

ODC

367
377.44

FOLIA FORESTALIA 140

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1972

MATTI AHONEN JA MARKKU MÄKELÄ

JUURAKOIDEN IRROTTAMINEN MAASTA
PYÖRÄKUORMAJILLA

EXTRACTION OF STUMP-ROOT SYSTEMS BY
WHEEL LOADERS

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Metsäekonomian osasto

- 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: Harvennuskallit luontaisesti syntyneille männiköille 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 ja 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 tynkäkarsitun 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 ja Klaus Rantapuu: Metsätraktorien veto- ja nousukyvyistä rinteessä.
 On slope-elevation performance for forest tractors. 2,—
- No 112 Erkki Ahti: Maaveden jännityksen mittaamisesta tensiometrillä.
 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 ja Pentti Rikkonen: 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 Tiuhonen: Suomen pohjoispuoliskon mäntytukkipuusto v. 1969—70.
 Das Kiefernstarkholz der nördlichen Landeshälfte Finnlands i.J. 1969—70. 2,—
- No 118 Pertti Harstela: Moottorisahan tärinän 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,—

Matti Ahonen ja Markku Mäkelä

JUURAKOIDEN IRROTTAMINEN MAASTA PYÖRÄKUORMAAJILLA

Extraction of stump-root systems by wheel loaders

Summary in English

NSR*in alaisen yhteispohjoismaisen hakkuutähdeprojektin osatutkimus

A sub-project of the joint Nordic NSR*program for the utilisation of logging residues

ALKUSANAT

Pohjoismaiden Neuvosto teki vuonna 1966 aloitteen yhteispohjoismaisesta hakkuutähteidän hyväksikäyttöön tähtäävästä tutkimusprojektista, jota ryhdyttiinkin toteuttamaan Suomen johdolla vuonna 1969. Kanto- ja juuripuun osalta työ on jaettu viiteen alaprojektiin, jotka ovat

1. Kanto- ja juuripuun määrä
2. Kanto- ja juuripuun tekniset ominaisuudet
3. Kanto- ja juuripuun käyttö teollisuudessa
4. Kanto- ja juuripuun korjuu
5. Kanto- ja juuripuun talteenottoon liittyvät sivuvaikutukset.

Vuoden 1970 alussa perustettiin Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton aloitteesta kaksi työryhmää, joiden tehtäväksi annettiin hakkuutähteidän hyväksikäyttöön liittyvien ongelmien selvittäminen. Työ jaettiin siten, että toinen ns. tehdaspään ryhmä tutkii kanto- ja juuripuun teollista jalostamista, kun taas toinen, ns. metsäpään ryhmä otti ensimmäiseksi tehtäväkseen tämän raaka-ainereservin korjuun kehittämisen. Jälkimmäisessä kanto- ja juuripuun korjuuta selvittelevässä työryhmässä ovat edus-

tettuina Enso-Gutzeit Osakeyhtiö, Kemi Oy, Oy Keskuslaboratorio Ab, metsähallitus, Metsäteho, metsäntutkimuslaitos, Oulu Osakeyhtiö, Oy W. Rosenlew Ab, Oy Wilh. Schauman Ab, Tehdaspuu Oy, Valtion Polttoainekeskus ja Yhtyneet Paperitehtaat Osakeyhtiö. Työryhmän puheenjohtajana toimii vt. professori PENTTI HAKKILA metsäntutkimuslaitoksesta.

Kanto- ja juuripuun korjuuta selvittelevän työryhmän tehtyä keväällä 1970 osittain teoreettisia teknillis-taloudellisia laskelmia erilaisista korjuuketjuista todettiin, että korjuun vaikein ja eniten kehittämistä vaativa työvaihe on juurakon paloittelu kuljetuksen kannalta mahdollisimman edulliseen muotoon. Tämän lisäksi todettiin, että juurakon maasta irrottaminen vaatii myös kone- ja menetelmäkehittelyä, vaikkakin tämän työvaiheen tärkeimmät perusteet, kuten esim. suoraan nostoon tarvittavan voiman suuruus, oli selvitetty jo aikaisemmillä tutkimuksilla ja kokeiluilla. Analysoitaessa erilaisia maansiirto- ja metsäkonetyyppejä päädyttiin siihen, että raskaat pyöräkuormaajat soveltuvat

verrattain hyvin juurakon maasta irrottamiseen. Tähän oli myös viitattu aikaisemmissa tutkimuksissa. Tämän vuoksi pyöräkuormaajat muodostivatkin työryhmän ensimmäisen tutkimuskohteen kehitettäessä juurakoiden maasta irrottamista.

Kokeiluja ja tutkimuksia suoritettiin metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueella ja Kemi Oy:n kokeilutyömaalla Rovaniemen maalaiskunnan Säynäjässä. Tutkimukset rajoituivat Allis-Chalmers TL-645 ja Volvo LM 840 pyöräkuormaajiin. Edelliseen suunnittelivat kenttämestari SAULI TAKALO metsäntutkimuslaitoksesta ja ylityönjohtaja PENTTI OKSMAN Kesko Oy:stä yhteistyönä lisälaitteen, ns. kantokauhan. Kokeilujen onnistumiseen vaikuttivat Kesko Oy:n puolesta dipl.ins. SAKARI KOSKELA, dipl.ins. VOITTO RAJAMÄKI ja metsänhoitaja MATTI LÄHTEENMÄKI. Oy Volvo-Auto Ab:n taholta kokeilu- ja tutkimustyössä ovat mukana olleet dipl.ins. BENGT JUSELIUS, metsäteknikko KARI SAARI ja

TIMO NURMINEN. Myös urakoitsijoiden PENTTI NYSTRÖMIN ja OLLI TAIPALEEN myötämielinen suhtautuminen on ollut suureksi avuksi kokeilujen järjestelyssä ja suorittamisessa.

Metsäntutkimuslaitoksen puolesta työhön ovat osallistuneet mm. metsänhoitaja TEEMU RUOSTE, kenttämestari SAULI TAKALO ja työnjohtaja SAKARI ERHOLTZ.

Konekirjoitustyön ovat tehneet rouva AUNE RYTKÖNEN ja neiti RAIJA SIEKKINEN. Piirrokset on laatinut neiti MAARET TURUNEN.

Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet professori VEIJO HEISKANEN ja vt.professori PENTTI HAKKILA.

Heille kaikille lausumme kiitoksemme.

Allekirjoittaneista Ahonen on valvonut kokeilu- ja tutkimustyötä sekä aineiston käsittelyä. Mäkelä on avustanut aineiston käsittelyssä sekä Ahosen siirryttyä pois metsäntutkimuslaitoksen palveluksesta saattanut tutkimuksen päätökseen ja viimeistellyt käsikirjoituksen.

Helsingissä maaliskuussa 1972.

Matti Ahonen

Markku Mäkelä

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY	4
TIIVISTELMÄ	5
1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUSTA EDELTÄNYT LAITTEIDEN JA TYÖMENETELMIEN KEHITTELY ..	7
3. TUTKIMUSMENETELMÄ	9
31. Aineiston keruu	9
32. Aineiston käsittely	9
4. TUTKIMUSAINEISTO	9
41. Aineiston määrä ja laatu	9
42. Tutkitut koneet ja laitteet	11
43. Työskentelyolosuhteet	12
5. AIKATUTKIMUSTULOKSET	12
51. Juurakon irrottaminen maasta	12
52. Juurakon puhdistus	13
53. Juurakoiden kasaus ajouran varteen	14
54. Siirtymiset	14
55. Keskeytykset	16
56. Työmaa-aika	16
6. TYÖN TUOTOS JA KUSTANNUKSET	18
7. KOKEILTUJEN TYÖMENETELMIEN NIVELTYMINEN ERILAISIIIN KORJUUKETJUI- HIN	19
8. TYÖMENETELMIEN JA LAITTEIDEN KEHITTELY	20
KIRJALLISUUTTA	21

EXTRACTION OF STUMP-ROOT SYSTEMS BY WHEEL LOADERS SUMMARY

The investigation forms a part of the joint Nordic research programme for the utilization of logging residues which is being carried out within the Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd council.

The material was collected from the Säynäjä experimental work site of Kemi Oy in summer 1970. Allis-Chalmers TL-645 (Fig. 2) and Volvo LM 840 (Fig. 3) wheel loaders were used for stump extraction. The Allis-Chalmers was equipped with a stump cub constructed for the purpose (Figs. 6 and 7), the Volvo with a normal log grapple (Fig. 5).

The extraction process was as follows: The wheel loader moved to the stump to be extracted, bucked the side roots (Allis-Chalmers), pushed the extraction teeth below the stump-root system and did the actual uprooting. The machine then shook the stump clean and moved it into piles of 10...15 stump-root systems alongside the strip road.

The time study results by work phases are presented in Tables 3-8 and the total work-site time in Table 9. The total time of the Allis-Chalmers was shorter than that of the Volvo in all conditions. Extraction of spruce stump-root systems was 25 per cent faster than pine stump-root systems with the Volvo. No spruce root systems were extracted by the Allis-Chalmers in this study, but according to an earlier investigation (AHONEN 1970c) the tree species does not affect the effective time. In

stony terrain, the total time of the Volvo increased by 14...36 per cent, of the Allis-Chalmers 10...13 per cent (AHONEN 1970c). The time expenditure on stump-root extraction in paludified terrain is similar to that in sandy soil. When the stump split during the extraction process the time expenditure increased by 27...44 per cent with the Volvo and 20 per cent with the Allis-Chalmers.

The work result and extraction costs are given in Table 10. For 35 cm pine stumps the achievement in sandy terrain was 36 stumps per hour with the Volvo and 50 for the Allis-Chalmers. The cost was 1:08 marks/stump for the Volvo and 0:94 marks/stump for the Allis-Chalmers. The stumps were cleaned alongside the strip road in this case. Figs. 11 and 12 show the extraction costs per stump diameter and solid volume.

Chapter 7 explains the adaptation of the extraction of stump-root systems by wheel loader to different harvesting schedules, the alternatives for which are presented in Fig. 13. Extraction by wheeled loader in the first alternative is probably the most advantageous today. Extraction by wheel loader is not rational with the present equipment in the second and third alternatives.

Chapter 8 describes the possibilities of developing the working methods and the apparatus.

TIIVISTELMÄ

Tutkimus kuuluu Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd-neuvoston puiteissa suoritettavaan yhteispohjoismaiseen hakkuutähtöiden hyväksikäyttöön tähtävään projektiin. Tarkoituksena on selvittää pyöräkuormaajien soveltuvuutta kannonnostotyöhön.

Tutkimusaineisto kerättiin Kemi Oy:n Säynäjän kokeilutyömaalta kesällä 1970. Kannonnostoa suoritettiin Allis-Chalmers TL-645 (kuva 2) ja Volvo LM 840 (kuva 3) pyöräkuormaajilla. Allis-Chalmers oli varustettu tähän tarkoitukseen rakennetulla kantokauhalla (kuvat 6 ja 7), Volvo normaalilla tukkikouralla (kuva 5).

Nostotyö tapahtui seuraavasti. Pyöräkuormaaja siirtyi nostettavan kannon luokse, katkoi sivujuuria (Allis-Chalmers), työnsi nostokynnet juurakon alle ja suoritti varsinaisen noston. Tämän jälkeen kone puhdisti kantoa ravistamalla ja sitten siirsi sen 10...15 juurakon kasoihin ajouran varteen.

Työvaiheittaiset aikatutkimustulokset on esitetty taulukoissa 3-8 ja koko työmaa-aika taulukossa 9. Allis-Chalmersilla muodostui kokonaisaika kaikissa olosuhteissa pienemmäksi kuin Volvolla. Kuusella juurakon irrotus on Volvolla 25 % nopeampaa kuin männyllä. Allis-Chalmersilla ei tutkimuksessa nostettu kuusia, mutta aikaisemman tutkimuksen mukaan (AHONEN 1970c) puulaji ei vaikuta teho-

aikaan. Kivisillä mailla kasvaa kokonaisaika Volvolla 14...36 %, Allis-Chalmersilla vastaava lisäys 10...13 % (AHONEN 1970c). Soistuneella maalla tapahtuva juurakon nosto vastaa ajanmenekiltään hiekkamaalla tapahtuvaa nostoa. Kannon haljetessa irrottamisen yhteydessä kasvoi ajanmenekki Volvolla 27...44 % ja Allis-Chalmersilla 20 %.

Työn tuotos ja nostokustannukset on esitetty taulukossa 10. Männyllä 35 cm:n kannoilla on tuotos hiekkamaalla Volvolla 36 ja Allis-Chalmersilla 50 kantoa tunnissa. Kustannukset ovat vastaavasti Volvolla 1:08 ja Allis-Chalmersilla 0:94 mk/kanto. Tällöin kannot ovat puhdistettuina ajouran varressa. Kuvissa 11 ja 12 on esitetty nostokustannukset kannon läpimittaa ja kiintokuutiometrimäärää kohti.

Luvussa 7 on pyritty selvittämään pyöräkuormaajalla tapahtuvan juurakoiden noston niveltymistä erilaisiin korjuuketjuihin, joiden vaihtoehdot on esitetty kuvassa 13. Ensimmäisessä vaihtoehdossa pyöräkuormaajalla suoritettu nosto lienee nykyisin edullisin. Toisessa ja kolmannessa vaihtoehdossa ei pyöräkuormaajalla suoritettu nosto ole nykyisillä välineillä mielekästä.

Luvussa 8 selvitetään työmenetelmien ja laitteiden kehittelymahdollisuuksia.

1. JOHDANTO

Kanto- ja juuripuun korjuu silloin, kun tätä puutavaraa käytetään pääasiassa sellun raaka-aineena, voidaan jakaa neljään perustyövaiheeseen, jotka ovat:

1. Juurakoiden irrottaminen maasta
2. Juurakoiden saattaminen kuljetuskelpoiseen muotoon
3. Kanto- ja juuripuun kuljetus

4. Kanto- ja juuripuun varastointi.

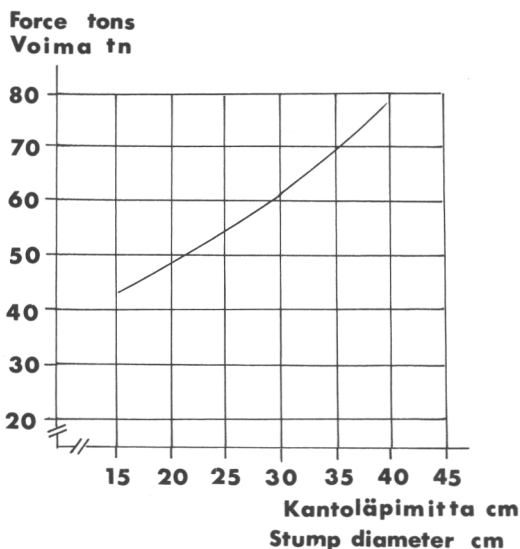
Juurakon irrottaminen maasta on yleensä korjuuketjun ensimmäinen työvaihe. Joissakin tapauksissa saatetaan kanto ensin halkaista räjäyttämällä tai kiilaamalla. Kuljetus voidaan ainakin Suomen oloissa jakaa metsäkuljetukseen ja kaukokuljetukseen. Metsäkuljetus voi olla juurakoiden tai valmiin puutavaran kuljetusta

riippuen siitä, missä juurakoiden paloittelu suoritetaan. Juurakon saattaminen kuljetuskelpoiseen muotoon sisältää juurakoiden puhdistuksen ja paloittelun. Varastointi voi tapahtua metsässä tai välivarastolla, ja se suoritetaan yleensä kuljetuksen järjestelyn takia tai myös epäpuhtauksien ja kuoren poistamiseksi.

Juurakoiden irrottaminen maasta on yleensä tähdännyt maanpinnan raivaamiseen rakentamista tai metsänviljelyä varten. Keski- ja Etelä-Euroopassa, Neuvostoliitossa ja Yhdysvalloissa suoritetaan usein ennen viljelytoimenpiteitä metsämaan täysmuokkaus auraamalla tai jyrsimällä, jonka onnistuminen edellyttää juurakoiden poistamista. Neuvostoliitossa, Yhdysvalloissa ja Puolassa nostetaan tervaskantoja myös kemiallisen ja kuitulevyteollisuuden raaka-aineeksi. Kanto- ja juuripuuta on aikaisemmin korjattu myös polttoaineeksi.

Juurakoiden maasta irrottamiseen käytettävät menetelmät voidaan jakaa seuraavasti (STENZEL 1946):

1. Koneelliset menetelmät
2. Käsityömenetelmät
3. Räjätysmenetelmä
4. Puun kaato juurakkoineen



Kuva 1. Juurakon maasta irrottamiseen tarvittavan voiman riippuvuus kantoläpimitasta (CZEREYSKI, GALINSKA, ROBEL 1965).

Fig. 1. Correlation between the force needed in the extraction of stump-root systems and the stump diameter (CZEREYSKI, GALINSKA, ROBEL 1965).

Suomen oloissa tulevat sellun raaka-aineeksi tarkoitetun kanto- ja juuripuun korjuussa 1970-luvun alkupuolella vallitsevalla kustannustasolla kyseeseen vain koneelliset nostomenetelmät. Räjätysmenetelmän heikkouksina ovat suuri ihmistyöpanos, tapaturmavaara sekä räjäytyksen aiheuttama puun hukka, joka saattaa nousta jopa 50 %:iin juurakon kuutiomäärästä (STENZEL 1946). Periaatteessa voidaan koneellisilla menetelmillä irrottaa hakkuun jälkeen maahan jääneitä juurakoita tai kaataa puita juurakkoineen. Jälkimmäistä menetelmää varten on etenkin Puolassa ja Saksassa kehitetty useita erilaisia koneita. Myös Ruotsissa aloitettiin 1960-luvun lopussa tutkimukset sellaisen koneellisen kaatomenetelmän kehittämiseksi, jossa runkopuun lisäksi otetaan talteen varsinainen kanto-osa (WIKLUND 1970). Seuraavassa keskitytään kuitenkin tarkastelemaan pelkästään tuoreiden juurakoiden maasta irrotusta.

Juurakon irrottaminen voidaan siihen tarvittavan voiman vaikutussuunnan mukaan jakaa neljään perusmenetelmään (CZEREYSKI, GALINSKA, ROBEL 1965), joissa voima vaikuttaa

- vertikaalisessa suunnassa,
- horisontaalisissa suunnassa,
- vertikaalisessa ja horisontaalisessa suunnassa yhtäaikaaisesti
- kannon sisältä.

Tervaskantojen nostoon tarvitaan 1500... 15 000 kg:n voima, kun taas tuoret juurakot vaativat 70 000... 80 000 kg (CZEREYSKI, GALINSKA, ROBEL 1965). Voimantarpeen riippuvuus kantoläpimitasta on esitetty kuvassa 1.

Voiman suuruus riippuu myös siitä, missä suunnassa se vaikuttaa irrotettavaan juurakko. STENZELIN (1946) mukaan vertikaalisessa nostossa tarvitaan 1/3... 1/4 horisontaalisen noston voimasta. STENZEL mainitsee, että 40 cm:n läpimittainen kuusenkanto voidaan vertikaalisessa suunnassa irrottaa maasta 10 000 kg:n voimalla silloin, kun maaperä on hiekkaa tai soraa. Pyökin kannon nostoon tarvitaan vastaavissa oloissa 30 000 kg:n voima. Horisontaalista voimaa käytettäessä on sen suuruus kuusella 30 000 kg ja pyökillä 90 000 kg. Pyökin kannon irrotus vaatii eniten voimaa, sitä seuraavat järjestyksessä tammi, mänty, jalo-kuusi ja kuusi.

Etsittäessä suhteellisen halpaa koneyksikköä juurakoiden maasta irrottamiseen, kiinnittyä huomio uusimpiin pyökillä varustettuihin maan-

siirtokoneisiin. Näistä traktorikaivureita ja kairukoneita on kokeiltu Suomessa (KOIVU-LEHTO 1969, AHONEN 1970d). Kokemus on osoittanut, että ainakin sellaisten männyn juurakoiden irrottaminen, joissa on pitkä paalujuuri, muodostuu näillä koneilla hankalaksi. Eräänä käyttökelpoisena konetyyppinä KOIVU-LEHTO (1969) mainitsee raskaat pyöräkuormaajat. Niiden etuina muihin koneisiin verrattuna on tehokas hydrauliikka sekä etenkin runko-ohjatuilla malleilla hyvä maastokelpoisuus. Niihin voidaan lisätä hyvinkin monipuol-

isia lisälaitteita, joskin juurakoiden noston rajoittuminen sulan maan aikaan edellyttää yksinkertaisia ja halpoja varusteita. Eräs pyöräkuormaajien parhaimpia ominaisuuksia juurakoiden irrottamista ajatellen on hyvä näkyvyys työskentelysuuntaan. Painopisteen sijainti lähellä taka-akselia mahdollistaa koneen käyttämisen vipuna silloin, kun nostosylintereiden vertikaalinen voima ja koneen horisontaalisessa suunnassa vaikuttava työntövoima eivät riitä juurakon irrotukseen.

2. TUTKIMUSTA EDELTÄNYT LAITTEIDEN JA TYÖMENETELMIEN KEHITTELY

Koska käytettävissä olevan lähdemateriaalin ja kokemuksen perusteella voitiin olettaa, että pyöräkuormaajat muodostavat työn yksikkökustannuksia silmälläpitäen edullisen koneyksikön juurakoiden maasta irrottamiseen, päädyttiin kokeilu- ja tutkimustyössä seuraavaan meneteltutapaan.

1. Työhypoteesin laatiminen juurakoiden maasta irrottamiseen soveltuvien lisälaitteiden kehittelyä varten.
2. Lisälaitteiden rakentaminen.
3. Lisälaitteiden kokeilu ja tarvittavien muutosten tekeminen.

4. Tutkimustehtävän asettaminen ja tutkimussuunnitelman laatiminen.

5. Tutkimuksen suorittaminen.

Kanto- ja juuripuun määrää koskevaa tutkimusta varten nostettiin metsätutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueessa useita satoja juurakoita. Työssä käytettiin Allis-Chalmers-pyöräkuormaajaa (kuva 2), josta on laadittu kaksi alustavaa selostusta (AHONEN 1970a ja b).

Päädyttiin tulokseen, jonka mukaan juurakoiden irrotus maasta raskaalla pyöräkuormaajalla edellyttää erillistä nostolaitetta, jossa on



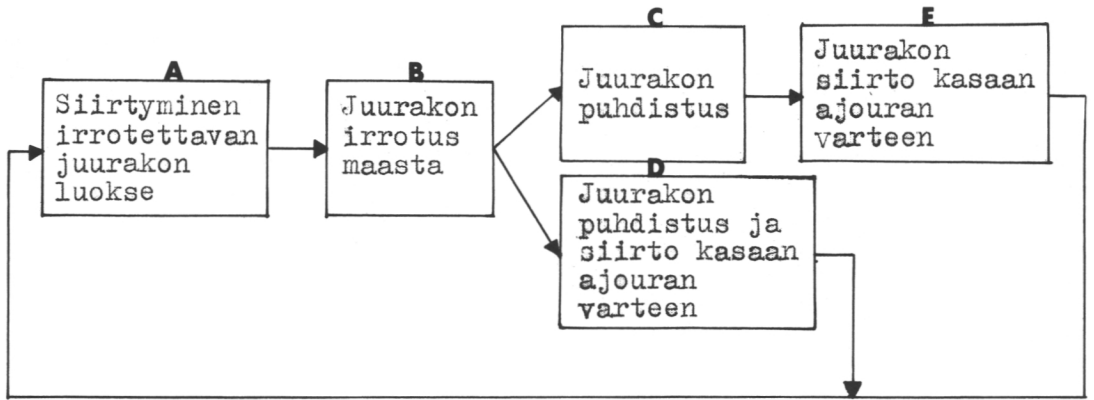
Kuva 2. Allis-Chalmers TL-645 varustettuna kantokauhalla.

Fig. 2. Allis-Chalmers TL-645 equipped with a stump cub.



Kuva 3. Volvo LM 840 varustettuna tukki-

grapple.



Kuva 4. Työmenetelmä.

Fig. 4. Work method.

- A = Moving to the stump-root system to be extracted
 B = Extraction
 C = Cleaning
 D = Cleaning the stump-root system and moving it into a pile alongside the strip road
 E = Moving the stump-root system into a pile alongside the strip road

kaksi 20...30 cm pitkä, 40...50 cm päässä toisistaan olevaa nostokynttä (AHONEN 1970 b). Lisäksi todettiin, että suurin osa juurakoihin jäävästä mineraalimaasta ja kuntasta voidaan poistaa ravistamalla juurakkoa koneen nostosylintereillä.

Niinpä Allis-Chalmers TL-645:een suunniteltiin erillinen lisälaitte, ns. kantokauha, joka on tarkoitettu nimenomaan juurakoiden irrotukseen (kuva 6, 7). Kantokauhaa kokeiltiin aluksi metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueessa (AHONEN 1970c). Kokeilun jälkeen siihen tehtiin eräitä muutoksia. Tämän jälkeen laite siirrettiin jatkokokeiluja ja tutkimusta varten Kemi Oy:n kokeilutyömaalla Rovaniemen maalaiskunnan Säynäjään, jossa samanaikaisesti tutkittiin myös Volvo LM 840-pyöräkuormaajaa (kuva 3).

Alustavien tutkimusten ja kokeilujen perusteella päädyttiin edellämainituille pyöräkuormaajille parhaiten soveltuvaan työmenetelmään, johon juurakon irrotuksen lisäksi sisällytettiin juurakon alustava puhdistus ravistamalla ja juurakoiden kokoaminen ajouran varteen.

Työmenetelmä esitetään kuvassa 4.

Kuten kaaviosta ilmenee, voidaan juurakon puhdistus suorittaa kokoamistyön yhteydessä.

Alustavat kokeilut kuitenkin osoittivat, että tämä työmenetelmä ei sovi kantokauhaa käyttävälle koneelle, ja myös Volvo LM 840:lle tämä oli vaikeata. Puhdistus Volvolla näet suoritettiin siten, että tukkikouran hydraulisesti liikuteltavalla yläleualla iskettiin muutamia kertoja nostettuun juurakkoon. Koska yläleuan liikkeitä säätelevää venttiiliä jouduttiin avaamaan käsin, muodostui tämä vaikeaksi etenkin ajon aikana.

Kaaviossa esitetyt osatyöt voidaan puolestaan jakaa seuraavasti:

- A Siirtyminen irrotettavan juurakon luokse sisältää koneen siirtymisen työn aloituspisteestä tai kasauksen jälkeen ajouran varresta irrotettavan juurakon luokse.
 B Juurakon irrotus maasta sisältää sivujuurien katkaisun, nostokynsien sijoittamisen juurakon alle sekä varsinaisen maasta irrottamisen. Pieniä juurakoita nostettaessa sivujuuria ei katkaista.
 C Juurakon puhdistus sisältää maasta irrotetun juurakon nostamisen 2...3 metrin korkeuteen ja sen ravistamisen nostolaitteella.
 D Juurakon siirto ajouran varteen sisältää maasta irrotetun juurakon siirtämisen nos-

tolaitteessa ajouran varteen 10. . . 15 juurakon kasoihin.

Tämän lisäksi työhön sisältyi kantoja peittävien risujen raivausta ja keskeytyksiä, joihin kuului lyhyehköjä koneen korjauksia sekä lepoa. Laitekehittelyn ja suuntaa-antavien kokeilu-

jen perusteella voitiin tutkimustehtävä määritellä seuraavaksi: Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää pyöräkuormaajilla suoritettavan juurakoiden maasta irrotuksen ajanmenekki ja kustannukset ensisijaisesti kannon koon funktiona.

3. TUTKIMUSMENETELMÄ

31. Aineiston keruu

Tutkimusaineisto kerättiin kesällä 1970 kahdelta kokeilutyömaalta, jotka sijaitsivat metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueessa ja metsähallinnon Raudanjoen hoitoalueessa Rovaniemen maalaiskunnassa. Näistä jälkimmäisen työmaan oli järjestänyt Kemi Oy samana kesänä Pajusaaren tehtaille rakennetun kanto- ja juuripuun käsittelyaseman kokeilussa tarvittavan raaka-aineen hankkimiseksi. Ensimmäinen tutkimus suoritettiin heinäkuun 2. ja 3. päivä Ruotsinkylässä. Tämän jälkeen kokeiluja tutkimustoiminta keskitettiin Kemi Oy:n työmaalle, jossa juurakoita irrotettiin maasta pyöräkuormaajilla 9. 7. –11. 9. 1970 välisenä aikana.

Aineiston keruun suoritti aikatutkija, jolla ajoittain oli käytettävissä apulainen kantojen läpimitan mittaukseen. Yleensä läpimita jouduttiin kuitenkin työn nopeuden vuoksi arvioimaan silmävaraisesti.

Aikatutkimuksessa käytettiin 0-asentomenetelmää ja aikahavainnot kerättiin ns. ryhmätyöntutkimuslomakkeelle. Siirtymismatkoja ja maaston laatua koskevat havainnot suoritettiin silmävaraisesti.

32. Aineiston käsittely

Aineistosta laskettiin kaikkien työosien keskiarvot ja hajonnat kullekin kuljettajalle, puulajille ja maastotyypille. Lisäksi selvitettiin irrottamis- ja puhdistusajan riippuvuus kannon läpimitasta sekä siirtymisaikojen riippuvuudet siirtymismatkoista. Yli sadan havainnon osa-aineistoja käsiteltiin metsäntutkimuslaitoksen Time-Sharing-pääteasemalla tai Valtion Tietokonekeskuksen Elliot 503 tietokoneella. Riippuvuuksista laskettiin yhtälöt, joissa selitettävänä muuttujana oli aika ja selittäjänä joko kannon läpimita kaatoleikkaukskohdasta kuoren päältä mitattuna tai matka.

4. TUTKIMUSAINEISTO

41. Aineiston määrä ja laatu

Allis-Chalmers TL-645 pyöräkuormaajaa käytettiin Ruotsinkylässä 30 ja Säynäjässä 217 tehotuntia. Volvo LM 840:n käyttöaika oli 85 tuntia. Kaikkiaan nostettiin taulukossa 1 esitetyt määrät juurakoita.

Koska Ruotsinkylässä suoritetuista kokeiluista on laadittu erilliset raportit, rajoitutaan esillä olevassa tutkimuksessa tarkastelemaan Lapin työmaiden tuloksia.

Taulukko 1. Tutkimuksissa nostettujen juurakoiden määrät.
 Table 1. Amounts of stump-root systems extracted in the study.

Kone ja laite <i>Machine and equipment</i>	Työn- tekijä <i>Worker</i>	Kokeilutyömaa <i>Experimental work site</i>	
		Ruotsinkylä	Säynäjä
		Juurakoita, kpl <i>Stump-root systems, units</i>	
Allis-Chalmers TL-645 + vakiokauha <i>standard cub</i>	III	194	–
Allis-Chalmers TL-645 + kantokauha <i>stump cup</i>	III	207	1497
Volvo LM 840 + tukkikoura <i>log grapple</i>	I	–	111
–”–	II	–	1183
Yhteensä – <i>Total</i>		401	2791

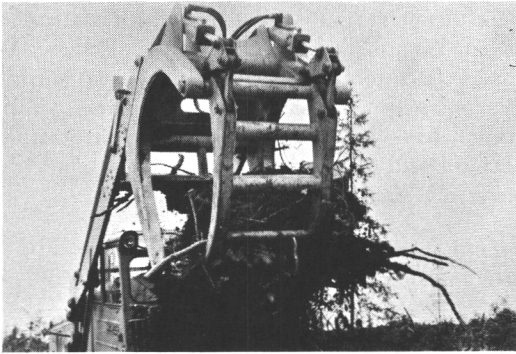
Taulukko 2. Teknisiä tietoja tutkituista pyöräkuormaajista.
 Table 2. Technical data on the wheel loaders studied.

Tekninen ominaisuus <i>Technical properties</i>	Volvo LM 840	Allis-Chalmers TL-645
Päämitat: – <i>Main dimensions:</i>		
– pituus nostolaitteen kärjestä – <i>length from the top of the hoisting device</i>	5.75 m	6.55 m
– leveys – <i>width</i>	2.38 m	2.57 m
– akseliväli – <i>axle base</i>	2.43 m	2.95 m
– maavara – <i>ground clearance</i>	0.39 m	0.46 m
Työpaino ohjaamoinen – <i>Working weight including the cab</i>	9.6 tn	12.1 tn
Moottorin säädetty teho – <i>Motor effect</i>	95 hv/2400 r/min <i>HP RPM</i>	165 hv/2200 r/min <i>HP RPM</i>
Kääntösäde kauhan kärkeen – <i>Turning radius to the top of the cub</i>	5.5 m	5.4 m
Hydraulijärjestelmä – <i>Hydraulic system</i>		
– työpaine – <i>working pressure</i>	95 kp/cm ² <i>kiloponds/sq.cm.</i>	128 kp/cm ² <i>kiloponds/sq.cm.</i>
– pumppujen teho – <i>pump output</i>	220 l/min	333 l/min
Irrotusvoima kauhan kärjessä – <i>Breakout force at the top of the cap</i>	5500 kg	15 500 kg
Nostovoima kauhan ala-asennossa – <i>Lifting power in the lowered position of the cub</i>	5600 kg	10 900 kg

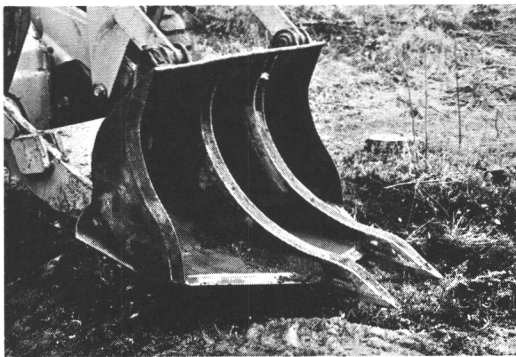
42. Tutkitut koneet ja laitteet

Molemmat tutkitut pyöräkuormaajat olivat yksityisen urakoitsijan omistamia. Allis-Chalmers TL-645 on nelipyörävetoinen ja runko-ohjattu, kun taas Volvo LM 840 on pyöräohjattu. Kummassakin koneessa on power shift-vaihteisto. Tärkeimmät tekniset ominaisuudet on esitetty taulukossa 2. Nostolaitteiden rakenne selviää kuvista (5, 6 ja 7).

Volvo LM 840 oli varustettu 0.95 m^2 :n tukkikouralla, jossa yläleuka oli hydraulisesti liikuteltavissa. Tätä käytettiin hyväksi juurakon puhdistuksessa. Kouran nostokynsien väli oli 95 cm ja pituus 110 cm. Kouran kokonaispaino

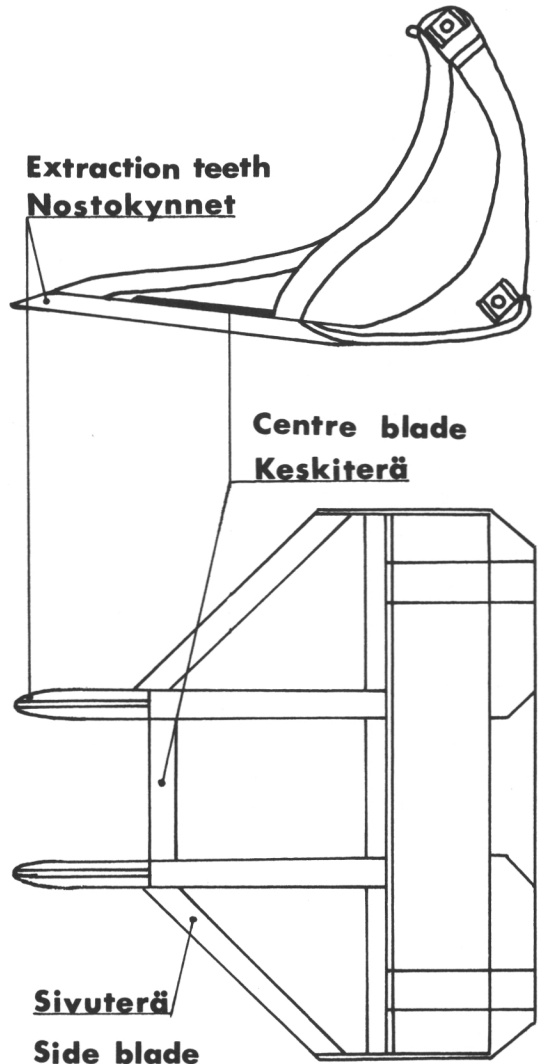


Kuva 5. Volvon tukkikoura.
Fig. 5. The logging grapple on the Volvo.



Kuva 6. Allis-Chalmersin kantokauha, jonka nostokynsien välissä on leikkaava terä.
Fig. 6. The stump cub of the Allis-Chalmers; there is a cutting blade between its extraction teeth.

oli 600 kg (kuva 5). Allis-Chalmersissa käytetty nostolaite rakennettiin Kesko Oy:n keskuskorjaamolla Hakkilassa. Kokeilujen perusteella siihen tehtiin eräitä muutoksia, joista tärkeimmät olivat nostokynsien muotoilu ja kynsien välissä olevan leikkaavan terän siirtäminen 15 cm taaksepäin. Kauhasta poistettiin myös sivulevyt puhdistustehon lisäämiseksi (kuvat 6 ja 7).



Kuva 7. Kantokauha.
Fig. 7. Stump cub.

43. Työskentelyolot

Suurin osa juurakoista nostettiin vähäkivisiltä, tasaisilta kankailta, joiden reunoilla oli jonkin verran soistuneita paikkoja. Kivisiä alueita pyrittiin välttämään. Hakkuualue sijaitsi loivasti nousevalla vaaran rinteellä. Maalaji oli pääasiassa hiekkamaata, joka vaaran rinteellä muuttui moreeniksi. Hakkuualueella olevat oksat ja latvukset eivät sanottavammin haitanneet työtä.

Tutkimuksen aikana sää oli verrattain kuiva.

Elokuun lopussa alkoi paikoitellen esiintyä yöhallaa, jolloin kuurassa oleva maa vaikeutti jonkin verran siirtymistä. Tämä olisi voitu välttää käyttämällä metsäajoon suunniteltuja renkaiden.

Koneiden siirtymismatkat työpäivän alussa ja lopussa olivat 200 . . .5500 m. Elokuun lopussa Allis-Chalmers joutui työskentelemään kaksivuorotyössä. Muulloin työpäivän pituus oli kahdeksan tuntia.

5. AIKATUTKIMUSTULOKSET

51. Juurakon irrottaminen maasta

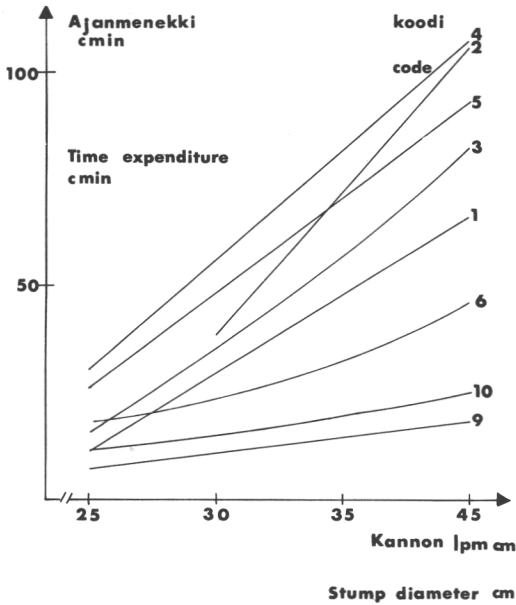
Pyöräkuormaajien nostolaitteiden erilaisuus vaikutti nostomenetelmään. Allis-Chalmers työnsi kantokauhallaan pintamaan syrjään kannon kummaltakin puolelta, jolloin kauhassa olevat nostopiikit katkaisivat osan sivujuurista. Tämän

jälkeen painettiin kauha pystysuorassa asennossa kannon taakse, jolloin nostopiikkien välissä oleva terä katkaisi takana olevia juuria. Varsinaisessa nostossa kauhassa olevat piikit työnnettiin kannon alle ja kanto irrotettiin maasta osittain koneella työntäen, osittain hydraulisylintereillä nostaen.

Taulukko 3. Juurakon irrotus ilman juurien katkontaan kulunutta aikaa.

Table 3. Extraction of stump-root systems excluding the time expended on cutting the roots.

Koodi Code	Kone/Ajaja Machine/Driver	Kanto – Stump		Maaperä Soil	Läpimitta, cm Diameter, cm		
		Puulaji Species	Laatu Type		30	35	40
					Ajanmenekki, cmin. Time expenditure, cmin.		
1	Volvo/I	Mänty Pine	Tuore Green	Hiekka Sand	30	49	67
2	Volvo/I	Mänty Pine	Tuore Green	Kivinen Stony	39	73	106
3	Volvo/II	Mänty Pine	Tuore Green	Hiekka Sand	34	57	83
4	Volvo/II	Mänty Pine	Tuore Green	Kivinen Stony	55	81	108
5	Volvo/II	Mänty Pine	Tuore Green	Soistunut Swampy	49	71	94
6	Volvo/II	Kuusi Spruce	Tuore Green	Hiekka Sand	23	31	45
9	Allis/III	Mänty Pine	Vanha Old	Hiekka Sand	10	14	18
10	Allis/III	Mänty Pine	Tuore Green	Hiekka Sand	15	19	26



Kuva 8. Juurakoiden nostaminen.
Fig. 8. Extraction of stump root systems.

Volvon varusteena ollut tukkikoura ei soveltunut sivujuurien katkaisuun. Kone yksinkertaisesti tarttui kantaan kiinni ja nosti juurakon kaikkine sivujuurineen. Silloin kun juurten katkaisua esiintyi, ei sitä eritelty varsinaisesta nostosta.

Taulukko 4. Ajanmenekki juurakoiden nostossa.
Table 4. Expenditure of time on extraction of stump-root systems.

Työvaihe Element	Volvo Hiekkamaa, mänty Sandy soil, pine			Volvo Kivinen maa, mänty Stony ground, pine			Allis-Chalmers Hiekkamaa, mänty Sandy soil, pine		
	Läpimitta Diameter			Läpimitta Diameter			Läpimitta Diameter		
	30 cm	35 cm	40 cm	30 cm	35 cm	40 cm	30 cm	35 cm	40 cm
Varsinainen juurakon irrotus – Actual extraction of the stump-root system	32	53	75	47	77	107	14	19	26
Sivujuurien katkaisu – Cutting of the lateral roots	–	–	–	–	–	–	17	20	24
Yhteensä – Total	32	53	75	47	77	107	31	39	50

Ajanmenekin riippuvuus kannon läpimitasta on esitetty kuvassa 8. Taulukossa 3 on juurakon irrotukseen kuuluva aika läpimitaluokittain.

Allis-Chalmers pyöräkuormaajalla kului nostovaihetta edeltäneeseen juurien katkontaan 19 ± 11 cmin kantoa kohti. Ajanmenekin riippuvuutta kannon läpimitasta kuvaa seuraava yhtälö:

$$y = 0.01x^2 + 7.6, (r = 0.48), \text{ jossa}$$

y = aika, cmin

x = kannon läpimitta cm.

Juurakon noston ajanmenekki yleisimmissä tapauksissa nähdään taulukosta 4.

Kuusen kantoja nostettiin ainoastaan Volvolla. Tällöin kokonaisaika jäi pienemmäksi kuin männyillä.

Nostossa halkesi Allis-Chalmersin kannoista 3.5 %, Volvolla vastaava luku oli 2.6 %. Haljennneiden kantojen nostoon kului molemmilla pyöräkuormaajilla enemmän aikaa kuin kokonaisina pysyneisiin.

52. Juurakon puhdistus

Nostettu juurako pyrittiin puhdistamaan hiekasta, kivistä ja kunnasta ravistamalla sitä kauhassa ja pudottamalla se sitten maahan mahdollisimman korkealta. Ravistusliike saatiin aikaan koneen hydraulisyntereillä. Puhdistukseen kulunut aika on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Kannon puhdistamiseen käytetty aika.
 Table 5. Expenditure of time on cleaning stumps.

Kannon puhdistus, cmin/kanto Cleaning stumps, cmin/stump					
Koodi Code	Kone Machine	\bar{x}	s	Regressioyhtälö Regression equation	r
1	Volvo	52	36	—	0.38
2	Volvo	71	41	—	
3	Volvo	47	—	$y = 0.020x^2 + 22.1$	
4	Volvo	39	21	—	
5	Volvo	35	25	—	0.19
6	Volvo	36	—	$y = 42.7 \log x - 29.7$	
9	Allis	12	6		0.22
10	Allis	10	5	$y = 0.16x + 6.1$	

Puhdistuksessa saatiin arviolta 60...70 % epäpuhtauksista poistettua. Juurten niskaan pyrki kuitenkin jäämään hiekkaa ja kiviä, joiden poistaminen olisi vaatinut perusteellisempaa ravistelua. Juurakkoa pudotettaessa valui kantokauhasta osa siihen jääneestä hiekasta kannon päälle.

Volvon suurempi puhdistusaika aiheutuu nostomenetelmästä, jossa juurakon mukana nousee enemmän kuntaa ja muita epäpuhtauksia kuin kantokauhalla suoritettussa nostossa.

varteen 10...15 juurakon kasoihin. Ajourien väli oli noin 25...30 metriä. Kuvassa 9 näkyy kasusajan ja kuljetun matkan välinen riippuvuus. Taulukossa 6 on kasaukseen kulunut aika eri kuljetusmatkoilla.

Koneen liikkumiseen maastossa vaikuttavat pintamaasto sekä kaltevuussuhteet. Kaltevuus ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa muodostunut missään vaiheessa liikkumista rajoittavaksi tekijäksi.

53. Juurakoiden kasaus ajouran varteen

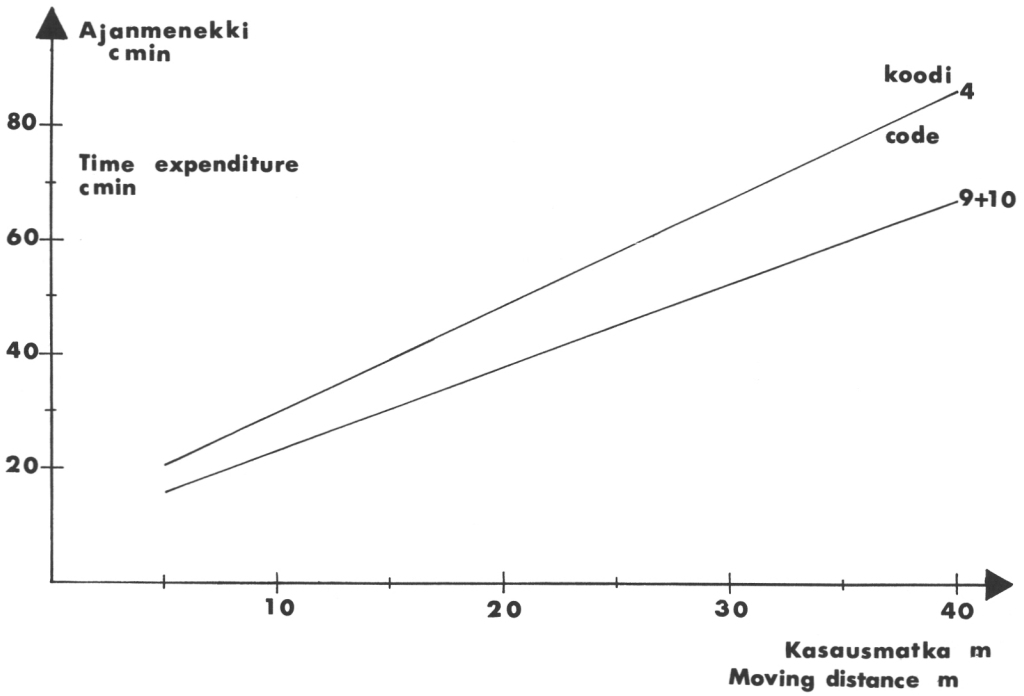
Juurakot kasattiin palstalla olevien ajourien

54. Siirtymiset

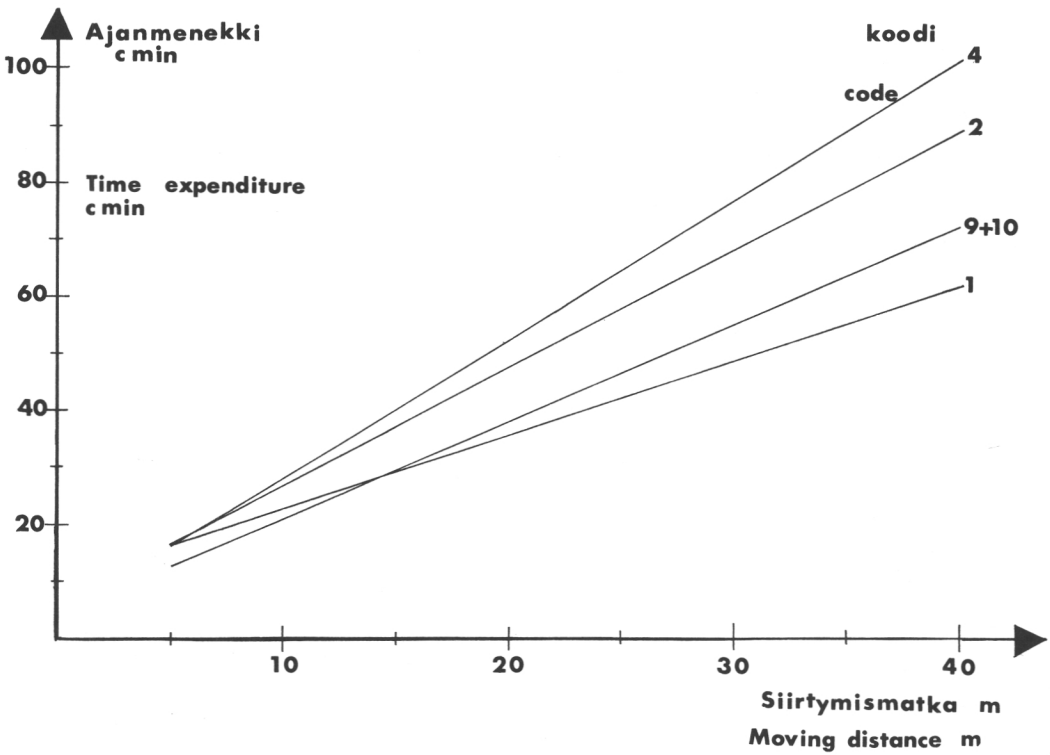
Siirtyminen käsitti varsinaisen siirtymisen nostettavan juurakon luo sekä ajoon valmistautumisen. Kuvassa 10 näkyy siirtymisajan

Taulukko 6. Juurakoiden kasaus.
 Table 6. Stacking of stump-root systems.

Koodi Code	Kone Machine	Juurakoiden kasaus cmin/kanto Stacking of stump-root systems, cmin/stump				
		Siirtymismatka, m Moving distance, m			Regressioyhtälö Regression equation	r
		10	15	20		
4	Volvo	30	39	48	$y = 1.80x + 11.8$	0.59
9+10	Allis	23	31	38	$y = 1.50x + 8.0$	0.69



Kuva 9. Juurakoiden kasaus. — Fig. 9. Piling stump-root systems.



Kuva 10. Siirtyminen. — Fig. 10. Moving.

Taulukko 7. Siirtyminen.
Table 7. Moving.

Koodi Code	Kone Machine	Siirtyminen, cmin Moving, cmin			Nopeus Speed m/min (matka 15 m, distance 15 m)	Regressioyhtälö Regression equation	r
		Siirtymismatka, m Moving distance, m					
		10	15	20			
1	Volvo	21	28	35	53	$y = 1.34x + 7.7$	0.79
2	Volvo	23	35	45	43	$y = 2.08x + 3.7$	0.87
4	Volvo	27	39	52	38	$y = 2.50x + 2.2$	0.95
9+10	Allis	21	29	38	53	$y = 1.70x + 3.9$	0.82

ja siirtymismatkan välinen riippuvuus. Taulukossa 7 on esitetty siirtymiseen kuuluva aika eri siirtymismatkoilla.

Kone/kuljettaja	cmin/kanto	cmin/puskukerta
Volvo I	1.2	33.3
Volvo II	4.0	30.8
Allis-Chalmers III	1.1	26.8

55. Keskeytykset

Keskeytykset on lajiteltu kuljettajittain taulukossa 8.

Volvolla keskeytykset muodostuivat polttoainetäydennyksistä ja vesiletkun rikkoutumisesta. Allis-Chalmersilla taas arka kohta oli jarruletkut ja -putket, joita jouduttiin korjaamaan useasti. Lisäksi keskeytyksiä aiheuttivat paineletkuvauriot, renkaan korjaus sekä polttoainetäydennykset. Työmaa-aikaa koskevissa laskelmissa keskeytyksen osuutena on pidetty kuitenkin molemmilla koneilla 10 % tehotyöajasta.

Lisäksi kului aikaa risujen puskemiseen nostettavan kannon ympäriltä seuraavasti:

56. Työmaa-aika

Työmaa-ajat 35 cm:n läpimittaisilla kannoilla on esitetty taulukossa 9.

Nostossa haljenneet kannot lisäävät Allis-Chalmersilla 0.8 % ja Volvolla 1.2 % kokonaisaikaa.

Kokonaisajanmenekkiä kuvaavat seuraavat yhtälöt:

$$y = \text{tehotyöaika cmin}$$

$$x_1 = \text{kannon lpm, cm}$$

$$x_2 = \text{siirtymismatka, m}$$

Taulukko 8. Keskeytykset.
Table 8. Interruptions.

Keskeytyksen syy Cause of interruption	Volvo I		Volvo II		Allis III	
	cmin/kanto cmin/stump	%	cmin/kanto cmin/stump	%	cmin/kanto cmin/stump	%
Korjaus + huolto Repair + maintenance	10.6	5.7	21.4	12.0	8.9	7.2
Lepo – Rest	1.3	0.7	6.5	3.7	7.4	6.1
Yhteensä – Total	11.9	6.4	27.9	15.7	16.3	13.3

Taulukko 9. Työmaa-aika kantoa kohti
 Table 9. Work-site time per stump (stump diameter 35 cm).

Työvaihe – Element	Volvo										Allis-Chalmers					
	1		2		3		4		5		6		9		10	
	cmin	%	cmin	%	cmin	%	cmin	%	cmin	%	cmin	%	cmin	%	cmin	%
Siirryminen (15 m) Moving (15 m)	28	20	35	18	35	23	39	22	35	23	35	30	29	21	29	27
Juurakon irrotus maasta Extraction of stump-root system	49	35	73	38	57	37	81	47	71	46	31	27	63	46	39	34
Puhdistus – Cleaning	63	44	83	43	58	38	51	29	43	28	45	39	12	9	10	9
Kasaus (15 m) Piling (15 m)	1	1	1	1	4	2	4	2	4	3	4	4	1	1	1	1
Risujen pusku Bulldozing of brush	141	100	192	100	154	100	175	100	153	100	115	100	136	100	110	100
Tehotyö – Effective time	14	–	19	–	15	–	18	–	15	–	12	–	14	–	11	–
Keskeytykset (10 % tehotyöajasta) Interruptions (10 % of the effective time)	155	–	211	–	169	–	193	–	168	–	127	–	150	–	121	–
Työmaa-aika – Work-site time																

Koodi	Yhtälö	r
1	$y = 28.2 + 0.078x_1^2 + 0.061x_2^2$	0.79
2	$y = 30.0 + 0.12x_1^2$	0.73
3	$y = 17.8 + 0.096x_1^2 + 11.43 \log x_2$	0.58
4	$y = 695.57 + 557.78 \log x_1 + 17.91 \log x_2$	0.61
5	$y = 47.33 + 0.076 x_1^2$	0.52
6	$y = 38.86 + 0.034 x_1^2 + 2.29 x_2$	0.49
9	$y = 162.63 \log x_1 + 1.96 x_2 - 147.61$	0.71

Volvolla suoritettiin puhdistus ja kasausajo samanaikaisesti, joten taulukossa 9 on puhdistukseen ja kasaukseen kulunut aika yhdistetty. Taulukosta 9 havaitaan, että juurakon irrotus maasta on eniten aikaa vaatinut työvaihe.

Volvolla nostettiin myös kuusen kantoja. Kuusella juurakon irrotus osoittautui 25 % nopeammaksi kuin männyllä vastaavissa oloissa. Allis-Chalmers TL-645:llä ei aikaisempien tutkimusten mukaan (AHONEN 1970c) puulaji

vaikuta tehoaikaan. Kivisillä mailla kokonaisaika kasvoi Volvolla 14...36 %. Allis-Chalmersilla vastaava lisäys on 10...13 % (AHONEN 1970c). Soistuneella maalla juurakon irrotus maasta vastaa ajanmenekiltään kivisellä maalla tapahtuvaa nostoa, kokonaisajan sijoittuessa lähelle hiekkamaan arvoa. Kannon haljetessa irrottamisen yhteydessä kokonaisajanmenekki tällä kannolla kasvoi Volvolla 27-44 % ja Allis-Chalmersilla 20 %.

6. TYÖN TUOTOS JA KUSTANNUKSET

Työn tuotokset ja kustannukset esitetään taulukossa 10. Pyöräkuormaajien tuntivuokrina on pidetty Volvo LM 840:llä 39 mk/h ja

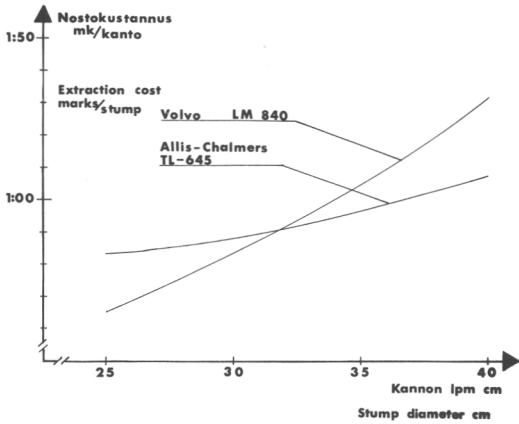
Allis-Chalmers TL-645:llä 47 mk/h (Tie- ja vesirakennushallitus 1971).

Männyllä kannon läpimitan ollessa 35 cm

Taulukko 10. Työn tuotos ja kustannukset.

Table 10. Work production and costs (stump diameter 35 cm).

Koodi Code	Kone Machine	Maaperä Soil	Puulaji Species	Kannon laatu Nature of stump	Tuotos kantoa/h Production stumps/h	Kustannus mk/kanto Cost marks/stump
1+3	Volvo	Hiekka Sand	Mänty Pine	Tuore Green	36	1:08
2+4	Volvo	Kivinen Stony	Mänty Pine	Tuore Green	31	1:26
5	Volvo	Suostunut Swampy	Mänty Pine	Tuore Green	36	1:08
6	Volvo	Hiekka Sand	Kuusi Spruce	Tuore Green	47	0:83
9	Allis	Hiekka Sand	Mänty Pine	Vanha Old	40	1:18
10	Allis	Hiekka Sand	Mänty Pine	Tuore Green	50	0:94

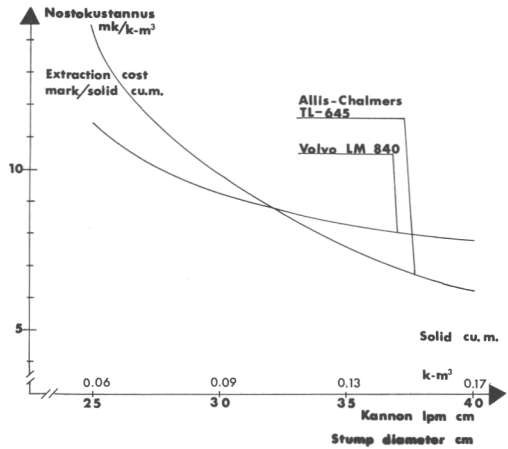


Kuva 11. Nostokustannusten riippuvuus kannon läpimitasta.

Fig. 11. Correlation between extraction costs and stump diameter.

vaihteli tuotos maaperästä riippuen Volvolla 31. . .36 kantoa tunnissa. Allis-Chalmersilla se oli 50. Vastaavat kustannukset olivat Volvolla 1:08. . .1:26 ja Allis-Chalmersilla 0:94 mk/kanto. Tällöin kannot olivat puhdistettuina 10. . .15 kannon kasoissa ajouran varressa.

Pohjois-Suomessa sisältää 35 cm:n kanto noin 0.13 k-m^3 puuainesta (HAKKILA 1972), joten nostokustannukset olivat Volvolla 8:30 ja Allis-Chalmersilla 7:60 mk/k- m^3 .



Kuva 12. Nostokustannusten riippuvuus kannon puuainemäärästä.

Fig. 12. Correlation between extraction costs and stump volume.

Kuvissa 11 ja 12 vertaillaan Allis-Chalmersin ja Volvon nostokustannuksia. Esimerkeissä on puulaji mänty, maaperä hiekkaa ja siirtymis- ja kasausmatka 15 m. Kuvassa 12 esiintyvää kiinto-kuutiota laskettaessa on kanto- ja juuripuun korkea puuaineen tiheys otettu huomioon siten, että sen mukainen puuainemäärä vastaa suuruudeltaan mäntykuitupuun kiintokuution puuainesisältöä.

7. KOKEILTUJEN TYÖMENETELMIEN NIVELTYMINEN ERILAIISIIN KORJUUKETJUIHIN

Erilaiset korjuuketjuvaihtoehdot on esitetty kuvassa 13.

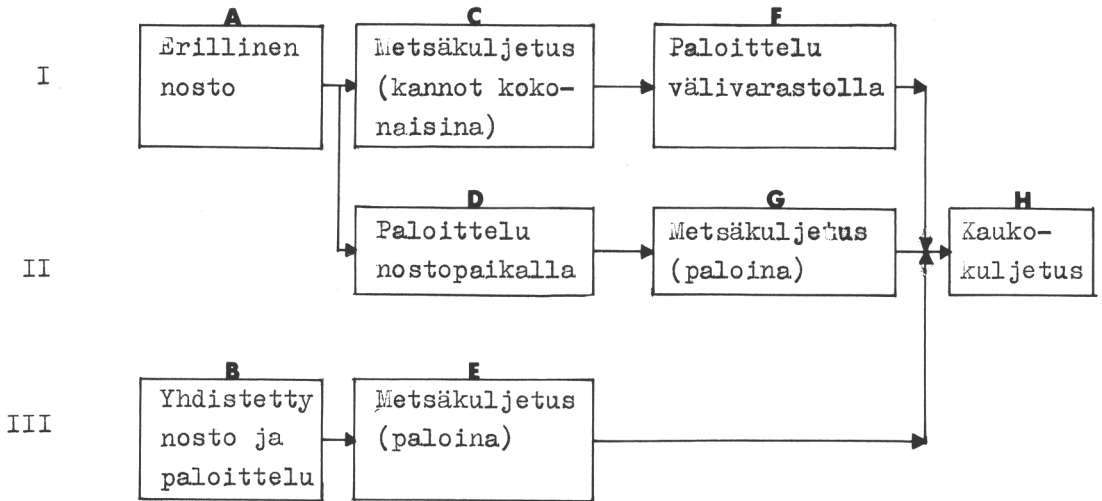
Korjuuketjussa yksi juurakot irrotetaan maasta, puhdistetaan hiekasta ja kivistä ja mahdollisesti kasataan tietyn suuruisiin kasoihin nostolaitteella. Sen jälkeen metsätraktori kuljettaa kannot välivarastolle. Täällä suoritetaan paloittelu, jonka jälkeen kannot kuljetetaan käyttöpaikkaan.

Korjuuketjussa kaksi nostovaihe on sama kuin ensimmäisessä. Tätä seuraa saman tai eri

koneen suorittama paloittelu nostopaikalla. Tavara kuljetetaan paloina metsätraktorilla välivarastolle ja edelleen käyttöpaikkaan.

Kolmannessa vaihtoehdossa sama kone suorittaa yhtämittaisesti noston ja paloittelun. Palat kuljetetaan metsätraktorilla välivarastolle ja edelleen käyttöpaikalle.

Pyöräkuormaajilla suoritettu juurakoiden irrotus soveltuu kahteen ensimmäiseen korjuuketjuvaihtoehtoon. Vaihtoehdossa yksi lienee nykyisillä välineillä edullisinta suorittaa nosto



A = *Separate extraction*
 B = *Combined extraction and splitting*
 C = *Forest transport with whole stumps*
 D = *Splitting at extraction site*

E = G = *Forest transport of split pieces*
 F = *Splitting at intermediate storage*
 H = *Truck transport*

Kuva 13. Korjuuketjuvaihtoehdot.

Fig. 13. Harvesting schedule alternatives.

pyöräkuormaajalla. Vaihtoehdon kaksi taloudellisuus on olemassa olevilla koneratkaisuilla kyseenalainen, mutta korjuuketju voi muodostua edulliseksi, mikäli kehitetään esimerkiksi metsätraktoriperustainen paloittelulaite. Kol-

manteen korjuuketjuvaihtoehtoon pyöräkuormaaja saattaa myös soveltua, mutta se edellyttää paloittelulaitteen rakentamista pyöräkuormaajan nostolaitteen yhteyteen.

8. TYÖMENETELMIEN JA LAITTEIDEN KEHITTELY

Tutkitut pyöräkuormaajat sopivat molemmat hyvin kannonnostotyöhön. Volvo soveltuu paremmin pienille kannoille, Allis-Chalmers taas järeämmille. Tämä johtuu Allis-Chalmersin suuremmasta painosta ja pituudesta. Kun työn luonne vaatii koneen käyttämistä vipuna, on mainituilla tekijöillä suuri vaikutus. Lisäksi Allis-Chalmersilla oli kantokauha, jolla voitiin pienentää tarvittavia nostovoimia katkaisemalla sivujuuret ennen varsinaista nostoa. Heikoin kohta Allis-Chalmersilla oli puhdistuksen suoritus, joka rasitti konetta tarpeettoman paljon.

Volvolla suurten juurakoiden irrotus muodostui epäedullisemmäksi kuin Allis-Chalmersil-

la. Puhdistuksen suoritus tukkikouralla oli huomattavasti helpompaa ja tehokkaampaa kuin kantokauhalla, johtuen kouran liikkuvasta yläosasta, jolla kantoa voidaan iskeä alaosaa vastaan. Volvon nostotuotos laskee kannon koon kasvaessa nopeasti. Voidaan olettaa, että Etelä-Suomen paalujuurisilla männyillä kantoläpimitan kasvaessa tulee melko nopeasti vastaan raja, jonka jälkeen koneen teho ei ehkä riitä juurakoiden irrottamiseen. Lisäpainon sijoittaminen perään saattaa auttaa jonkin verran, mutta edullisempi ratkaisu lienee siirtyä raskaampaan peruskoneeseen.

KIRJALLISUUTTA

- AHONEN, MATTI 1970a. Puiden kaataminen juurineen. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. Helsinki.
- AHONEN, MATTI 1970b. Kantojen nosto pyöräkuormaajalla. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. Helsinki.
- AHONEN, MATTI 1970c. Kantojen nosto pyöräkuormaajaan asennetulla kantokauhalla. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. Helsinki.
- AHONEN, MATTI 1970d. Kannonnosto RH-4 kaivukoneella. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. Helsinki.
- CZEREYSKI, K., GALINSKA, I., ROBEL, H. 1965. Rationalization of stump extraction. FAO/ECE/LOG/158. Geneve.
- HAKKILA, PENTTI. 1972. Mechanized harvesting of stumps and roots. Käsikirjoitus.
- KOIVULEHTO, PENTTI. 1969. Juurakoiden maasta irrottamisesta. Folia Forestalia 73. Helsinki.
- STENZEL, E. 1946. Zur Frage der Stockrodung. Holz-Zentralblatt 28/1946. Stuttgart.
- Tie- ja vesirakennushallitus. 1971. Vuokrattujen työkoneiden enimmäisohjevuokrat 1.9.1971 lukien.
- WIKLUND, MARTIN. 1970. Rapport från provsågning av virke innehållande delar av rotvirke. Svenska Träforskningsinstitutet, avdelningen för träteknik. Redogörelse nr 700710/906/50.

- 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 ja Pentti Rikkinen: Havusahatukkien 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 työntekijään kohdistuvat fyysiset vaikutukset.
The ergonomic development of the forest work methods and some physic effects on workers. 2,50
- No 132 Simo Poso ja 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: Metsätilanomistajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila ja Olavi Saikku: Kuoriprosentin määrittäminen sahanhakkeesta.
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- 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 ja Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla.
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
The use of insecticides for protection of coniferous planting stock against the large
Costs of growing forest-tree seedlings in nurseries in 1969 and 1972. 2,50

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