvatuskustannukset vuosina 1969 ja 1972.
 Costs of growing forest-tree seedlings in nurseries in 1969 and 1972. 2,50
- No 123 Juhani Numminen: Puulevyjen käyttö Uudenmaan talousalueella v. 1967 valmistuneissa rakennuksissa.
 The use of wood-based panels in buildings completed in 1967 in the Uusimaa Economic Region. 2,50
- No 124 Markku Simula: An econometric model of the sales of printing and writing paper. 3,—
- No 125 Risto Seppälä: Simulation of timber-harvesting systems.
 Puun korjuuketjujen simulointi. 4,—

Markku Mäkelä

KANTO- JA JUURIPUUN KULJETUS

Transport of stump and root wood

NSR:n^{x)} alaisen yhteispohjoismaisen hakkuutähdeprojektin osatutkimus

A sub-project of the joint NSR^{x)}-program for the utilisation of
logging residues

ALKUSANAT

Tämä tutkimus kuuluu metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla yhteistyössä Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton asettaman kanto- ja juuripuun korjuuta selvittelevän työryhmän kanssa suoritettaviin yhteispohjoismaisen hakkuutähdeprojektin tutkimuksiin.

Kanto- ja juuripuun kuljetusta koskevat tutkimukset käynnistyivät kesällä 1970, jolloin pääpaino oli metsäkuljetuksessa. Ohjelmaa jatkettiin kesällä 1971 tärkeimpien kohteiden ollessa kaukokuljetus ja pinotiheyden määrittely.

Aineiston keruun aloitti metsänhoitaja MATTI AHONEN, jonka johdolla suoritettiin ensimmäisen kesän kenttätöitä. Allekirjoittanut keräsi kesän 1971 aineiston sekä suoritti aineiston käsittelyn.

Olen saanut arvokkaita ohjeita työni eri vaiheissa esimieheltäni vt. professori PENTTI HAKKILALTA, professori VEIJO HEISKASELTA ja opettajaltani professori KALLE PUTKISTOLTA.

Tutkimuksen eri vaiheissa ovat sen onnistumiseen vaikuttaneet Kemi Oy:stä ylimetsänhoitaja UOLEVI SARAPÄÄ, metsänhoitaja MATTI AHONEN, diplomi-insinööri ILMO ISOTALO, metsäteknikot VOITTO MATTILA ja LAURI KUNNARI sekä ylityönjohtaja VEIKKO PAAVOLA, Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiöstä metsänhoitaja OSMO RÄISÄNEN ja metsäteknikot VEIKKO HAKULINEN ja RAUNO NIEMINEN sekä Oulu Osakeyhtiöstä metsänhoitaja ERKKI HUHANANTTI ja metsäteknikko EINO MATILAINEN. Metsäntutkimuslaitoksesta ovat tutkimukseen osallistuneet metsänhoitajat MATTI AHONEN ja TEEMU RUOSTE, kenttäimestari SAULI TAKALO ja työnjohtaja SAKARI ERHOLTZ. Piirrokset ovat laatineet neidit MAARET TURUNEN ja LEENA PAUMOLA, konekirjoitukselta ovat huolehtineet rouva AUNE RYTKÖNEN ja neiti RAIJA SIEKKINEN. Heille kaikille lausun parhaat kiitokseni.

Helsingissä toukokuussa 1972.

Markku Mäkelä

^{x)} NSR = Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY	3
TIIVISTELMÄ	4
1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUKSEN SUORITUS JA AINEISTO	5
3. TUTKIMUSTULOKSET	7
31. Metsäkuljetuksen aikatutkimustulokset	7
311. Varsinainen kuljetus	7
312. Tehotyöaika ja keskeytykset	8
313. Kuljetuksen tuotos	9
314. Yhdistelmä metsäkuljetuksesta	9
32. Autokuljetuksen aikatutkimustulokset	10
321. Varsinainen kuljetus	10
322. Tehotyöaika ja keskeytykset	13
323. Kuljetuksen tuotos	14
324. Yhdistelmä autokuljetuksesta	14
33. Rautatiekuljetuksen aikatutkimustulokset	14
331. Varsinainen kuljetus	14
332. Kuljetuksen tuotos	15
333. Yhdistelmä rautatiekuljetuksesta	15
34. Kanto- ja juuripuun paino	15
35. Palakoko ja pinotiheys	16
4. KULJETUSKUSTANNUKSET	17
41. Metsäkuljetuskustannukset	17
42. Autokuljetuskustannukset	17
43. Rautatiekuljetuskustannukset	18
5. KULJETUSMENETELMIEN KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET	21
KIRJALLISUUTTA	23

TRANSPORT OF STUMP AND ROOT WOOD

SUMMARY

The purpose of the study has been to clarify the effect of different factors on forest and truck transport. In addition, the weight of the stump and root wood, fragment size and pile density were studied.

In the case of forest transport a part of the stumps were not split, while the rest were split by exploding. For whole stumps, 50 per cent of the effective time in an average case was expended on loading and unloading. The corresponding figure for split stumps was 62 per cent (Table 4, p. 8). Despite the longer loading and unloading times, the achievement per solid cu.m. was considerably better for split stumps than for whole stumps regardless of the transport distance (Fig. 5, p. 10). The differences in the results were due chiefly to differing pile densities.

Different methods were used in loading for truck transport. A mechanical excavator equipped with an onion grapple gave the best output. The truck's own loader could also be used, but the grapple has to be modified. A wheel loader with cub gave poor results. Its output was small, and large amounts of sand and stones were included in the load along with the pieces of stump. The very best method for unloading was tipping. If the truck has no tipper, it is possible to unload using the truck's own loader, but that is slow and laborious work. The following combination gives the best transport performance:

– using as big a truck as possible;

- loading by the truck's own hydraulic loader equipped with a broader grapple;
- unloading by tipping.

Rail is an advantageous form of transport especially over long distance. Attempts should be made when using rail transport to load from loading platforms constructed for gravel, sugar beet, etc., by tipping the truck load directly into the railway wagon.

The weight per piled cu.m. of stump and root wood depends on the tree species, moisture content, cleanliness and pile density. The per piled cu.m. weights range from 252 to 325 kg, and the solid cu.m. weights from 636 to 944 kg (Table 10, p. 15). The weight of stump and root wood does not place notable limitations on transport.

There were six different types of stump pieces cut by different methods, and in addition blocks of stump from which only the side roots had been removed. The main lengths of the split stumps ranged from 48 to 60 cm and the widths from 22 to 29 cm (Table 11, p. 16).

The pile densities of truck loads ranged from 0.28 to 0.41 (Table 12, p. 17). The best pile density was achieved when stumps split by exploding and by motor saw were combined. Stumps cut with a RH-4 excavator gave the lowest pile density. In general, the best pile density is obtained with a shearing device (motor saw, guillotine). A crushing device (RH-4) gives a lower pile density.

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää eri tekijöiden vaikutus kanto- ja juuripuun metsä- ja kaukokuljetukseen. Lisäksi selvitettiin kanto- ja juuripuun painoa, palakokoa ja pinotiheyttä.

Metsäkuljetuksessa osa kannoista oli paloitelemattomia, osa räjäyttämällä paloitetuja. Kokonaisilla kannoilla kului keskiarvotapauksessa tehoajasta 50 % kuormaukseen ja purkamiseen. Kannonpaloilla vastaava luku oli 62 (taulukko 4). Huolimatta suuremmista kuorma- ja purkamisajoista kiintokuutiometrituotos oli palasilla kuljetusmatkasta riippumatta huomattavasti parempi kuin kokonaisilla kannoilla (kuva 5). Erot tuotoksessa johtuvat pääasiassa erilaisista pinotiheyksistä.

Autokuljetuksessa käytettiin kuormauksessa erilaisia menetelmiä. Tuotokseltaan edullisimmaksi osoittautui sipulikouralla varustettu mekaaninen kaivukone. Käyttökelpoinen on myös auton oma kuormain, mutta tällöin on kouraan syytä tehdä muutoksia. Huonoksi osoittautui kauhalla varustettu pyöräkuormaaja. Sen tuotos oli pieni ja lisäksi kannonpalojen mukana joutui kuormaan runsaasti hiekkaa ja kiviä. Purkamisessa paras menetelmä oli kuorman kippaaminen. Mikäli autossa ei ole kippiä, käy kuorman purkaminen myös auton omalla kuormaimella, mutta se on hidasta ja hankalaa. Edullisimpaan kuljetustulokseen olisi päästy seuraavalla yhdistelmällä:

– kuljetusauto mahdollisimman suuri

– kuormausta auton hydraulikuormaimella, jonka koura on levennetty
– purkaminen kippaamalla.

Rautatiekuljetus on varsinkin pitkillä matkoilla edullinen kuljetusmuoto. Siinä tulisi suorittaa kuormausta soraa, sokerijuurikkaita tms. varten rakennetuilta lastauslaitureilta kippaamalla autokuorma suoraan rautatievaunuun.

Kanto- ja juuripuun pinokuutiometripaino riippuu puulajista, kosteudesta, puhtaudesta ja pinotiheydestä. Pinokuutiometripainot vaihtelivat 252 ja 325 kg:n välillä, kiintokuutiometripainot vastaavasti 639 – 944 kg (taulukko 10). Kanto- ja juuripuun paino ei aseta suuria rajoituksia kuljetuksille.

Eri menetelmillä paloitetuja kannonpaloja oli tutkimuksessa kuutta laatua ja lisäksi ns. kantomurikoita, joista vain sivujuuret oli poistettu. Paloitetujen kantojen keskimääräiset pituudet vaihtelivat 48 ja 60 cm:n välillä, leveysien vaihdellessa 22 ja 29 cm:n välillä (taulukko 11).

Autokuormien pinotiheydet vaihtelivat 0,28:n ja 0,41:n välillä (taulukko 12). Parhaaseen pinotiheyteen päästiin yhdistetyllä räjäytys- ja moottorisahapaloittelulla. Huonoimman pinotiheyden antoivat RH-4 kaivukoneella paloitetut kannot. Yleisesti voidaan todeta, että parhaaseen pinotiheyteen päästään leikkaavalla paloitteluelimellä (moottorisaha, giljotiini). Murskaava laite (RH-4) antaa sensijaan huonomman pinotiheyden.

1. JOHDANTO

Kanto- ja juuripuun korjuussa muodostavat lähi- ja kaukokuljetus huomattavan kustannuserän. Kantojen ja kannonpalojen epämääräisestä muodosta johtuu, että pinotiheys on huomattavasti kuitupuun pinotiheyttä pienempi. Tämä nostaa kiintokuutiometrin kuljetuskustannuksia.

Kanto- ja juuripuun metsäkuljetus vastaa matkan pituuden puolesta muita metsäkuljetuksia. Kaukokuljetuksessa sensijaan matkojen voidaan olettaa muodostuvan keskimäärin pitemmiksi kuin runkopuulla, sillä korjuukelpoisten kantojen suhteellisen pienistä määristä johtuen tarvittavaa erikoislaitteistoa ei kannata hankkia kaikille sellutehtaille.

Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiö suoritti 1960-luvun alussa kantojen uittokokeilun. Kannot niputettiin rekiniputtajalla siten, että nipun ympärille asetettiin kerros kuitupuuta siteeksi. Niput uivat hyvin ja tulivat ehjinä perille. Suurin osa kuoresta, kivistä ja hiekasta irtosi uiton aikana (SAARINEN 1970). Uitto osoittautui näin ollen teknisesti mahdolliseksi, mutta suu-

rista niputuskustannuksista johtuen sen käyttö ei ole taloudellisesti kannattavaa.

Puolassa on suoritettu vertailututkimus kokonaisten kantojen ja 4...6 palaan pilkotujen kantojen autokuljetuksesta (CZEREYSKI 1965). Paloiteltujen kantojen kuljetus osoittautui edullisemmaksi vaihtoehdoksi. Samaan tulokseen palojen edullisuudesta on päädytty metsäntutkimuslaitoksessa tehdyissä laskelmissa, joissa on otettu huomioon koko korjuuketjun kustannukset (MÄKELÄ 1971a).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää maaston, kuljetusvälineen, kuormaus- ja purkamistavan ja -laitteiden sekä puutavaran palakoon vaikutusta kanto- ja juuripuun kuljetuksessa. Tulosten perusteella pyritään määrittelemään erilaisiin tapauksiin teknisesti edullisin ja taloudellisin kuljetusjärjestelmä. Lopuksi selvitetään kuljetusmenetelmien kehittämismahdollisuuksia ja kuljetuksen niveltymistä korjuuketjun muihin työvaiheisiin.

2. TUTKIMUKSEN SUORITUS JA AINEISTO

Metsäkuljetustutkimus suoritettiin kesinä 1970 ja 1971 Kemi Oy:n kokeilutyömaalla Säynäjässä noin 60 kilometriä Rovaniemeltä pohjoiseen. Kuljetuksessa kannot olivat kokonaisia tai räjäyttämällä nostettuja, jolloin kanto oli haljennut 2–4 palaseen. Kuljetusmaasto oli pieniä upottavia kohtia lukuun ottamatta kangasmaata. Maasto oli pääasiassa ensimmäistä maastoluokkaa.

Kuljetusyksikkönä oli Tree Farmer veto-traktori ja hydraulisella kuormaimella varustettu 18 m³:n perävaunu. Yhdistelmä sopi hyvin kuormaukseen ja purkamiseen, mutta sen maastokelpoisuus upottavissa paikoissa oli huono.

Autokuljetusta tutkittiin kolmella reitillä, joissa kuljetuskalusto ja kuormaus- ja purkamenetelmät olivat erilaisia. Reitti I oli 190 kilo-

metrin pituinen ja se alkoi Kemi Oy:n Säynäjän työmaalta ja päättyi Kemiin Pajusaaren tehtaalle. Kuljetusyksikkö oli Scania 110 Super vetovaunu varustettuna 30 m³:n lavalla ja tähän liitetyllä 35 m³:n perävaunulla (Kuva 1). Veto-vaunun perässä oli hydraulinen Foco-merkkinen kuormain, jonka kouraan oli kiinnitetty peltilevyt kuormauksen helpottamiseksi. Kuormaus ja purkaminen suoritettiin edellä mainitulla kourakuormaimella.

Reitti II kulki Oulu Osakeyhtiön Nuottasaaren tehtaalta Kemiin Pajusaaren tehtaalle, jolloin matka oli 115 kilometriä. Auto oli 30 m³:n hakeumpilavalla varustettu Scania-Vabis 75 (Kuva 2). Kuormaus suoritettiin mekaanisella Jussi-kaivukoneella ja purkaminen kippaamalla.

Reitti III kulki Yhtyneet Paperitehtaat Osa-



Kuva 1. Auton kuormausta hydraulikuormaimella (Reitti I).

Fig. 1. Loading the truck by hydraulic loader (Route I).



Kuva 2. Auton kuormausta kaivukoneella (Reitti II).

Fig. 2. Loading the truck with an excavator (Route II).



Kuva 3. Auton kuormausta hydraulikuormaimella (Reitti III).

Fig. 3. Loading the truck by hydraulic loader (Route III).

keyhtiön kahdelta Padasjoella sijaitsevalta kantoleimikolta Lahden rautatieasemalle. Kuljetusmatkat olivat 56 ja 45 kilometriä. Kuljetusyksikkö oli Kontio-Sisu, jossa oli 23 m³:n kuormatila ja hydraulinen Tico K 500 kuormain. Sen koura oli aluksi 32 cm:n ja myöhemmin tehtyjen muutostöiden jälkeen 121 cm:n levyinen (Kuva 3). Kuormausta suoritettiin koura-kuormaimella. Purkamisen tapahtui Lahden rautatieasemalla suoraan rautatievaunuihin. Kuorma joko kipattiin sokerijuurikkaiden kuormaukseen tarkoitettuun lastauslaiturilta, tai vaihtoehtoisesti ensimmäinen vaunuun tuleva kuorma kipattiin asemalaiturilta ja toinen autokuorma siirrettiin rautatievaunuun heittelemällä.

Rautateitse kuljetettiin kantopuuta Lahdesta Kemiin Pajusaaren tehtaalle. Vaunut olivat Hdk-tyyppisiä ja kuormatilaltaan 44 m³. Niihin jouduttiin asentamaan avonaisille sivuille laudoitus kuljetuksen ajaksi. Purkamisen suoritettiin sahausjätteille tarkoitettuun nosturilla.

Kantopuun punnitukset tapahtuivat Kemissä ja Lahdessa. Niitä suoritettiin autokuormista, rautatievaunuista ja upotusmittauksen yhteydessä traktorin irtolavoista.

Palakoko- ja pinotiheystutkimus suoritettiin Kemissä. Pinotiheyden määrittäminen tapahtui Veitsiluoto Osakeyhtiön upotusmittarilla (Kuva 8).

Tutkimuksessa kerätyn aineiston määrä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tutkimusaineiston määrä.

Table 1. Quantity of research material.

Aihe — Subject	Kantoja — Stumps		Mittauksia Measuring kpl Units
	p-m ³ piled cu. m.	Kuormia Loads	
Metsäkuljetus Forest haulage	630	35	—
Autokuljetus Truck transport	782	19	—
Rautatiekuljetus Railway transport	204	5	—
Pinotiheys Pile density	495	13	41
Palakoko Fragment size	••	••	1335
Kantojen paino Weight of stumps	706	24	41

3. TUTKIMUSTULOKSET

31. Metsäkuljetuksen aikatutkimustulokset

311. Varsinainen kuljetus

Metsäkuljetus jaettiin seuraaviin työvaiheisiin: kuormaus, kuormausajo, kuormattuna ajo, purkaminen ja tyhjänä ajo. Nämä eroteltiin vielä valmistautumiseen ja varsinaiseen työvaiheeseen.

Kuormaus käsitti kantojen tai kannonpalojen siirtämisen maasta kuormatilaan. Siihen kulunut aika on esitetty taulukossa 2.

Kuormauksen valmisteluun kului aikaa keskimäärin 18 cmin kuormaa kohti. Kokonaisia kantoja mahtui 18 m³:n lavalle kerrallaan 17 ± 3 kpl. Kannonpaloja oli kuormassa 69 ± 17 kpl, ja niiden kuormaamiseen tarvittiin 29 kouraisua.

Kuormausajo käsitti siirtymiset, jotka kuljetusyksikkö joutui suorittamaan kerätessään kuormaa. Se alkoi ensimmäiseltä kuormauspaikalta ja päättyi paikkaan, jossa kuorma tuli

täyteen. Valmistautumiseen kului 16 cmin/kuorma. Kuormausajomatka yhtenä kuorman-keruukertana oli 109 m, yksittäisen siirtymämatkan ollessa 19 m. Ajonopeus oli 50 ± 18 m/min.

Kuormattuna ajo sisälsi täyden kuorman siirtämisen viimeiseltä kuormauspaikalta väli-varastolle. Valmistautumisen osuus oli 22 cmin/kuorma. Ajonopeudeksi saatiin 69 ± 22 m/min ajomatkan ollessa 473 ± 437 m.

Purkaminen käsitti kuorman purkamisen väli-varastolla. Sen ajanmenekki on esitetty taulukossa 3.

Purkamisen valmisteluun kului aikaa 25 cmin. Kokonaiset kannot purettiin kanto kerrallaan. Palasia oli yhdessä kourausussa keskimäärin 2,4 kappaletta.

Tyhjänä ajo käsitti ajon väli-varastolta ensimmäiselle kuormauspaikalle ilman kuormaa. Valmisteluun meni keskimäärin 30 cmin. Ajomatka oli 410 ± 120 m ja ajonopeus 74 ± 10 m/min.

Taulukko 2. Kuormaamisen ajanmenekki metsäkuljetuksessa.

Table 2. Time expended in loading for forest haulage.

Tavaralaji <i>Type of stump wood</i>	Työvaihe – Element				
	Taakan- nosto kuormaan <i>Lifting stumps into the load</i> cmin	Kuormai- men siir- to tyhjänä <i>Moving the empty loader</i> cmin	Yhteensä <i>Total</i> cmin	Nostaja/ kuorma <i>Number of liftings/load</i> kpl – units	Kuormausaika (18 m ³ :n perä- vaunu) <i>Loading time (18 m³ trailer)</i> cmin
<i>Kokonaiset juurakot</i> <i>Whole stump-root systems</i>	33	17	50	17	840
<i>Paloiteltu kantopuu</i> <i>Split stump wood</i>	35	19	54	29	1550

Taulukko 3. Purkamisen ajanmenekki metsäkuljetuksessa.
 Table 3. Time expended in unloading in forest haulage.

Tavaralaji Type of stump wood	Työvaihe – Element				
	Taakan nosto kuormasta Lifting stumps from the load cmin	Kuormai- men siir- to tyhjänä Moving empty loader cmin	Yhteensä Total cmin	Nostoja/ kuorma Number of liftings/ load kpl –units	Purkamis- aika (18 m ³ perävaunu) Unloading time (18 m ³ trailer) cmin
Kokonaiset juurakot Whole stump-root systems	23	13	36	17	620
Paloiteltu kantopuu Split stump wood	26	15	41	24	970

312. Tehotyöaika ja keskeytykset.

Taulukossa 4 esitetään ajanmenekki kantojen metsäkuljetuksessa. Työvaiheilla, jotka ovat samat molemmissa menetelmissä, on käytetty

yhteisiä keskiarvoaikoja.

Keskeytysten osuudeksi saatiin aikatutkimuksessa 12.2 % tehoajasta. Tästä oli varsinaisen kuljetuksen osuus 7.0 ja huollon ja korjausten 5.2 %.

Taulukko 4. Ajanmenekki kantojen metsäkuljetuksessa.
 Table 4. Time expended in forest haulage.

Työvaihe – Element	Kokonaiset juurakot Whole stump-root systems		Kannonpalat Split stumps	
	Ajanmenekki – Expenditure of time			
	cmin/kuorma cmin/load	%	cmin/kuorma cmin/load	%
Tyhjänä ajo (410 m) Driving empty	588	19	588	14
Kuormaus – Loading	968	30	1673	39
Kuormausajo (109 m) Collecting driving	280	9	280	7
Kuormattuna ajo (473 m) Hauling loaded	708	22	708	17
Purkamisen – Unloading	647	20	994	23
Tehotyöaika – Productive working time	3191	100	4243	100
Keskeytykset (10 %) – Interruptions(10%)	319		424	
Työmaa-aika – Work-site time	3510		4667	

313. Kuljetuksen tuotos

Kokonaisten kantojen kuljetustuotos oli 1,7 kuormaa tunnissa. Kun kuorma sisälsi keskimäärin 17 kantoa (1 kanto = 0,10 k-m³) tuli tuntituotokseksi 2,9 k-m³ ja 8:n tunnin päivätuotokseksi 23,1 k-m³.

Kannonpalasten kuljetustuotos oli 1,3 kuormaa tunnissa. Kun peräkärryn tilavuus oli 18 m³ ja kuorman pinotiheydeksi oletettiin 0,25, oli tuntituotos 5,8 k-m³ ja työpäivätuotos 46,4 k-m³.

314. Yhdistelmä metsäkuljetuksesta

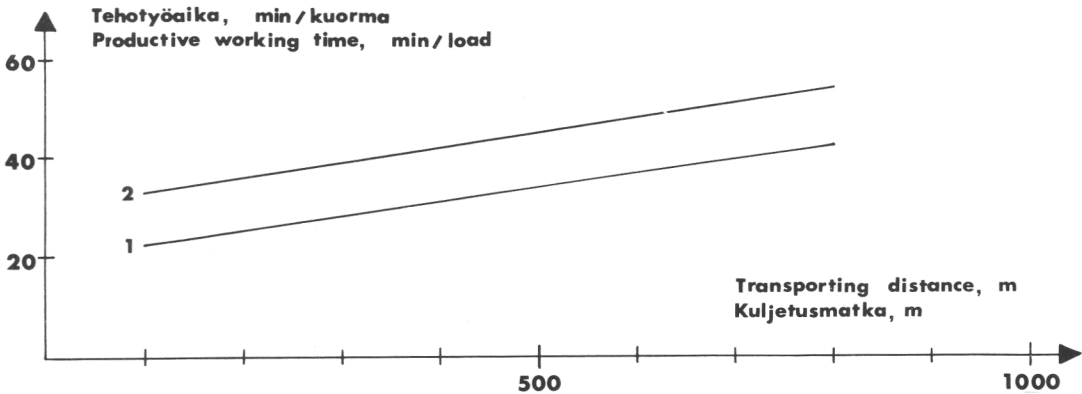
Kanto- ja juuripuun metsäkuljetuksessa osoit-

tautui kannonpalojen kuljetus tuotokseltaan huomattavasti kokonaisten kantojen kuljetusta edullisemmaksi. Kannonpalojen metsäkuljetus edellyttää nostopaikalla tapahtuvan paloittelun, mihin on tällä hetkellä mahdollisuus esimerkiksi käytettäessä räjäytysmenetelmää tai kaivukone-sovitteista nosto- ja paloittelulaitetta. Viimeksi mainitulla palakoko on keskimäärin pienempi kuin räjäytysmenetelmää käytettäessä ja tällöin kuorma- ja purkamisajat muodostuvat suuremmiksi.

Kuvassa 4 nähdään metsäkuljetuksen kuormaa kohti lasketun tehotyöajan riippuvuus kuljetusmatkasta. Kuvassa 5 on esitetty tuotoksen riippuvuus kuljetusmatkasta (ilman keskeytyksiä).

Kuva 4. Metsäkuljetuksen tehotyöajan riippuvuus kuljetusmatkasta.

Fig. 4. Correlation between the productive working time in forest haulage and transporting distance.

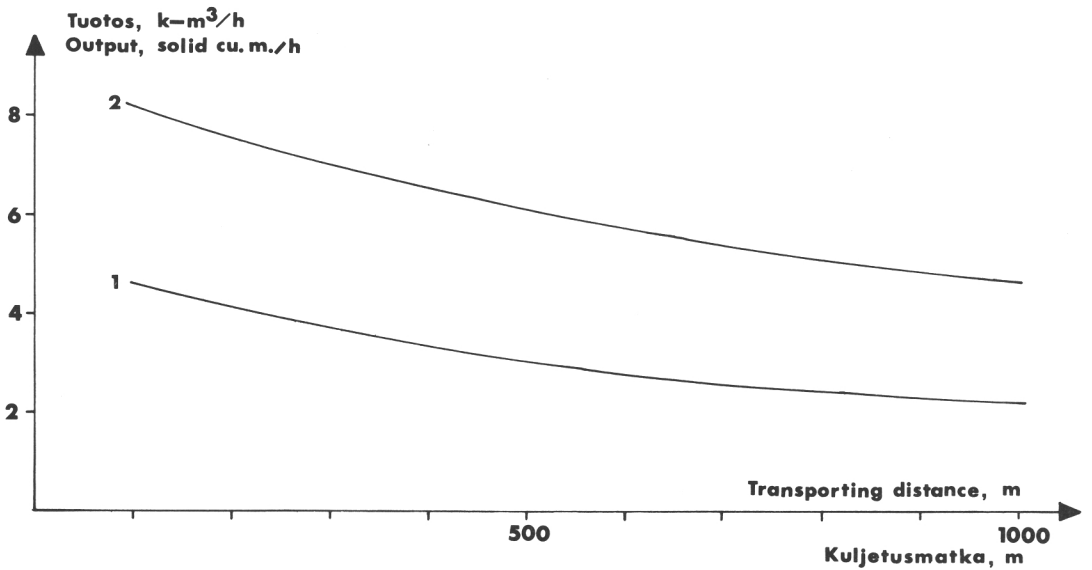


1. Kokonaiset kannot, *whole stump-root systems*

2. Kannonpalat, *split stumps*

Kuva 5. Metsäkuljetuksen tehotuotoksen riippuvuus kuljetusmatkasta.

Fig. 5. Correlation between the productive working output in forest haulage and the transporting distance.



1. Kokonaiset kannot, *whole stump-root systems*
2. Kannonpalat, *split stumps*

32. Autokuljetuksen aikatutkimustulokset

321. Varsinainen kuljetus

Autokuljetus jaettiin seuraaviin työvaiheisiin: kuormaus, kuormausajo, kuormattuna ajo, purkaminen ja tyhjänä ajo. Näistä erotettiin toisistaan jälleen valmistautuminen ja varsinainen työvaihe.

Kuormaus käsitti auton kuormaamisen metsävarastolla. Se suoritettiin reiteillä I ja III hydraulikuormaimella. Ajanmenekki on esitetty taulukossa 5.

Kouran koon vaikutus nähdään selvästi reitin III tuloksista. Leveän kouran yhden kouraisun vaatima aika on melkein yhtä suuri kuin kapealla kouralla, mutta suuremmasta taakan koosta johtuen pinokuutiometrituotos on selvästi parempi.

Reitillä II kuormaus suoritettiin Jussi-merkisellä, sipulikuoralla varustetulla mekaanisella kaivukoneella (Kuva 2). Pinokuutiometrin kuor-

maamiseen kului aikaa 97 min. Samassa yhteydessä kokeiltiin myös hiekan kuormaamisessa käytettävää kauhaa. Siihen ei kuitenkaan saatu riittävästi kannonpaloja, joten sen käytöstä luovuttiin. Myös pyöräkuormaajaa kokeiltiin. Sillä työn tuotos oli alhainen ja kuorman tuli heikkoa ja kiviä, jotka vaikeuttavat myöhäisempää käsittelyä. Näiden seikkojen perusteella luovuttiin pyöräkuormaajankin käytöstä.

Kuormausajo käsitti auton siirtymiset kuormauksen aikana. Reitillä II ei esiintynyt kuormausajoa. Reitillä I ja III kuormausajokertoja oli keskimäärin 8 keskimatkan ollessa 21 m. Ajonopeudet vaihtelivat 44–100 m/min. Valmistautumiseen kului 30–230 min reitistä riippuen.

Kuormattuna-ajo käsitti täyden kuorman siirtämisen metsävarastolta tehtaalle tai rautatieasemalle. Valmistautumiseen kului 180–365 min/kuorma. Tulokset ajosta on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 5. Kuormaamisen ajanmenekki autokuljetuksessa.

Table 5. Time expended in loading for truck transport.

Työvaihe – Element	Reitti I – Route I		Reitti III – Route III			
	cmin/p-m ³ cmin/piled cu.m.	%	Kapea koura Narrow grapple		Leveä koura Wide grapple	
			cmin/p-m ³ cmin/piled cu.m.	%	cmin/p-m ³ cmin/piled cu.m.	%
Kuormauksen valmistelu <i>Preparing to load</i>	19	10	9	4	9	5
Kouran siirto tyhjänä <i>Moving the empty grapple</i>	62	32	95	33	55	32
Tarttuminen kannonpaloihin <i>Grapppling the split stumps</i>	37	19	65	23	35	20
Taakan nosto kuormaan <i>Lifting stumps into the load</i>	63	32	97	34	60	34
Kuorman järjestely <i>Putting the load in order</i>	15	7	15	6	16	9
Tehotyöaika <i>Productive working time</i>	196	100	281	100	175	100
Taakan koko <i>Size of the grapple load</i>	0.36 p-m ³ piled cu.m.		0.30 p-m ³ piled cu.m.		0.51 p-m ³ piled cu.m.	

Taulukko 6. Kuormattuna-ajo autokuljetuksessa.

Table 6. Driving loaded in truck transport.

	Reitti I – Route I		Reitti II – Route II		Reitti III – Route III			
	Matka Distance	Nopeus Speed	Matka Distance	Nopeus Speed	Leimikko 1 Area 1		Leimikko 2 Area 2	
					Matka Distance	Nopeus Speed	Matka Distance	Nopeus Speed
	km	km/h	km	km/h	km	km/h	km	km/h
Metsä <i>Forest</i>	3	6	–	–	0.7	0.7	4	3
Metsäautotie <i>Forest track</i>	11	28	–	–	0.3	7	25	51
Soratie <i>Gravel road</i>	31	60	–	–	–	–	–	–
Asfalttatie <i>Tarmac road</i>	146	69	115	61	45	49	63	63

Taulukko 7. Purkamisen ajanmenekki autokuljetuksessa.
 Table 7. Time expended in unloading in truck transport.

Työvaihe – Element	Ajanmenekki – Expenditure of time	
	cmin/p-m ³ piled cu.m.	%
Purkamisen valmistelu – Preparing to unload	2	1
Kouran siirto tyhjänä – Moving the empty grapple	56	36
Tarttuminen kannonpaloihin – Grappling the split stumps	53	34
Taakan nosto kuormasta – Lifting stumps from the load	44	29
Tehotyöaika – Productive working time	155	100

Purkamisen käsitti kuorman purkamisen tehtaalla tai rautatieasemalla. Purkamisen suoritettiin reitillä I hydraulikuormaimella, jonka taakan keskikoko oli 0,36 p-m³. Sen ajanmenekki on esitetty taulukossa 7.

Reitillä II kannonpalat purettiin kippaamalla varastokentälle. Purkamiseen kului valmisteluineen 573 cmin/kuorma. Reitillä III purkamisen tapahtui suoraan rautatievaunuihin seuraavasti: Ensimmäinen autokuorma kipattiin suoraan rautatievaunuun, johon kului 2000 cmin/

kuorma. Toinen kuorma heiteltiin käsin autosta vierellä olevaan rautatievaunuun, jolloin aikaa kului 4200 cmin/kuorma. Kaksi kuormaa purettiin kippaamalla palat sokerijuurikkaiden kuormaamiseen tarkoitettulta laiturilta suoraan vaunuun (Kuva 7). Tässä menetelmässä kului aikaa 1840 cmin/kuorma.

Tyhjänä ajo käsitti ajon purkamispaikalta kuormaustaikalle ilman kuormaa. Tulokset siitä on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Tyhjänä ajo autokuljetuksessa.
 Table 8. Driving empty in truck transport.

Tien laatu Type of road	Reitti I – Route I		Reitti II – Route II			
	Matka Distance mk	Nopeus Speed km/h	Leimikko 1 Area 1		Leimikko 2 Area 2	
			Matka Distance km	Nopeus Speed km/h	Matka Distance km	Nopeus Speed km/h
Metsä Forest	3	7	0,7	4	0,7	4
Metsäautotie Forest track	11	35	0,3	33	7	57
Öljysoratie Oil surface	31	68	–	–	–	–
Asfalttatie Tarmac road	146	71	45	70	49	70

322. Tehotyöaika ja keskeytykset

kuormaukseen ja 1 % purkamiseen.

Autokuljetuksen keskeytysprosentti oli 10.
Reitillä I liittyi tästä 6 % ajovaiheeseen, 3 %

Tehotyöajan ja keskeytysten perusteella saatu kokonaisaika on esitetty reiteittäin taulukossa 9.

Taulukko 9. Ajanmenekki autokuljetuksessa.

Table 9. Time expended on truck transport.

Työvaihe – Element	Reitti I Route I		Reitti II Route II		Reitti III – Route III			
					Leimikko 1 Area 1		Leimikko 2 Area 2	
	Ajanmenekki – Expenditure of time							
	$\frac{\text{cmin}}{\text{p-m}}/3$ piled cu. m.	%	$\frac{\text{cmin}}{\text{p-m}}/3$ piled cu. m.	%	$\frac{\text{cmin}}{\text{p-m}}/3$ piled cu. m.	%	$\frac{\text{cmin}}{\text{p-m}}/3$ piled cu. m.	%
Tyhjänä ajo Driving empty	308	31	354	42	247	28	297	33
Kuormaus Loading	196	19	97	12	279	31	175	20
Kuormausajo Collecting driving	28	3	–	–	35	4	35	4
Kuormattuna ajo Driving loaded	316	31	375	44	254	28	306	34
Purkaminen Unloading	158	16	19	2	x) 80	9	x) 80	9
Tehotyöaika Productive working time	1006	100	845	100	895	100	893	100
Keskeytykset Interruptions	101		85		90		89	
Työmaa-aika Work-site time	1107		930		985		982	
Työmaa-aika, $\frac{\text{cmin}}{\text{p-m}}/3/\text{km}$ Work-site time, $\frac{\text{cmin}}{\text{piled}}/\text{km}$		6		8		22		18
Kuorman koko, m^3 Size of the load, m^3		65		30		23		23
Kuljetusmatka, km Transporting distance, km		190		115		45		56

x) Purkaminen lastauslaiturilta
Unloading from loading platform

323. Kuljetuksen tuotos

Kuljetuksen ajanmenekki vaihteli 6...22 cmin/p-m³/km. Parhaaseen tulokseen päästiin reitillä, jossa oli suurin kuljetusauto. Lähes yhtä hyvä tuotos saavutettiin keskikokoisella autolla, kun kuormaus ja purkaminen tapahtuivat nopeasti. Huonoin tulos oli pienimmällä autolla, jossa oli kapea kuormainen koura.

Ajanmenekin riippuvuus kuljetusmatkasta on esitetty kuvassa 6, jossa ei ole otettu huomioon keskeytysten osuutta.

324. Yhdistelmä autokuljetuksesta

Autokuljetuksen tuotosta nostaa siirtyminen suureen kuljetusyksikköön. Kuormaus- ja purkamismenetelmien kehittäminen parantaa myös tuotosta erityisesti lyhyillä kuljetusmatkoilla.

Tutkittuja menetelmiä yhdistämällä olisi parhaaseen kuljetustuotokseen päästy seuraavassa tapauksessa: Kuljetusauto reitillä I käytetty (65 m³), kuormaus kaivukoneella (reitti II) sekä purkaminen kippaamalla (reitti III). Tulos olisi ollut taloudellisesti edullisin, jos edellä mainitussa yhdistelmässä kaivukonekuormaus olisi korvattu kuljetusauton omalla leveäkouraisella hydraulikuormaimella suoritettavalla kuormauksella.

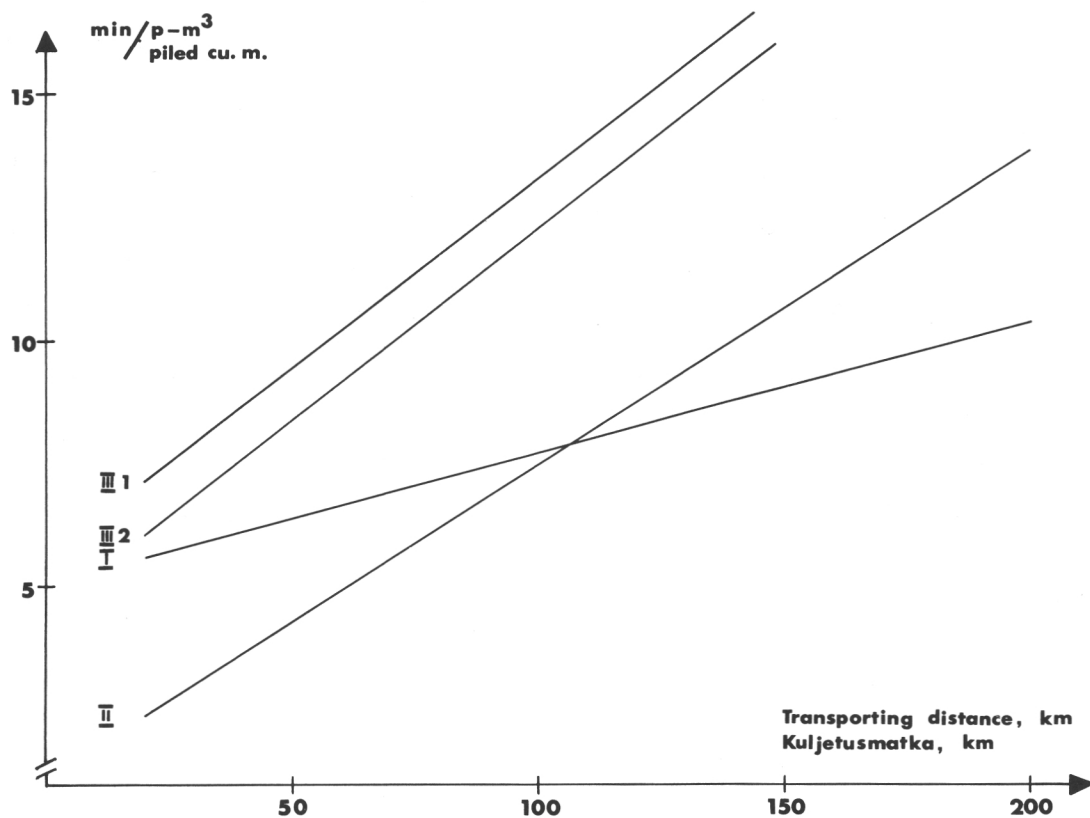
33. Rautatiekuljetuksen aikatutkimustulokset

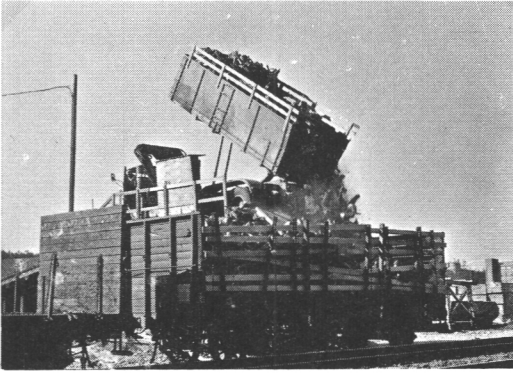
331. Varsinainen kuljetus

Kuormaus käsitti rautatievaunun kuormaimisen rautatieasemalla. Se suoritettiin 44 m³:n Hdk-tyyppisiin vaunuihin kahdella eri mene-

Kuva 6. Autokuljetuksen ajanmenekin riippuvuus kuljetusmatkasta.

Fig. 6. Correlation between the time expended in truck transport and the transporting distance.





Kuva 7. Rautatievaunun kuormaus.
Fig. 7. Loading the railway wagon.

telmällä: Ensimmäisessä menetelmässä osa kippattiin autosta suoraan vaunuun ja osa heitettiin käsin vaunuun. Aikaa kului 6200 cmin/vaunukuorma. Toisessa menetelmässä kuormaus suoritettiin kippaamalla sokerijuurikkaiden lastaukseen tarkoitettulta laiturilta (Kuva 7). Tällöin aikaa kului 3680 cmin/vaunukuorma.

Purkamisen käsitti rautatievaunun purkamisen tehtaalla. Se suoritettiin Kemissä Pajusaaren tehtaalla hydraulisella sipulikouralla varustetulla ARA-merkkisellä nosturilla. Tämä siirsi palat vieressä odottavan Michigan pyöräkuormaajan kauhaan, joka kauhan täytyttyä siirsi palaset varastopaikalle. Vaunukuorman purkamiseen

kului aikaa 83 min, josta 55 min oli nosturin tehollista työaikaa ja 29 min kului pyöräkuormaajan odottamiseen.

332. Kuljetuksen tuotos

Kahdeksan tunnin työpäivän kuluessa voidaan yhdistettyä kippausta ja käsin heittelyä käyttäen kuormata seitsemän ja lastauslaiturilta kolmetoista rautatievaunua. Purkamispäässä ehditään käsitellä vastaavasti viisi vaunua.

333. Yhdistelmä rautatiekuljetuksesta

Rautatiekuljetus soveltuu huokeiden tariffiansa ansiosta kanto- ja juuripuun kaukokuljetukseen erityisesti pitkillä matkoilla. Tehokas kuormaus edellyttää lastauslaituria. Purkamisessa on yleensä käytettävänä tehtaiden kalustoa, joten sen järjestämisessä ovat määräävinä tehtaan erikoisolot.

34. Kanto- ja juuripuun paino

Kantopuun pinokuutiometripainot vaihtelevat suuresti riippuen kannonpalojen paloittelumenetelmästä. Pinokuutiometripaino on pienempi kuin hakkeella, joten paino ei varsinaisesti rajoita kuljetusten kokoa eikä kaluston valintaa. Punnitustulokset on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Kantopuun paino.
Table 10. The weight of stump wood.

Reitti Route	Puulaji – Species	Kantopuun paino – Weight of stump wood		
		Autokuorma Truck load kg/p-m ³ kg/piled cu.m.	Rt-vaunu Railway wagon kg/p-m ³ kg/piled cu.m.	kg/k-m ³ kg/solid cu.m.
I	mänty – pine	252	—	800
I	kuusi – spruce	325	—	636
II	seka – pine and spruce	••	—	944
III	kuusi – spruce	288	317	730

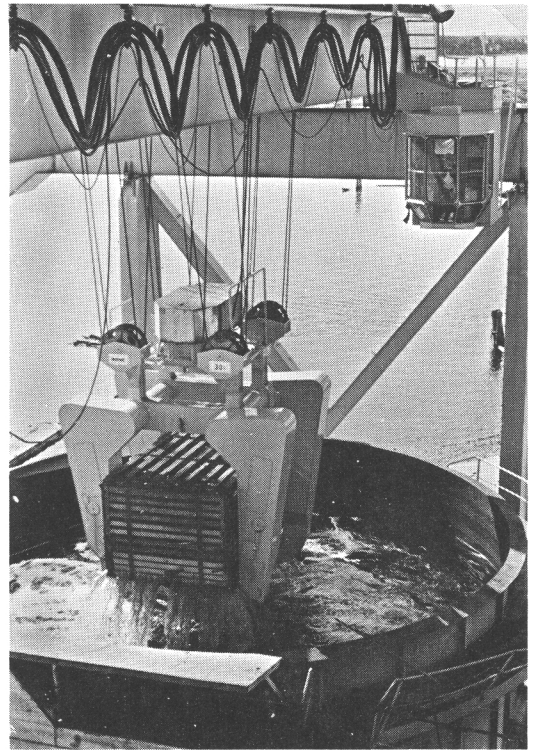
35. Palakoko ja pinotiheys

Palakokomittauksessa oli tavoitteena saada selville kannonpalan suurimmat ulottuvuudet, koska niistä riippuu palan sopiminen jatkokäsittelylaitteisiin. Mittausten tulokset on esitetty taulukossa 11.

Pinotiheys määritettiin autokuormittain, ve-toauto ja perävaunu erikseen. Mittaus suoritettiin seuraavasti: Autokuorma purettiin Pajusaassa asfalttikentälle, mistä se kuljetettiin kannella varustetulla traktorin irtolavalla Veitsiluoto Osakeyhtiön upotusmittarille (Kuva 8). Pinomittana käytettiin autokuorman tehdasmittaa.

Pinotiheyteen vaikuttaa paloittelumenetelmä, palakoko ja kuormaustapa. Suurin pinotiheys saavutettiin moottorisahalla pilkkomalla. Siinä hakkuumies käsittelee palaset yksilöllisesti poistaen pinotiheyttä pienentävät sivujuuret. Lisäksi sahatut leikkauspinnat ovat tasaisia, eivätkä palat tartu toisiinsa kiinni. Lypsyniemien giljotiinilla paloitelluissa kannoissa leikkauspinnat ovat epätasaisia ja tällöin palaset tarttuvat toisiinsa pienentäen pinotiheyttä. RH-4 kaivukoneeseen asennetulla hydraulisella leikkurilla paloitettu tavara on samoin epätasaisista katkaisupinnaltaan ja lisäksi mukaan jäävät pienet juuret vaikuttavat pinotiheyttä pienentävästi. RH-4:n jälkeen paransi jonkin verran moottorisahalla suoritettu jatkokäsittely, jolloin ohuet juurenosat poistettiin ja suurimpia paloja pienennettiin.

Taulukossa 12 on esitetty tulokset auto-



Kuva 8. Kantopuun tilavuuden määrittäminen upotusmittarilla.

Fig. 8. Measuring the volume of stump wood with an immersion meter.

kuljetuksiin liittyneistä pinotiheysmittauksista. Rautatiekuljetuksessa pinotiheys oli 0,43–0,44.

Taulukko 11. Eri menetelmillä paloittelujen kantojen keskimääräinen palakoko.

Table 11. Average fragment size of split stumps split by different methods.

Paloittelutapa – Splitting method	Pituus Length		Leveys Wigth	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Moottorisaha (mäntymurikoita) – Motor saw (blocks of pine stump)	63	14	67	19
RH-4, moottorisaha (mänty) – RH-4, motor saw (pine)	56	16	27	12
RH-4 (mänty) – RH-4 (pine)	60	18	29	16
Räjätys + moottorisaha (kuusi) – Exploding + motor saw (spruce)	57	14	28	12
Giljotiini (mänty) – "Guillotine" (pine)	55	18	22	11
Moottorisaha (seka) – Motor saw (pine and spruce)	48	12	23	12
Moottorisaha (murikoiden juuria) (mänty) – Motor saw (roots of pine stump blocks)	57	17	25	16

Taulukko 12. Eri menetelmillä paloitetujen kantojen pinotiheyksiä.
 Table 12. Pile densities of split stumps split by different methods.

Paloittelutapa – Splitting method	Pinotiheys auto- kuormassa teh- taalla Pile density of truck load in the factory
Moottorisaha (mänty, murikat) – Motor saw (blocks of pine stumps)	0.39
Moottorisaha (mänty, murikoiden juuret) – Motor saw (roots of pine stump blocks)	0.30
Moottorisaha + räjäytys (kuusi) – Motor saw + exploding (spruce)	0.40
Moottorisaha +räjäytys (mänty, autokuorma tiivistetty metsäpäässä) Motor saw + exploding (pine, truck was packed tightly when it was loaded)	0.41
Lypsyniemen Giljotiini (mänty) – ”Guillotine” (pine)	0.32
RH-4 kaivukone + moottorisaha (mänty) – RH-4 excavator + motor saw (pine)	0.32
RH-4 kaivukone + moottorisaha (mänty, autokuorma tiivistetty metsäpäässä) RH-4 excavator + motor saw (pine, truck load was packed tightly when it was loaded)	0.35
RH-4 kaivukone (mänty) – RH-4 excavator (pine)	0.28

4. KULJETUSKUSTANNUKSET

41. Metsäkuljetuskustannukset

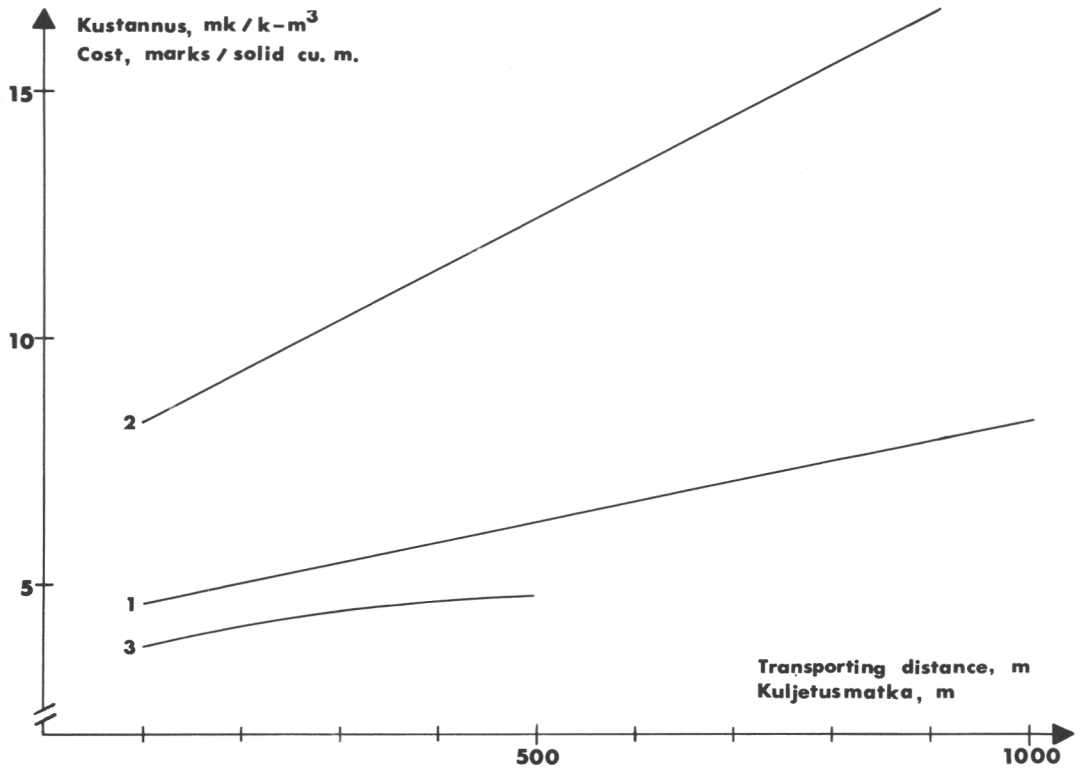
Metsäkuljetuksen kustannukset laskettiin koneen tuntivuokran ja työmaa-ajan perusteella. Koneen tuntivuokrana käytettiin 35 mk/h. Kuvassa 9 on esitetty kuljetuskustannukset kiintokuutiometriä kohti.

42. Autokuljetuskustannukset

Autokuljetuksen kustannukset on laskettu käyttäen kuljetusmaksuina kuivan havukuitupuun ohjemaksuja kuormauspaikkaluokkaa 2 vastaavissa oloissa. Kuvassa 10 on esitetty autokuljetuksen kiintokuutiometrikustannus eri kuljetusmatkoilla.

Kuva 9. Metsäkuljetuskustannusten riippuvuus kuljetusmatkasta.

Fig. 9. Correlation between forest transport costs and transporting distance.



1. Kannonpalat (pinotiheys 0.25), Split stumps (pile density 0.25)
2. Kokonaiset kannot, Whole stump-root systems
3. 2 m kuitupuu, 2 m pulpwood

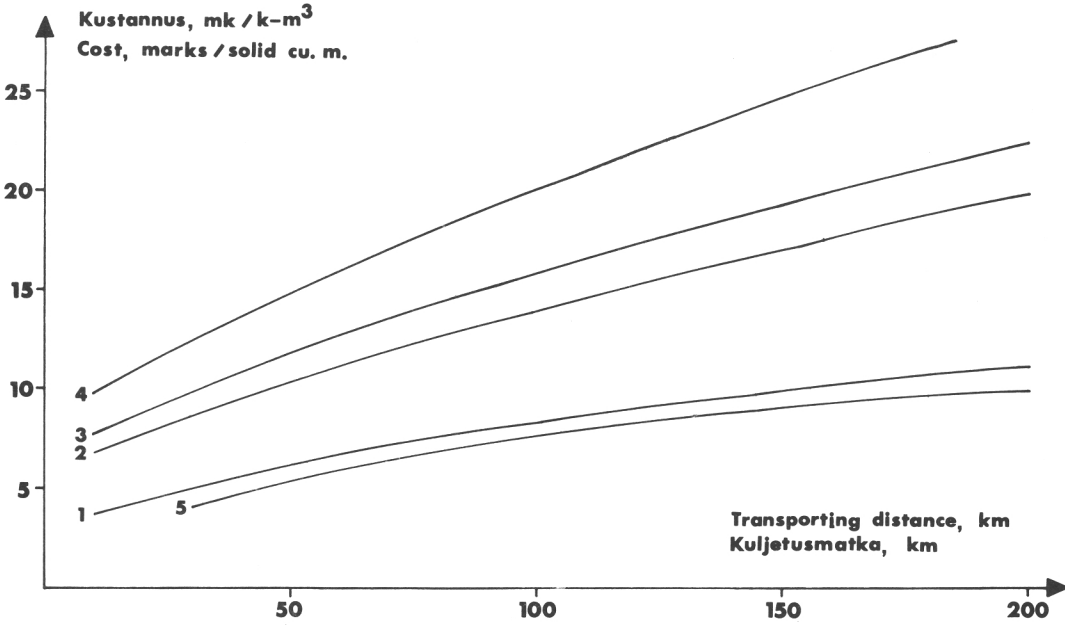
Kanto- ja juuripuun kuljetuskustannuksia voidaan alentaa järjestämällä kuormaus erillisellä koneella. Tällöin voidaan käyttää hakkeen kuljetuskalustoa, jolloin purkamisen on mahdollista kippaamalla.

43. Rautatiekuljetuskustannukset

Kantojen rautatiekuljetuksessa käytetään

kahdenlaisia rahtimaksuja riippuen lähetysaseman sijainnista. Mikäli lähetysasema sijaitsee linjan Noormarkku-Ylöjärvi-Lyly-Halli-Mäkelä-Voikoski-Simpele pohjoispuolella, veloitetään maksu rahtiluokan H2 eli pinomitan mukaan. Muualta lähetetystä kantuusta veloitetään rahtiluokan 10 eli painon mukaan. Kuvassa 11 on esitetty kuljetuskustannukset eri kuljetusmatkoilla olettaen vaunun puumääräksi 45 pino-kuutiometriä tai 15 tonnia.

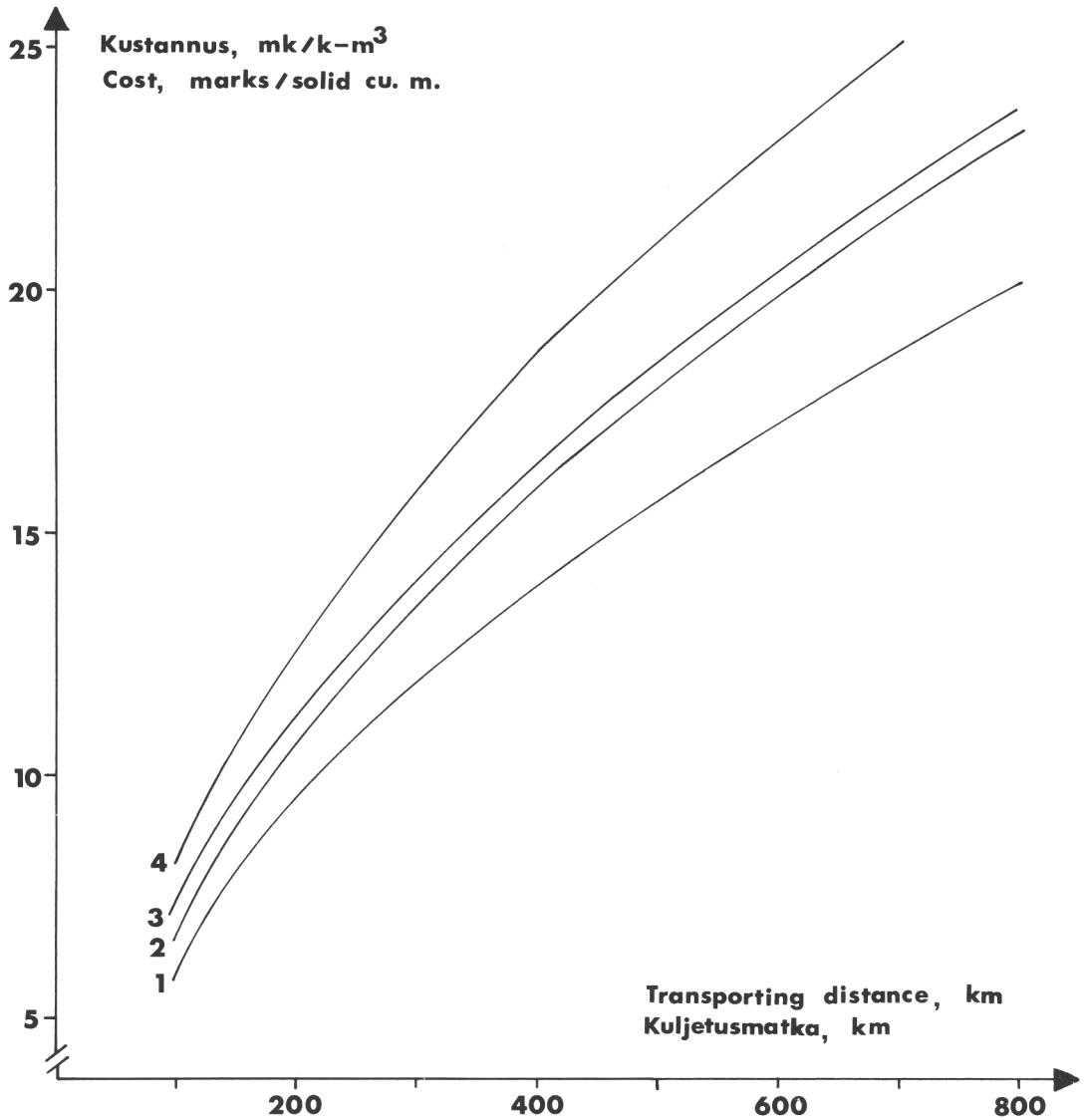
Kuva 10. Autokuljetuskustannusten riippuvuus kuljetusmatkasta.
 Fig. 10. Correlation between the transport costs and transporting distance.



1. Kuiva havukuitupuu, *Dry softwood pulpwood*
2. Kanto- ja juuripuu (pinotiheys 0.40), *Stump and root wood (pile density 0.40)*
3. Kanto- ja juuripuu (pinotiheys 0.35), *Stump and root wood (pile density 0.35)*
4. Kanto- ja juuripuu (pinotiheys 0.28), *Stump and root wood (pile density 0.28)*
5. Hake (pinotiheys 0.40), *Chips (pile density 0.40)*

Kuva 11. Rautatiekuljetuskustannusten riippuvuus kuljetusmatkasta.

Fig. 11. Correlation between railway transport costs and transporting distance.



1. Rahtiluokka H2 (pinotiheys 0,40), Transporting from the development area (pile density 0,40)
2. Rahtiluokka H2 (pinotiheys 0,35), Transporting from the development area (pile density 0,35)
3. Rahtiluokka 10 (pinotiheys 0,40), Transporting from other parts of Finland (pile density 0,40)
4. Rahtiluokka 10 (pinotiheys 0,35), Transporting from other parts of Finland (pile density 0,35)

5. KULJETUSMENETELMIEN KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET

Metsäkuljetuksessa tulee pyrkiä paloitetujen kantojen kuljetukseen, varsinkin pitkillä kuljetusmatkoilla. Kuljetusyksikön varustaminen kipattavalla kuormatilalla, sen suurentaminen ja kuormaimen kouran suunnitteleminen nimenomaan kantoja varten nostavat kuljetustuotosta.

Eräänä kuljetusratkaisuna on esitetty, että paloittelukone (esim. RH-4) kasaisi palat siihen liitettyyn häkkiin. Häkin täytyttyä kone vaihtaisi sen uuteen. Traktori keräisi täydet häkit kaukokuljetusreitien varten, jossa ne purettaisiin kuorma-autoon tai vietäisiin sellaisenaan tehtaalle.

Toinen mahdollisuus on varustaa paloittelukone perävaunulla, johon pilkkominen tapahtuu. Tässä menetelmässä paloittelukone kuljettaisi perävaunun välivarastolle. Mikäli kuljetusmatka muodostuisi liian pitkäksi, voisi maataloustraktori suorittaa kuljetuksen.

Autokuljetuksessa on kuormausta ja purkamista nopeutettava. Edellä kuvattu häkkinen menetelmä on eräs mahdollisuus. Kuljetuksessa voidaan käyttää myös vaihtolavoja. Se edellyttää metsä- ja autokuljetuksen niveltämistä toisiinsa erittäin tarkasti, mikä on vaikeata kanto-työmailla.

Mikäli kuormausta ei edellytä autokohtaista kuormausratkaisua, voidaan vetovaunu ja perävaunu varustaa kipillä, jolloin purkaminen nopeutuu. Tällöin voidaan kantojen kuljetuksessa käyttää hakekalustoa.

Rautateitse kuljetettavat kantopuuerät tulisi keskittää tiettyihin paikkoihin, jolloin olisi taloudellisesti kannattavaa rakentaa kourmausta edistäviä laitteita, kuten esimerkiksi lastauslaitureita. Tällöin kannattaa käyttää varsinaisia hakevaunuja, koska niiden purkaminen on nopeaa.

Kanto- ja juuripuun kuljetuksen jokaisessa vaiheessa kuljetuskustannuksiin vaikuttaa pinotiheys, jonka tulisi olla mahdollisimman suuri. Pinotiheyden nostaminen lisää kuitenkin kustannuksia paloitteluvaiheessa. Tästä johtuen olisi selvitettävä, minkälaiseen pinotiheyteen kannattaa eri kuljetusmatkoilla pyrkiä, jotta korjuuketjun kokonaiskustannukset olisivat mahdollisimman pienet.

Taulukossa 13 on esitetty käyttökelpoiseksi havaittuja korjuuketjuvaihtoehtoja.

Taulukko 13. Erilaisia korjuuketjuvaihtoehtoja.
 Table 13. Harvesting schedule alternatives.

Nosto <i>Extraction</i>	Paloittelu <i>Splitting</i>	Lähikuljetus <i>Forest haulage</i>	Paloittelu <i>Splitting</i>	Kauko- kuljetus <i>Longdistance transport</i>	Pinotiheys tehtaalla <i>Pile density in the factory</i>
1. Räjätys, palo- lojen irrotus vinssillä tai trak- torin raivaus- kouralla <i>Exploding, extraction of the split stump for example with a winch</i>	Räjätys nos- tin yhteydessä <i>Exploding in connection with extraction</i>	Metsätraktorilla (paloina) <i>By the for- warder (split stumps)</i>	Lypsniemen Giljotiinilla <i>By guillotine</i>	Kuorma- autolla <i>By truck</i>	0.32
2. —”—	—”—	—”—	Moottori- sahalla <i>By motor saw</i>	—”—	0.40
3. Allis-Chalmers TL-645:n kanto- kauhalla <i>By Allis-Chalmers TL-645 wheel loader equipped with a stump cub</i>		Metsätraktorilla (kokonaisina kantoina) <i>By the forwarder (whole stumps)</i>	—”—	—”—	0.35
4. —”—		—”—	RH-4 kaivuko- neella, viimeistely moottorisahalla <i>By RH-4 excavator and by motor saw</i>	—”—	0.32
5. —”—		—”—	RH-kaivukoneella <i>By RH-4 excavator</i>	—”—	0.28
6. RH-4 kaivuko- neella <i>By RH-excavator</i>		—”—	—”—	—”—	0.28
7. —”—	RH-4 kaivu- koneella <i>By RH-4 excavator</i>	Metsätraktori- rilla (paloina) <i>By the for- warder (split stumps)</i>		—”—	0.28

KIRJALLISUUTTA

- AHONEN, MATTI. 1970. Kanto- ja juuripuun korjuu Kemi Oy:n kokeilutyömaalla v. 1969. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- CZEREYSKI, KAZIMIERZ. 1965. Efektywnosc wykorzystania srodkow transportowych przy dostawie drewna pniakowego lupanego i nielupanego. Prace JBL nr 295, Warszawa. Metsätraktoreilla tapahtuvan puutavaran kuljetuksen ohjemaksut Pohjois-Suomessa (16. 12. 1970 alkaen).
- MÄKELÄ, MARKKU. 1971b. Kanto- ja juuripuun korjuu Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiön työmaalla Padasjoella v. 1970–71. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- MÄKELÄ, MARKKU. 1971a. Kantojen paloitelu. Konekirjoite. Puutavaran autokuljetusten ohjemaksut 15.1. 1971. Puutavaran rahdit 1.1.1971 lukien.
- SAARINEN, HANNU. 1970. Kantojen hankinta selluloosan raaka-aineeksi. Alustus Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliitossa 9.1.1970. Konekirjoite.
- SAHATEOLLISUUDEN SIVUTUOTEYHDISTYS RY. 1971. Hakkeen kuljetuskustannukset. Kiertokirje n:o 3/71.
- Vaunuormien rahdit tonnilta 1.1.1971 lukien.

- No 126 Matti Palo: Valtion metsäteollisuus- ja metsätalousyritysten koordinointi.
Coordination of State-owned forestry and forest-industry firms in Finland. 4,—
- No 127 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1969—71.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1969—71. 5,—
- No 128 Veijo Heiskanen — Pentti Rikkinen: Havusahatukkiin todellisen kiintomitan määrittäminen latvaläpimitan perusteella.
Determination of the true volume of coniferous saw logs on the basis of top diameter. 5,—
- No 129 Bo Långström: Insektisidien käyttö havupuiden taimien suojaukseen tukkimiehentäin (Hylobius abietis L.) tuhoilta.
The use of insecticides for protection of coniferous planting stock against the large pine weevil (Hylobius abietis L.) 1,—
- No 130 Metsätalastollinen vuosikirja 1970.
Yearbook of forest statistics 1970. 10,—
- No 131 Pertti Harstela: Puunkorjuumenetelmien ergonominen kehitys ja eräät työntehtäjiin kohdistuvat fyysiset vaikutukset.
The ergonomic development of the forest work methods and some physic effects on workers. 2,50
- No 132 Simo Poso — Matti Kujala: Ryhmitetty ilmakuva- ja maasto-otanta Inarin, Utsjoen ja Enontekiön metsien inventoinnissa.
Groupwise sampling based on photo and field plots in forest inventory of Inari, Utsjoki and Enontekiö. 4,—
- No 133 Matti Palo: Metsällisten projektien verkkosuunnittelu.
Planning forestry projects by means of network analysis. 5,—
- 1972 No 134 Aarne Reunala — Ilpo Tikkanen: Metsätalantajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila — Olavi Saikku: Kuoriprosentin määrittäminen sahanhakkeesta.
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla, Tuloksia Kivisuon koekentältä.
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen — Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla.
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä.
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen — Soini Silander — Paavo Tiihonen — Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzahlaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus.
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila — Jouko Laasasenaho — Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.
Branch data for logging work. 2,—

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä O D C tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää

11931—72/11,88

ISBN 951—40—0021—8