

# FOLIA FORESTALIA 519

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

---

---

JYRI SCHILDT

UNIMOG KUORMA-AUTOON PERUSTUVA  
POLTTOHAKKEEN HANKINTAJÄRJESTELMÄ

PRODUCING FUEL CHIPS WITH  
UNIMOG TRUCK



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

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

Puhelin: (90) 661 401  
*Phone:*

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

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

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

FOLIA FORESTALIA 519

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Jyri Schildt

UNIMOG KUORMA-AUTOON PERUSTUVA  
POLTTOHAKKEEN HANKINTAJÄRJESTELMÄ

Producing fuel chips with Unimog truck

SCHILD, J. 1982. Unimog kuorma-autoon perustuva polttohakkeen hankintajärjestelmä. Summary: Producing fuel chips with Unimog truck. *Folia For.* 519:1—23.

Tutkimuksessa selvitettiin Unimog kuorma-auton ja Pete 900 hakkurin muodostaman haketus-kuljetusyksikön tuotosta ja kustannuksia.

Kokopuuhakkeen teon ja kuljetuksen yhteenlaskettu tuntuotosto oli 20 kilometrin kuljetusmatkalla 3,0 m<sup>3</sup> ja rankahakkeen vastaavasti 3,5 m<sup>3</sup> ilman siirtokuormausajoa perävaunulle. Jos 1,5 kilometrin siirtoajo on epäedullisen varastopaikan vuoksi välttämätön, tuotokset ovat 2,4 m<sup>3</sup>/h ja 2,7 m<sup>3</sup>/h. Kokopuuhakkeen yksikkökustannukseksi muodostuu vuoden 1982 kustannustasolla tällöin 59,92 mk/m<sup>3</sup> ja rankahakkeen yksikkökustannukseksi 54,38 mk/m<sup>3</sup>.

Tutkimuksessa käsitellään myös koneyksikön laskennallisia käyttötuntikustannuksia, kuljettajan ajankäytön rakennetta, hakkeen ominaisuuksia, toiminnan energiatasetta sekä koneyhdistelmän käyttösovellutuksia.

The output and costs of a chipping-transport unit consisting of a four-wheel drive Unimog truck and Pete 900 chipper were studied.

The combined per-hour output of the preparation and transport of whole-tree chips over a transport distance of 20 km was 3,0 m<sup>3</sup> and of tree-length chips correspondingly 3,5 m<sup>3</sup>. If disadvantageous landing caused additional hauling of 1,5 km from the chipping site to the chip trailer, the outputs were 2,4 and 2,7 m<sup>3</sup>/h. The average unit cost for whole-tree was 59,92 FIM/m<sup>3</sup> and for tree length 54,38 FIM/m<sup>3</sup>.

The results include information on the costs per operating time for the unit, structure of the time consumption by the machine operator, properties of the chips, energy balance of the operations, and a discussion of the practical applications of the machine.

ODC 363.7 + 66  
ISBN 951-40-0571-6  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	4
2. METSÄHAKKEEN ENERGIÄKÄYTTÄJÄT .....	4
3. UNIMOGIN KÄYTTÖSOVELLUTUKSIA METSÄTALOUEDESSA .....	5
4. KONEYHDISTELMÄN TEKNISET OMINAISUUDET .....	6
41. Mercedes Benz Unimog U 1700 L .....	6
42. Pete 900 hakkuri .....	6
43. Cranab 3010 kuormain .....	6
44. Multilift HL-6 vaihtolavalaite .....	7
45. Perävaunu .....	7
46. Hakekontit .....	7
47. Haketus-kuljetusyksikön kokonaispaino ja -hintaa .....	7
5. KONEYHDISTELMÄN TYÖSKENTELYPERIAATE .....	8
6. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO .....	8
61. Tutkimusmenetelmä .....	8
611. Haketustyön ajan rakenne .....	8
612. Haketus- ja kuljetustyön ajan rakenne .....	9
613. Hakkeen mittaus .....	9
62. Tutkimusaineisto .....	9
7. TUTKIMUSTULOKSET .....	11
71. Haketustuotos .....	11
711. Haketuksen apuajat .....	11
712. Välivarastohaketus .....	11
713. Palstahaketus .....	13
714. Puun koon vaikutus hakkurin tuotokseen .....	14
72. Haketus-kuljetusyksikön kokonaistuotos .....	14
721. Kuljetus perävaunuyhdistelmällä .....	14
722. Kuljetus vetovaunulla .....	15
73. Hakkeen ominaisuudet .....	16
731. Hakkeen tiiviys .....	16
732. Hakkeen palakoko .....	17
74. Haketustyön ja kuljetuksen kustannukset .....	18
741. Laskentaperusteet .....	18
742. Koneen käyttötuntikustannus ja keskimääräinen yksikkökustannus .....	18
75. Työn energiatase .....	19
8. TULOSTEN SOVELTAMINEN KÄYTÄNTÖÖN .....	20
9. YHDISTELMÄ .....	22
LÄHTEET — SOURCES .....	23
SUMMARY .....	23

## 1. JOHDANTO

Metsähakkeen korjuuketjulle voidaan asettaa seuraavat vaatimukset (Hakkila ym. 1978):

- Menetelmien tulee soveltua sekä harvennusta että avohakkuihin.
- Korjuun tulee olla taloudellista sellaisissakin leimikoissa, joissa puitten rinnankorkeusläpimitta on vain 4...10 cm.
- Välivarastojärjestelyjen tulee olla yksinkertaisia ja vähän tilaa vaativia.
- Työmaitten pienen koon vuoksi kaluston tulee olla joustavasti siirrettävissä.
- Korjuuketju ei saa olla herkkä häiriöille. On mahdollisuuksien mukaan vältettävä kytkemästä koneitten toimintaa kiinteästi toisiinsa.
- Koneitten tulee työlainsäädäntömme mukaisesti täyttää korkeat ergonomiset vaatimukset.
- Koneitten yksikkökustannukset on pidettävä mahdollisimman alhaisina. Olisi siis edullista, jos kalustoa voitaisiin käyttää myös muissa metsätalouden tehtävissä.
- Raaka-aine ei saa likaantua korjuuvaiheessa.

Kokopuun korjuun konekehittäely on viime vuosina tähdännyt em. vaatimusten täyt-

tämiseen. Myös tässä esityksessä tutkittavaa koneyhdistelmää on lähdetty suunnittelemaan samalta pohjalta tavoitteena keskikokoisten laitosten polttohakkeen korjuun ja jakelun joustava yhdistäminen.

Unimog-autoon ja kartiohakkuriin perustuvaa haketusyksikköä ryhdyttiin kehittämään vuonna 1980 Oy Veho Ab:n, toimitusjohtaja Pertti Szepaniakin ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyönä. Maaliskuussa 1981 koneen prototyypin kehittäely oli niin pitkällä, että ensimmäiset maastokokeet ja tuotosmittaukset voitiin aloittaa.

Tutkimus kuuluu Metsäntutkimuslaitoksen "Puuenergian raaka-aineena" -projektiin. Työn tavoitteena on selvittää Pete 900 hakkurilla varustetun Unimog kuorma-auton tuotosta ja hakkeen laatua sekä koneyhdistelmän soveltuvuutta keskisuurten lämpö-  
laitosten polttohakkeen hankintayksiköksi.

Tutkimustyömaiden käytännön järjestelyistä vastanneita henkilöitä tahdon kiittää saamastani avusta. Erityisesti toimitusjohtaja Pertti Szepaniak, insinööri Pekka Närhi Oy Veho Ab:stä sekä metsäteknikko Hannu Kalaja Metsäntutkimuslaitoksesta myötävaikuttivat työni edistymiseen.

Aineiston keruuseen ovat osallistuneet metsätyönjohtaja Tapio Nevalainen, tutkimusapulaiset Leena Kähkönen, Matti Rytkönen ja Heikki Silvennoinen. Konekirjoitustyöstä on huolehtinut Aune Rytkönen.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit Pentti Hakkila ja Matti Kärkkäinen.

Kiitän kaikkia mukana olleita.

## 2. METSÄHAKKEEN ENERGIÄKÄYTTÄJÄT

Metsähakkeen kuluttajat voidaan jakaa lähinnä käyttäjäryhmän koon perusteella seuraavasti:

- metsäteollisuus ja muu suurkulutus
- keskisuuret aluekäyttöpisteet
- maatilatalous, omakotitalot ym. pienkulutus

Metsäteollisuus on tällä hetkellä suurin metsähakkeen kuluttajaryhmistä. Sen käyttämä metsähakemäärä oli vuonna 1979 Eeronheimon (1981) mukaan 232 000 m<sup>3</sup>. Tästä käytettiin energiantuotantoon 104 000 m<sup>3</sup> eli 45 %.

Osa teollisuuden hankkimasta metsähakkeesta poltetaan sellaisenaan voimalaitok-

sisia kuoren ja muun jättepuun joukossa. Monien yhtiöitten tavoitteena on kuitenkin jalostaa paras osa hakkeesta metsäteollisuustuotteiksi. Tämä edellyttää metsähakkeen lajittelua, jossa erotellaan jalostukseen ja energiantuotantoon menevät osat toisistaan.

Keskisuuriin metsähakkeen käyttäjiin luetaan mm. meijereiden, koulujen, sairaaloiden ja varuskuntien lämpölaitokset sekä kunnalliset aluelämpökeskukset, joita on viime aikoina syntynyt monelle paikkakunnalle. Aluekäyttöpisteiden voimakas lisääntyminen lähivuosina on todennäköistä. Uusien laitosten ohella myös jo toimin-

nassa olevat laitokset lisäävät hakkeen käyttöä polttopuuna. Keskisuurten laitosten polttohakkeen käyttöpotentiaalin arvioidaan voivan nousta jopa 4...6 milj. m<sup>3</sup>:iin/v teollisuuden raaka-aineen saannin silti kärsimättä (Energiametsätoimikunnan mietintö II 1981).

Vuonna 1979, jonka jälkeen käyttömäärät ovat voimakkaasti lisääntyneet, haketta kulutettiin keskisuurissa laitoksissa n. 68 000 m<sup>3</sup>. Siitä oli 54 000 m<sup>3</sup> metsähaketta. Eri puutavaralajeista tuolloin tehtyjen hakemäärien osuudet selviävät seuraavasta asemelmasta (Heikka 1980).

Puutavaralaji	Käyttö, m <sup>3</sup>
Kokopuuhake	2 100
Rankahake	52 000
Hakkuutähdehake	160
Metsähake, yht.	54 260
Teollisuushake	13 600
Polttohake, yhteensä	67 860

### 3. UNIMOGIN KÄYTTÖSOVELLUTUKSIA METSÄTALOUDESSA

Unimog kuorma-autoa on pitkään käytetty peruskoneena lukuisiin eri tarkoituksiin Keski-Euroopassa. Esimerkkeinä mainittakoon teiden rakentamiseen ja kunnossapitoon, maansiirtotöihin, puutavaran kuljetukseen ja sotilaallisiin tarkoituksiin liittyvät tehtävät.

Meillä Unimog on ollut etupäässä palo-, sähkö- ja puhelinlaitosten sekä muiden julkisten laitosten ajoneuvo. Sen sijaan metsätöissä ei Unimogia ole Suomessa merkittävästi käytetty.

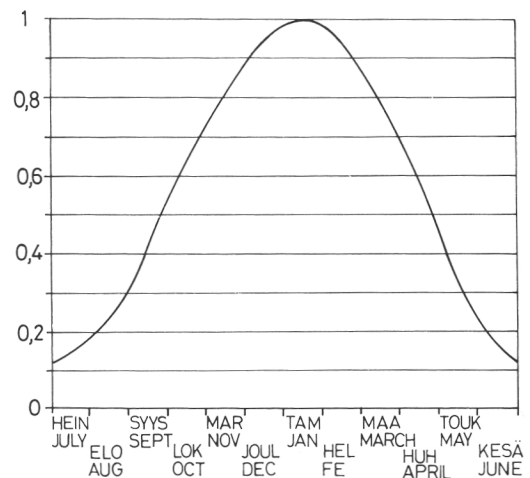
Unimogin ja Pete 900 hakkurin muodostama haketus-kuljetusyksikkö soveltuu kapasiteettinsa puolesta lähinnä keskisuurten aluelämpölaitosten hakkeen toimitukseen. Keskisuurten aluelämpölaitosten polttoaineen kulutus on varsin kausiluonteista ja riippuu suuresti lämmitystarpeesta. Kuvassa 1 on esitetty vuodenaikojen mukaan vaihteleva lämmöntarve.

Haketta käyttävän lämpölaitoksen polttoainetoimituksia voidaan jonkin verran tasoitaa puskurivarastoilla. Vaihtelut kesän ja talven kesken ovat kuitenkin niin suuria, että Unimog haketusyksikköä saattaa olla vaikea työllistää pelkästään aluelämpölaitoksen hakkeen toimituksilla. Jos haketus-

Vuonna 1979 rankahakkeen osuus oli 77 % koko hakemäärästä ja peräti 96 % metsähakkeen määrästä. Rankahaketta kulutetaan keskisuurissa laitoksissa myös lähitulevaisuudessa enemmän kuin kokopuuhaketta, mutta kokopuuhakkeen ja hakkuutähdehakkeen käyttö on selvästi lisääntymässä.

Kokopuuhakkeen käyttöä ovat vaikeuttaneet ennen kaikkea lämpölaitosten syöttöjärjestelmien toimintahäiriöt. Kokopuuhakkeessa on usein oksanpätkiä ja muitakin ylisuuria kappaleita, jotka haittaavat kuljettimien toimintaa. Toimintahäiriöitä ei kuitenkaan ole perimmältään luettava pelkästään hakkeesta johtuviksi. Polttolaitosten suunnittelussa on vain harvoin varauduttu tikkupitoisen hakkeen käyttömahdollisuuksiin, vaikka tasalaatuinen rankahake on kustannuksiltaan oleellisesti kalliimpaa.

LÄMMÖNTARVE  
NEED OF HEATING



Kuva 1. Vuodenaikasta riippuva lämmitystarve aluelämpövoimalassa (Immonen 1981).

Fig. 1. Need of heating at a district heating plant by season.

työ ei riitä, peruskone on työllistettävä ajoittain muilla tehtävillä.

Unimogiin on mahdollisuus kytkeä erilaisia lisälaitteita, joita on runsaasti tarjolla.

Metsätalouteen soveltuu käytettäväksi esimerkiksi lumilinko, mutta talvella yleensä riittää haketustakin täystyöllisyyden turvaamiseksi. Kesäkautena Unimogia voidaan käyttää esimerkiksi metsänviljelymateriaalin kuljetukseen taimitarhalla maastoon tai metsäteiden rakentamisessa. Esimerkiksi on mahdollista suorittaa tien jyrääminen pari-pyörillä varustetulla Unimogilla.

Kokopuunakorjuun aiheuttamien ravinne- menetysten korvaamiseksi on kehitteillä Unimog-alustainen tuhkanlevityslaitte, jolla kotimaisia polttoaineita käyttävien energialaitosten tuhka voidaan palauttaa pelloille tai metsään. Tuhkanlevityslaitteeseen kuuluu myös perävaunu ja vaihtokonttijärjestelmä, joita käytetään kuljetettaessa tuhkaa polttolaitokselta maastoon.

#### 4. KONEYHDISTELMÄN TEKNISET OMINAISUUDET

##### 41. Mercedes Benz Unimog U 1700 L

Mercedes Benz Unimog U 1700 L peruskoneen tärkeimmät tekniset ominaisuudet ovat seuraavat:

Moottori:

- nelitahtinen turboahdettu Mercedes Benz suorasuihkutusdiesel
- sylinteriluku 6 kpl
- sylinterien sijoitus rivissä
- iskutilavuus 5675 cm<sup>3</sup>
- teho 124 kW DIN/2800 r/min
- maksimivääntömomentti 491 Nm/1600 r/min

Voimansiirto:

- mekaaninen
- 16 vaihdetta eteenpäin, 16 taaksepäin
- nopeusalue 1,2...91,0 km/h nimelliskierrosluvulla 2800 r/min
- paineilmaohjattu nelipyörävedon ja molempien akselien tasauspyörästön lukkojen kytkentä
- voiman ulosottoakselit edessä ja takana
- voiman ulosotto akselilta suhteessa 540/1 000 r/min, sallittu kuormitus 100 kW, paineilmaohjattu kaksoiskytkin
- hydraulipainejärjestelmä 210 bar, pumpun teho 60 l/min, pistokeliitäntäinen hydrauliiikkalaitteisto.

Peruskone:

- oma paino 4,9 t
- suurin sallittu kokonaispaino rajoittamattomalla nopeudella 11,2 t
- suurin sallittu kokonaispaino rajoitetulla nopeudella 62 km/h 12,5 t
- pituus 5 580 mm
- leveys 2 300 mm
- korkeus 2 560 mm
- akseliväli 3 250 mm
- raideväli 1 840 mm
- maavara 500 mm
- maavara hakkurin kanssa 400 mm
- hinta tammikuussa 1982 323 000 mk

Tutkimuksessa käytetty Unimog oli varustettu Michelin 13,00 R 20 Pilot XL korkeapainerenkailla. Vetovaunun paino täydessä varustuksessa (hakkuri, kuormain, vaihtolavalaitte ja hakekontti) ilman hyötykuormaa on n. 9 000 kg.

##### 42. Pete 900 hakkuri

Pete 900 pienpuuhakkurin keskeinen osa on terillä varustettu pyörivä kartio. Voima välitetään kartioon mekaanisesti ja sen syöttölaitteeseen hydraulisesti. Tehontarve on vähintään 60...70 kW.

Tutkimuksen kohteena ollut hakkuri oli kytketty Unimog kuorma-auton nokalle voiman ulosottoakselin päähän. Syöttöaukko oli peruskoneen ohjaamosta katsoen oikealla puolella. Haketorvi meni ohjaamon vasemman puolen yli lavalla olevaan konttiin. Hakkurissa oli kaksi hydraulisesti maahan laskettavaa tukijalkaa, joista vain syöttöaukon puoleista käytettiin haketuksessa.

Pete 900 kartiohakkurin tekniset tiedot ovat seuraavat:

- kartion suurin halkaisija 900 mm
- kartion pyörimisnopeus 885 r/min/Unimog 2 300 r/min
- kartiossa kaksi pyörivää leikkuuterää ja niillä yksi kiinteä vastaterä
- hydraulisessa syöttölaitteessa ylhäällä yksi vetävä ja alhaalla kolme vetävää painorullaa
- paino noin 800 kg
- leveys 2 000 mm
- pituus 600 mm
- korkeus 1 500 mm
- syöttöaukon leveys 340 mm
- syöttöaukon korkeus 280 mm
- hakkeen koko säädettävissä 15...40 mm
- hinta (hakkuri + pikakiinnitys) tammikuussa 1982 n. 130 000 mk

##### 43. Cranab 3010 kuormain

Tutkimuksen haketusyksikkö oli varustettu hydraulisella kourakuormaimella Cranab 3010. Kuormain oli sijoitettu Unimogin nokalle hakkurin syöttölaitteen taakse. Ohjaus suoritettiin Unimogin ohjaamosta käsin kaksivipujärjestelmällä.



## Tekniset tiedot:

- ulottuvuus 4,65 m
- teleskooppipuomi 0,75 m
- nostokyky 4,65 m:n ulottuvuudelta 7,2 kN
- bruttonostomomentti 38,6 kNm
- suositeltava öljypumpun kapasiteetti 30...40 l/min
- hydraulijärjestelmän paine 15 MPa (150 bar)
- kääntökulma 380°
- paino n. 1 000 kg
- hinta asennettuna tammikuussa 1982 noin 100 000 mk

## 44. Multilift HL-6 vaihtolavalaite

Multilift HL vaihtolavajärjestelmässä vaihtokonttia siirretään koukkulaitteella, jotta voidaan suorittaa seuraavat toiminnot: kontin siirto maasta lavalle ja lavalta maahan, siirto perävaunuun sekä kippaus. Multilift HL-6 koukku-laite on sarjavalmisteisesta HL-8-mallista tehty muunnos Unimog kuorma-autoa varten. Laitteen tekniset tiedot ovat seuraavat:

- nosto/kippinkapasiteetti 6 t
- asennuspituus n. 3 300 mm
- laitteen paino 1 100 kg
- kippauskulma 50°
- käyttöpaino max. 230 bar
- teoreettinen toimintanopeus/vaihe 30 s
- hydraulisesti toimivat kombilukot
- hinta tammikuussa 1982 n. 58 000 mk

## 45. Perävaunu

Kaksiakselinen varsinainen perävaunu, jossa on vaihtokonttirunko, on Joka Oy:n valmistama. Perävaunu on varustettu kahdella siirrettävällä hakekontilla, jotka lukitaan runkoon kombilukoilla.

Perävaunun tekniset tiedot ovat seuraavat:

- pituus 6 700 mm
- omapaino kahdella kontilla noin 5 000 kg
- sallittu kokonaispaino 20 t
- sallitut akselipainot 10 t
- hinta (käytetty) ilman kontteja noin 30 000 mk.

## 46. Hakekontit

Unimog-yhdistelmään kuuluu kolme hakekonttia, joista yksi on kuljetuksessa Unimogin lavalla ja kaksi perävaunussa. Konttien seinät ovat 8 mm:n filmipintavaneria.

Katteena on irrotettava suojapeite. Konteissa on Multilift koukkulaitetta varten etuseinän yläosassa tartuntalenkki.

- kontin pituus 3 300 mm
- kontin leveys 2 500 mm
- kontin korkeus 1 700 mm
- sisätilavuus on 13,3 m<sup>3</sup>
- paino 600 kg
- hinta (3 kpl) tammikuussa 1982 n. 58 000 mk

## 47. Haketus-kuljetusyksikön kokonaispaino ja -hintaa

Yleisellä tiellä liikennöivän ajoneuvoyhdistelmän kantavuuden määrää toisaalta viranomaisten rajoitukset sallituista akseli-, teli- ja kokonaispainoista sekä moottoritehon riittävydestä ja toisaalta koneen valmistajan säätämät rajat rakenteellisen kestävyuden perusteella. Unimog-yksikön suurin rakenteellinen kokonaispaino on 32,5 t (vetoauto 12,5 t, perävaunu 20 t), mutta moottoriteho rajoittaa koko yksikön korkeimmaksi sallituksi painoksi 28 t. Kun vetoauto painaa 12,5 t, perävaunun osalle jää 15,5 t. Suurin mahdollinen hyötykuorma on tällöin vetoautossa 3,5 t, perävaunussa 10,5 t ja yhdistelmässä 14,0 t.

Yhdistelmän suurin sallittu kokonaispaino	28,0 t
Vetoauton omapaino, josta	9,0 t
— alusta + rakenteet	(5,5 t)
— hakkuri	(0,8 t)
— kuormain	(1,0 t)
— vaihtolavalaite	(1,1 t)
— kontti	(0,6 t)
Perävaunun omapaino, josta	5,0 t
— hakekontit	(1,2 t)
Yhdistelmän omapaino	14,0 t — 14,0 t
Hyötykuorma	14,0 t

Koneyhdistelmän kokonaishinnaksi muodostuu noin 700 000 mk. Koska kyseessä on prototyyppikone, hinnan jakaminen osiin on vaikeaa. Seuraavassa asetelmassa esitetyt luvut ovat "noin"-hintoja ja ne sisältävät asennuksesta aiheutuvat arvioidut lisäkustannukset

Vetoauton alusta	323 000 mk
Hakkuri (+ pikakiinnitys)	130 000 "
Kuormain	101 000 "
Vaihtolavalaite	58 000 "
Perävaunu (käytetty)	30 000 "
Hakekontit, 3 kpl	58 000 "
Yhteensä	700 000 mk

## 5. KONEYHDISTELMÄN TYÖSKENTELYPERIAATE

Unimog-yksikön lähestyessä haketustyömaata kuljettajan on ensimmäiseksi valittava perävaunun paikka. Paikan tulee olla tasainen eikä pohja saa olla upottava. Sivukaltevuuksia tulee ehdottomasti välttää, jotta kontin vaihdot sujuisivat kitkattomasti. Ennen kaikkea perävaunu tulee sijoittaa niin, että Unimog voi lähestyä sitä sekä edestä että takaa. Kun perävaunu on irrotettu, hakkuri siirtyy työmaalle.

Välivarastohaketuksessa kone ajetaan varastokasan viereen siten, että kasa alkaa hakkurin syöttöaukon tasalta. Koneen tarvitsee siirtyä haketusvaiheen aikana hyvin harvoin, sillä kuormain ylettää useimmiten syöttämään kontilliseen tarvittavat puut yhdestä paikasta.

Hakkuriin voidaan syöttää useampia pieniä puita kerralla. Isot puut syötetään yksitellen. Yli 15 cm:n läpimittaisia puita hakettaessa syöttölaitteen veto on aika ajoitin keskeytettävä koneen kierrosten laskiessa liian alhaisiksi. Syöttöä voidaan jatkaa, kun kierrosluku on jälleen riittävä. Tätä menetelmää käyttäen koneella voidaan hakettaa järeitäkin puita, mutta se ei ole suuren kuormittavuuden vuoksi suositeltavaa.

Koska hakkurin syöttöaukko sijaitsee Unimogin ohjaamosta katsoen oikealla, on

kuormaimen hallintavivutkin sijoitettu ohjaamossa oikealle. Palstahaketuksessa tästä on jonkin verran haittaa, koska kuljettaja joutuu työpistesierroissa vaihtamaan paikkaa ohjaamossa. Harjaantuneelta kuljettajalta paikanvaihto käy kuitenkin nopeasti.

Tyhjä kontti lasketaan varastolla vetoavaunun lavalta maahan ja perävaunusta otetaan tyhjä kontti tilalle, joka täyttämisen jälkeen siirretään suoraan takaisin perävaunuun. Kolmas kontti otetaan sen jälkeen toiselta puolelta perävaunua ja palautetaan täytettynä suoraan takaisin perävaunuun.

Viimeisen kontin hakettamisen jälkeen Unimog-yhdistelmä valmistetaan ajokuntoon ja perävaunu kytketään. Käyttöpäikällä kuorma puretaan kippaamalla kontit vuoron perään vaihtolavalaitteen kipillä. Kontin vaihdot tehdään samaan tapaan kuin metsäpäässä.

Koneyhdistelmään suunnitellaan asennettavaksi hakkurin pikakiinnitysjärjestelmä. Silloin hakkuri voitaisiin pitemmällä matkalla kuljetuksen ajaksi jättää haketuspaikalle, kuljettajan näkyvyys parantuisi, maantieajo tulisi joustavammaksi ja vetoauton hyötykuormaa voitaisiin lisätä.

## 6. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

### 6.1. Tutkimusmenetelmä

#### 6.1.1. Haketustyön ajan rakenne

Tutkimuskohteena oli 13,3 m<sup>3</sup>:n hakesäiliön hakettamiseen kuluva aika eli tuotantoaika. Se jaettiin tehoaikaan ja keskeytyksiin. Välivarastohaketuksessa tehoaika muodostui haketukseen valmistautumisesta, haketuksesta, työpistesierroista, siirtymisen valmistelusta haketuksen jälkeen, edestakaisista siirtoajoista haketuspaikan ja perävaunun välillä sekä kontin vaihdoista. Haketus puolestaan jaettiin varsinaiseen haketukseen ja hakkurin tyhjänäpyörimisaikaan (kuva 2).

Haketukseen valmistautuminen käsitti kaikki kuljettajan valmistavat toimenpiteet haketusta aloitettaessa. Näitä olivat haketorven kääntäminen eteen ja

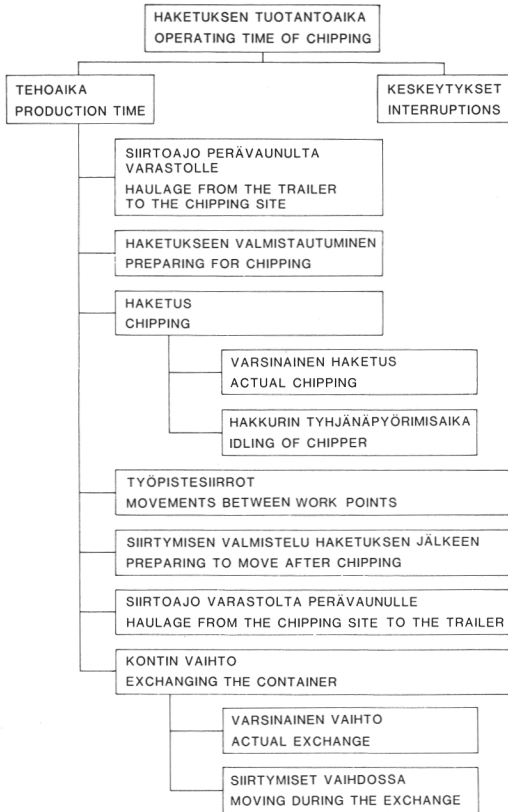
kiinnittäminen hakkuriin, syöttöaukon levytyksen kiinnittäminen syöttöaukkoon, kuormaimen siirto haketusasentoon ja lavan suojapeitteen paikalleen asettaminen. Haketukseen valmistautumiseen luettiin myös hakkurin kierrosten nosto haketuskerroksille.

Varsinaisesta haketuksesta oli kyse silloin, kun hakkurin torvesta lensi haketta. Tyhjänäpyörimisaikaa oli se osa haketusajasta, jolloin haketta ei tullut.

Palstahaketuksessa tehoaika muodostui samalla tavalla kuin välivarastohaketuksessa. Erona oli ainoastaan se, että siirtoajat jaettiin vielä erikseen maastoajoon ja tiellääjoon.

Kontin kokonaishakemäärästä päästiin taakka- ja runkokohtaisiin keskitilavuuksiin jakamalla hakkeen määrä taakkojen ja runkojen lukumäärillä.

Kuljettajan ajankäytön rakennetta haketusvaiheen aikana tutkittiin frekvenssimenetelmällä 20 minuutin



Kuva 2. Hakkuriyhdistelmän tuotantoajan jako väli-varastohaketuksessa.

Fig. 2. Division of operating time by Unimog unit in landing chipping.

havaintoväliä käyttäen. Ajankäyttö jaettiin seuraaviin vaiheisiin:

- kouran siirto tyhjänä
- puiden irrotus kasasta
- kouraisu
- kouran siirto kuormattuna
- puiden asettelu syöttölaitteeseen
- syötön auttaminen
- odotus syötössä

## 612. Haketus- ja kuljetustyön ajan rakenne

Koneyhdistelmän kuorma-aika jaettiin kuorman tekoon, kuormattuna ajoon, kuorman purkuun, tyhjänä ajoon sekä eräisiin apuajoihin. Apuajoina olivat mahdollinen yhdistelmän kääntö työmaalle tultaessa, perävaunun jättäminen ja kytkeminen sekä ajoon valmistautuminen ja purkuun valmistautuminen. Kuorman teko käsitti haketuksen tuotantoajan kaikkine vaiheineen. Kuvassa 3 on kaavio kuorma-ajan jakautumisesta työvaiheisiin.

## 613. Hakkeen mittaus

Hakkeen irtotilavuus arvioitiin sekä metsä- että käyttöpäässä mittaamalla kunkin kontin hakevaje ja vähentämällä se kontin tilavuudesta. Hakevaje mitattiin pituussuunnassa metrin välein ja leveysuunnassa molemmilta reunoilta sekä keskeltä. Kuorma tasoitettiin ennen mittausta työn helpottamiseksi.

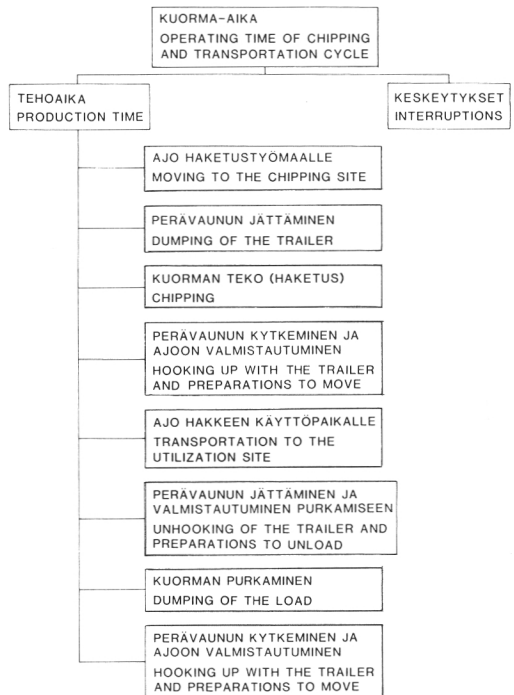
Jokaisesta kuormasta otettiin kosteuden määrittämistä varten hakenäyte, joka koostui pienistä eristä eri puolilta konttia. Osa kuormista punnittiin auto-vaalla hakkeen irtotilavuusyksikön tuore- ja kuivamassan määrittämiseksi.

Hakkeen palakokojakauman selvittämiseksi otettiin joistain kuormista seulontanäyte. Näytteiden vertailukelpoisuuden parantamiseksi ne pyrittiin ottamaan aina terävillä terillä tehdystä hakkeesta.

## 62. Tutkimusaineisto

Haketuksen tuotosta tutkittiin välivarasto-oloissa neljällä työmaalla, kullakin yhtä puutavaralajia. Palsahaketuksessa tutkimustyömaina oli kaksi maastoluokaltaan helppokulkuista ensiharvennusmännikköä, joista toisessa esikasaus oli tehty maataloustraktorin vintturilla ja toisessa Normetin esikasauslaitteella.

Hakkeen kaukokuljetusta tutkittiin haketustyömaiden lisäksi kahdella työmaalla Heinävedellä ja yhdellä Vihdissä.



Kuva 3. Kuorma-ajan jako yhdistetyssä haketuksessa ja kuljetuksessa.

Fig. 3. Division of time in combined chipping and transportation cycle.

Taulukosta 1 selviävät haketustyömaat, käsitellyt puumäärät sekä aineiston keruun ajankohta. Haketustyömaiden puustotiedot on esitetty puutavaralajeittain taulukossa 2.

Palstahaketuksessa puuta kertyi 2,6 m<sup>3</sup> sataa ajorimetriä kohti yhdeltä puolelta uraa. Kasan keskikoko oli 0,4 m<sup>3</sup> ja siinä oli keskimäärin 14,9 puuta. Hakkuri joutui siirtymään 3,5 kertaa ja 38,3 metriä kuutiometriä kohti.

Aikatutkimusaineisto jaettiin kolmeen ryhmään. Puutavaralajista riippuvia olivat vain haketusajat ja palstahaketuksessa lisäksi siirtyminen haketus-

vaiheen aikana. Puutavaralajista riippumattomia olivat kaikki haketuksen tehoaikaan luettavat apuajat. Lisäksi puutavarasta riippumattomiksi oletettiin tuotantoaikaan sisältyvät keskeytykset. Kuorma-kohtaisiksi ajoiksi luettiin kaikki kuorma-aikaan sisältyvät ajat lukuun ottamatta haketuksen tuotantoaika eli kuorman tekoa.

Haketuksen tuotantoaikaan luettavat keskeytykset on laskettu prosentteina tuotantoajasta. Osuus tuotantoajasta on oletettu sekä hakkeen teossa että kuljetuksessa 20 prosentiksi.

Taulukko 1. Haketustyömaat ja niillä käsitellyt puumäärät.  
Table 1. Chipping sites and the quantities of timber handled at them.

	Palstahaketus Terrain chipping		Välivarastohaketus — Landing chipping				Yhteensä Total
	Kaukopää 25.6.—1.7.	Juva 8.7.—9.7.	Sulkava 10.3.—12.3. ja 9.7.	Ruokolahti 2.7.—3.7.	Puhos 14.7.—16.7.	Hattula 13.8.	
	Mänty- kokopuu Pine, whole-tree	Mänty- kokopuu Pine, whole-tree	Mänty- kokopuu Pine, whole-tree	Koivu- kokopuu Birch, whole-tree	Leppä- kokopuu Grey alder, whole-tree	Mänty/koivu- ranka Pine/birch, tree length	
Hakkeen irtotilavuus, i-m <sup>3</sup> Loose volume of chips, m <sup>3</sup>	104,7	38,4	140,0	65,3	77,1	52,2	477,7
Hakkeen kiintotilavuus, m <sup>3</sup> Solid volume of chips, m <sup>3</sup>	37,5	14,5	51,1	25,7	33,1	20,0	181,9
Hakkeen kuivamassa, t Dry mass, tons	14,5	4,8	19,7	12,1	12,2	7,5	70,8

Taulukko 2. Haketustyömaiden puustotiedot.  
Table 2. Tree data on the chipping sites.

Muuttuja Variable	Välivarastohaketus — Landing chipping				Palstahaketus Terrain chipping
	Mäntykokopuu Pine, whole-tree	Koivukokopuu Pine, whole-tree	Leppäkokopuu Grey alder, whole-tree	Mänty/koivuranka Pine/birch, tree length	Mäntykokopuu Pine, whole-tree
Puun/rungon koko, m <sup>3</sup> Tree/stem size, m <sup>3</sup>	0,024	0,047	0,024	0,014	0,029
Puun/rungon pituus, dm Tree/stem length, dm	61	108	80	30	65
Haketustaakan koko, m <sup>3</sup> Size of the chipping bunch, m <sup>3</sup>	0,042	0,056	0,049	0,035	0,056
Puita, kpl — Number of trees	1,78	1,20	2,00	2,51	1,99

Värisivu — The color page:

Yläkuva: Unimog-yksikkö hakettamassa välivarastolla.  
Above: Unimog machine unit chipping at the landing.

Alakuva: Kontin vaihto ja kippaus.

Below: Exchanging the container and tipping.





## 7. TUTKIMUSTULOKSET

### 71. Haketu tuotos

#### 711. Haketuksen apuajat

Haketuksen tehoaikaan luettavat apuajat, jotka on esitetty taulukossa 3, on oletettu yhtä suuriksi kaikille hakettaville puutavaralajeille.

Haketuksen työpistesierrot on luettu apu-aikoihin, koska siirtojen määrä riippuu ensisijaisesti varastomuodostelman suuruudesta ja korkeudesta. Työpistesierroihin kulunut aika oli vain 5 cmin/m<sup>3</sup>. Usein kone pystyi hakettamaan täyden kontillisen siirtymättä yhtään kertaa. Palstahaketuksessa työpistesierrot kuuluvat olennaisesti haketus-aikaan, joten palstahaketuksen työpistesierrot on laskettu erikseen.

Siirtoajat tapahtuivat pääosin metsäautotai yksityisteillä, mutta osin myös ajouraan verrattavilla osuuksilla. Laskelmissa käytetyt nopeudet — 12,7 km/h tyhjänä ja 9,6 km/h kuorman kanssa — on laskettu työmaiden keskiarvoina.

Suurimmat etäisyydet haketuspaikalta perävaunulle olivat noin 5 000 m. Hyvillä varastoilla perävaunu taas voitiin ajaa perille. Useimmissa tapauksissa perävaunu olisi muutoin voitu ajaa varaston lähelle, mutta rajoittavana tekijänä oli kääntöpaikan puuttuminen tai riittävän tasaisen paikan löytäminen kontin vaihtoa varten. Mainittakoon, että siirtokuormaajomatkan kasvaessa ja jatkuessa hyväkuntoisella tiellä ajonopeus on ratkaisevasti edellä mainittua suurempi.

Palstahaketuksessa maastoajonopeus tyhjänä on 4,1 km/h ja täydellä kontilla ajettaessa 1,7 km/h. 100 metrin maastoajoa vastaavat ajanmenekit ovat 30 ja 73 cmin/m<sup>3</sup>.

#### 712. Välivarastohaketus

Taulukossa 4 esitetään eri puutavaralajien välivarastohaketuksessa kuluva haketus-, teho- ja tuotantoaika kiintokuutiometriä

kohti sekä vastaavat tuntituotokset. Tehoaika on laskettu lisäämällä haketus-aikaan apuajat (602 cmin/m<sup>3</sup>). Tuotantoaika on laskettu lisäämällä tehoaikaan keskeytykset (20 % tuotantoajasta).

Eri puulajien haketusajat eivät poikkea merkittävästi toisistaan kokopuu-haketuksessa. Sen sijaan rangan haketus-aika on 30 % pienempi kuin kokopuulla keskimäärin. Kaikille puutavaralajeille yhtä suuret apu- ja keskeytysajat tasoittavat teho- ja tuotantoaikoja niin, että vastaavat tuotokset ovat rangan haketuksessa vain 20 % korkeammat kuin kokopuulla.

Haketusajan perusteella laskettujen tuotosten kohdalla on huomattava, etteivät ne sisällä kuorman purkamista. Jos haketetaan puutavaran käyttöpäikällä ja hake kipataan työpaikan läheisyyteen, tuotos on kokopuulla keskimäärin 6,6 ja rangalla 9,8 m<sup>3</sup>/h.

Taulukko 3. Haketuksen tehoaikaan sisältyvät apuajat välivarastohaketuksessa.

Table 3. By-times included in the production time of chipping in landing chipping.

Työvaihe Work phase	cmin/m <sup>3</sup>	cmin/kontti cmin/bin
Siirtokuormaaja varastolle (1 500 m) <i>Hauling to the landing (1 500 m)</i>	147	720
Haketukseen valmistautuminen <i>Preparing for chipping</i>	76	372
Työpistesierrot <i>Movements between work points</i>	5	25
Siirtymisen valmistelu haketuksen jälkeen <i>Preparing to move after chipping</i>	79	387
Siirtokuormaaja perävaunulle (1 500 m) <i>Hauling to the trailer (1 500 m)</i>	192	941
Kontin vaihto, josta <i>Exchanging the bin</i>		
— varsinainen vaihto <i>actual exchanging</i>	(49)	(240)
— siirtyminen vaihdossa <i>moving during the exchange</i>	(54)	(265)
<b>Yhteensä Total</b>	<b>602</b>	<b>2 950</b>

Taulukko 4. Haketusaika, tehoaika ja tuotantoaika sekä vastaavat tuntituotokset välivarastohaketuksessa.  
Table 4. Chipping time, production time and operating time and the corresponding per-hour outputs in landing chipping.

Puutavaralaji Timber assortment	Haketusaika — Chipping time		Tehoaika — Production time		Tuotantoaika — Operating time	
	cmin/m <sup>3</sup>	Tuotos Output m <sup>3</sup> /h	cmin/m <sup>3</sup>	Tuotos Output m <sup>3</sup> /h	cmin/m <sup>3</sup>	Tuotos Output m <sup>3</sup> /h
Mäntykokopuu Pine whole-tree	837	7,2	1439	4,2	1799	3,3
Koivukokopuu Birch whole-tree	811	7,4	1413	4,2	1766	3,4
Leppäkokopuu Grey alder whole-tree	880	6,8	1482	4,0	1853	3,2
Mänty/koivuranka Pine/birch tree length	583	10,3	1185	5,1	1481	4,1

Taulukosta 5 selviää tehoajan jakaantuminen työvaiheittain kokopuun ja rangan välivarastohaketuksessa. Haketusaika oli kokopuulla 58 % ja rangalla 49 % tehoajasta. Apuaikojen osuus tehoajasta on siis varsin suuri. Niistä suurimpia ovat siirto-kuormausajot, joiden osuus on neljännes tehoajasta.

Hakkurin tyhjänäpyörimisaika oli kokopuuhaketuksessa selvästi suurempi kuin rankahaketuksessa. Sen sijaan ero työvaiheella "varsinainen haketus" on pieni. Ilmeisesti hakkuri hakettaa kokopuuta lähes yhtä hyvin kuin rankaakin, mutta kokopuun irrottaminen kasasta ja käsittely kuormaimella on vaikeampaa.

Pienillä maatilametsälöillä kertyy usein oman puunkorjuun ja raivaustöiden ohessa muutaman kuutiometrin pienpuueriä, joiden markkinoiminen on vaikeata. Unimog haketusyksiköllä voidaan pienetkin puuerät noutaa käyttäen keräilyajoa, sillä jo 5 m<sup>3</sup>:n puuerä riittää täyttämään hakekontin.

Siirtokuormauksen ajomatka riippuvaa tuotosta laskettaessa on oletettu, että matkasta on 1 500 metriä huonoa metsätietä, varsitietä, pellonpiennartietä tai vastaavaa. Loppuosa matkasta on yksityis- tai paikallistietä, jolloin siirtoajonopeus on keskimäärin 43 km/h. Taulukossa 6 on esitetty keräilyajon tehoikatuotos perävaunulle ja hakeuspaikan välisestä etäisyydestä riippuvana. Tuotokset ovat samat myös isommilta varastoilta hakettaessa, mikäli perävaunua ei kelirikon tai sopivan kontinvaihtopaikan puutteen vuoksi voida ajaa lähemmäksi varastoa.

Siirtoajon suhteellinen vaikutus tuotokseen on suurin lyhyimmillä, alle 2 kilometrin matkoilla. Se johtuu laskentatavasta, jonka

Taulukko 5. Tehoajan jakaantuminen työvaiheittain välivarastohaketuksessa.  
Table 5. Distribution of production time by work phases in the landing chipping.

Työvaihe Work phase	Osuus tehoajasta, % Share in time expenditure, %	
	Kokopuu Whole-tree	Ranka Tree length
Siirtokuormausajo varastolle (1 500 m) Hauling to the landing (1 500 m)	10,2	12,4
Haketukseen valmistautuminen Preparing for chipping	5,3	6,4
Haketus, josta Chipping, of which	58,3	49,2
— varsinainen haketus actual chipping	(22,5)	(24,2)
— hakkurin tyhjänäpyörimisaika idling of chipper	(35,8)	(25,0)
Työpistesiirot Movements between work points	0,3	0,4
Siirtymisen valmistelu haketuksen jälkeen Preparing to move after chipping	5,5	6,7
Siirtokuormausajo perävaunulle (1 500 m) Hauling to the trailer (1 500 m)	13,3	16,2
Kontin vaihto Exchanging the container	7,1	8,7
Tehoaika yhteensä Total production time	100,0	100,0

Taulukko 6. Keräilyhaketuksen tehoikatuotos puutavaralajeittain siirtokuormauksen ajomatka riippuen.

Table 6. Output per production hour in chipping depending on the hauling distance.

Siirtokuormausajomatka, km Hauling distance to the trailer, km	Kokopuu Whole-tree Tuotos, m <sup>3</sup> /h	Ranka Tree length Output, m <sup>3</sup> /h
0	5,4	7,1
2	4,1	5,0
4	4,0	4,8
6	3,8	4,6
8	3,7	4,4
10	3,6	4,2



Taulukko 7. Hakkurin kuljettajan ajankäytön rakenne työvaiheittain haketusvaiheessa.

Table 7. Composition of the time consumption of the chipper operator by work phases in the chipping phase.

Työvaihe Work phase	Osuus kuljettajan ajankäytöstä, % Share in time of the operator, %	
	Kokopuu Whole-tree	Ranka Tree length
Kouran siirto tyhjänä Moving the grapple when empty	15,5	17,4
Puiden irrotus kasasta Loosening the trees from the pile	11,2	—
Kouraisu Grappling	12,0	21,4
Kouran siirto kuormattuna Moving the grapple when loaded	19,6	22,3
Puiden asettelu syöttölaitteeseen Placing the timber in the infeed device	15,8	23,9
Syötön auttaminen Assisting the feeding	24,0	11,8
Odotus syötössä Waiting during feeding	1,9	3,2
Yhteensä Total	100,0	100,0

mukaan siirtoajon alkuosa on hitaammin ajettavaa tietä kuin loppuosa. Tällainen tilanne vallitsi ainakin useimmilla tutkimustyömailla.

Jos oletetaan, että perävaunu jätetään 4 km:n etäisyydelle haketuskohteista, kokopuulla haketuksen ja siirtoajon tuotos on keskimäärin 4,0 m<sup>3</sup> ja rangalla 4,8 m<sup>3</sup>/h. Kun siirtoajoa ei tarvita, tehoaikatuotokset ovat 5,4 m<sup>3</sup>/h ja 7,1 m<sup>3</sup>/h.

Kokopuun ja rangan haketusaikojen rakenne poikkeaa selvästi toisistaan. Myös eri kokopuulajeilla haketusajan rakenne vaihteli jonkin verran. Kouran siirto tyhjänä vei suurin piirtein yhtä paljon kaikkien puutavaralajien haketusajasta. Mänty- ja leppäkokopuu juuttuvat ilmeisen lujasti varastokasaan, jolloin sen purkaminen pienitehoisella kuormaimella on vaivalloista. Kuormaimen teho vaikuttikin kokopuuta talviolosuhteissa hakettaessa riittämättömältä. Rankaa ei hakettu talvella, mutta ainakaan kesällä puita ei tarvinnut lainkaan irrotella.

Kouraisu vei rangan haketuksessa 21 % kuljettajan ajasta haketusvaiheen aikana. Osuus oli lähes kaksi kertaa suurempi kuin kokopuulla johtuen osittain siitä, että ranka on keskimäärin lyhyempää kuin kokopuu

keskimäärin. Kuormaimen koura oli myös suunniteltu kokopuuhaketusta varten, joten sopivien rankataakkojen saaminen oli vaikeata.

Työvaihe ”puiden asettelu syöttölaitteeseen” oli rangalla suurin. Ranka oli lyhyttä ja syöttölaitteeseen syötettävä kappalemäärä kuutiometriä kohti oli myös suurempi rangalla kuin kokopuulla.

Syötön auttamista oli eniten koivukokopuuta (37 %) ja leppäkokopuuta (25 %) käsiteltäessä. Näihin kuului myös eniten suuria puita, joita hakettaessa oli katkaistava aika ajoin syöttölaitteen veto koneen kierrosten lasiessa liian alhaisiksi. Rangalla syötön auttamisen osuus oli alle puolet kokopuuhun verrattuna. Työvaiheen ”odotus syötössä” osuus oli suurempi rangan haketuksessa.

### 713. Palstahaketus

Palstahaketus edellyttää hyvää ja tasaista maastoa. Peruskoneen maastokelpoisuutta heikentää hakkurin aiheuttama maavaran aleneminen. Hakkurin hydraulinen tukijalka törmää helposti esteisiin ja vääntyy jo suhteellisen pienestä voimasta.

Normaali ajouraleveys riittää Unimogille, mikäli maasto on tasaista ja sivukaltevuudet ovat pieniä. Kaltevassa maastossa kone kallistelee voimakkaasti etenkin täydellä kontilla ajettaessa. Tällöin kontin yläreuna saattaa vaurioittaa jäävää puustoa.

Siirtoajojen osuus palstahaketuksen tehoajasta oli lähes 30 %. Tästä 18 % oli kuorman kanssa ja 12 % tyhjänä ajoa. Kuorma vaikutti enemmän maastoajoon kuin tiellä-ajoon. Tielläajoaika kasvoi kuorman johdosta kolmanneksen mutta maastossa peräti 2,4-kertaiseksi.

Haketusaika (645 cmin/m<sup>3</sup>) oli pienempi kuin kokopuulla välivarastohaketuksessa. Aika jäi pienemmäksi, vaikka siihen lisätään siirtymisaika haketuksessa (152 cmin/m<sup>3</sup>). Puiden syöttäminen pienistä palstakasoista oli paljon joutuisampaa kuin tiiviiseen ladotuista varastokasoista. Ilman siirtoajoa tehoaikatuotos oli 5,7 m<sup>3</sup>/h. Vastaava tehoaikatuotos mäntykokopuun välivarastohaketuksessa oli hieman pienempi, 5,5 m<sup>3</sup>/h.

Taulukossa 8 esitetään palstahaketuksen tehoaikatuotosta siirtoajomatkaista riippuen. Jos maastoajomatka on 50 m ja tielläajo-

Taulukko 8. Tehoaikatuotos mäntykokopuun palstahaketuksessa siirtoajomatka riippuen.  
 Table 8. Output per production time in terrain chipping of pine whole trees depending on the hauling distance.

Maastoajomatka, m Driving distance in the terrain, m	Tielläajomatka, km Driving distance on the road, km						
	0	1	2	4	6	8	10
	Tuotos, m <sup>3</sup> /h		Performance, m <sup>3</sup> /h				
0	5,7	4,7	4,3	4,1	3,9	3,8	3,7
200	4,8	4,0	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3
400	4,1	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9
600	3,6	3,2	3,0	2,9	2,8	2,7	2,7

matka 0, tehotuntituotos on 5,5 m<sup>3</sup>. 500 metrin maastoajomatka vaikuttaa tuotokseen yhtä paljon kuin 10 km:n tielläajomatka.

#### 714. Puun koon vaikutus hakkurin tuotokseen

Koetta varten lajiteltiin karsittua rankaa neljään läpimittaluokkaan: 2...6 cm, 7...9 cm, 10...13 cm ja yli 13 cm. Läpimitta mitattiin 1,3 metrin etäisyydeltä tyvileikkauksesta. Kutakin läpimittaluokkaa lajiteltiin yhden kontin hakettamiseen tarvittava määrä runkoja. Kaikki läpimittaluokat ovat katkaistu keskimäärin kolmimetreiseksi tavaraksi. Hakkurin terät teroitettiin samaan terävyyteen jokaista erää varten.

Haketusaikojen ja tuntituotosten laskennassa on otettu huomioon pelkästään haketusaika, jotta eri rinnankorkeusläpimittaluokkien tulokset olisivat vertailukelpoisia.

Apuajkoja, siirtymisiä ja valmistautumisia ei siis laskentavaiheessa ole otettu mukaan.

Tehotuntituotos kasvoi puun koon myötä. Pienimmällä läpimittaluokalla haketusaika oli 2,5-kertainen keskimmäisiin luokkiin nähden ja yli kolminkertainen luokkaan yli 13 cm nähden.

Haketettavan taakan keskikoko kasvoi myös läpimitan kasvaessa. Suurimmalla läpimittaluokalla haketustaakan koko oli kolminkertainen pienimpään luokkaan verrattuna. Haketusaika ja vastaavasti tehotuntituotos näyttivät riippuvan suoraan taakan koosta.

Kouraisu vei pienimmillä puilla 35 % mutta järeämmillä vain 13 % kuljettajan ajankäytöstä haketusvaiheessa. Pieniä puuta kourastiin kerralla useita ja sopivan taakan saaminen oli hankalaa. Isot puut haketettiin yksitellen, joten taakan noutaminen oli helppoa. Syötön auttamisen osuus sen sijaan kasvoi läpimitan mukaan.

## 72. Haketus-kuljetusyksikön kokonaistuotos

### 721. Kuljetus perävaunuyhdistelmällä

Haketus-kuljetusyksikön toimintaperiaate tähtää korjuun ja kuljetuksen saumattomaan niveltämiseen. Kuljetuksen tarkastelu haketuksesta erillisenä ei ole tarkoituksenmukaista, joten haketus on otettu mu-

Taulukko 9. Puun koon vaikutus haketustyön tuotokseen.  
 Table 9. Effect of tree size on the output of chipping.

Muuttuja Variable	Rinnankorkeusläpimitta, cm DBH, cm			
	2...6	7...9	10...13	13 +
Haketusaika, cmin/m <sup>3</sup> Chipping time, cmin/m <sup>3</sup>	1 134	453	450	358
Hakkurin tyhjänäpyörimisaika, Idling time of the chipper, % haketusajasta % of chipping time	59	60	52	44
Haketustyön tehoaikatuotos: Output per production time in chipping:				
— kiintotilavuutena, m <sup>3</sup> /h as solid volume, m <sup>3</sup> /h	5,3	13,3	13,3	16,8
— irtotilavuutena, i-m <sup>3</sup> /h as loose volume, m <sup>3</sup> /h	13,8	34,5	34,7	43,7
Rangan keskikoko, dm <sup>3</sup> Mean size of tree length, dm <sup>3</sup>	4	14	31	71
Taakan keskikoko: Mean size of bunch:				
— dm <sup>3</sup>	23	36	40	73
— rankaa/taakka tree lengths/bunch	6,3	2,7	1,3	1,0

kaan yhtenä työvaiheena kuljetustuotosta laskettaessa.

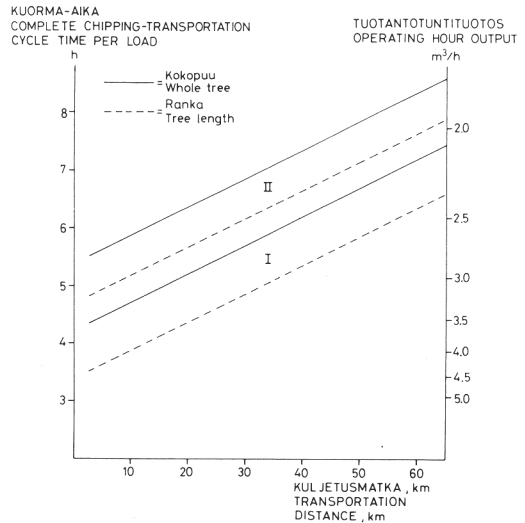
Haketuksen ja kuljetuksen kokonaistuotosta laskettaessa lähtökohtana on käytetty välivarastohaketuksen tehoaikatuotosta, jonka pohjalta on päästy haketuksen tuotantoaikaan olettamalla keskeytysten osuudeksi 20 % työmaa-ajasta.

Kuorma-ajan laskennassa käytetyt ajonopeudet on laskettu seitsemän eri työmaan perusteella. Tiestö oli hyvin vaihtelevaa käsittäen yksityisteitä, paikallisteitä, kantateitä ja jonkin verran valtateitä. Valtaosan tieosuuksista muodostivat mutkaiset ja mäkiiset paikallistiet. Keskinopeus vastannee niitä olosuhteita, joissa käytännössä joudutaan toimimaan.

Seuraavassa luetellaan ne perusteet, joiden mukaan kuorma-aika ja kuljetustuotos on laskettu.

1. Ajonopeus
  - täysperävaunuyhdistelmä maantiellä 50,8 km/h
  - pelkkä vetovaunu maantiellä 59,4 km/h
  - siirtoajonopeus matkalla 0...1 500 m 11,2 km/h
  - siirtoajonopeus 1 500 m:n matkan jälkeen 43,0 km/h
2. Kuorman haketus aika
  - välivarastohaketus, kokopuu (5,4 m<sup>3</sup>/h) 2,86 h
  - välivarastohaketus, ranka (7,1 m<sup>3</sup>/h) 2,17 h
3. Kuormakohtaiset apuajat, metsäpäässä 0,11 h
  - perävaunun jättäminen (213 cmin)
  - perävaunun kytkeminen ja ajoon valmistautuminen (470 cmin)
4. Kuormakohtaiset apuajat, käyttöpäässä 0,12 h
  - perävaunun jättäminen ja valmistautuminen kuorman purkamiseen (373 cmin)
  - perävaunun kytkeminen ja ajoon valmistautuminen (366 cmin)
5. Kuorman purkamisaika yhteensä, josta 0,31 h
  - kontin vaihdot kippauksessa (1 213 cmin)
  - kippaus ja kippaukseen valmistautuminen (633 cmin)
6. Kuorman koko, 40 i-m<sup>3</sup> haketta
  - Puuta kuormassa, kun hakkeen tiiviyys on 0,386 15,44 m<sup>3</sup>
7. Keskeytysten osuus kuorma-ajasta 20 %

Kuvassa 4 esitetään kuorma-ajat ja tuotokset ajomatka riippuen kahdelle vaihto-



Kuva 4. Kuorma-aika ja kuljetuksen tuntituotos kuljetusmatkasta riippuen, kun siirtokuormaajomatkalla on 0 (I) tai 4 km (II).

Fig. 4. Output per hour in chipping-transportation cycle as a function of transportation distance when hauling distance is 0 (I) and 4 km (II).

ehdolle. Alimmat käyrät (I) kuvaavat kuljetusta ilman siirtoajoa ja ylemmät käyrät (II) 4 km:n siirtoajolla. Arvot ovat välivarastohaketuksen lisäksi sovellettavissa myös palstahaketukseen, mikäli maastokuljetusmatka jää alle 100 metrin.

Kun siirtoajoa ei tarvita, kokopuuhaketuksen kuljetustuotos 20 kilometrin kuljetusmatkalla on 3,0 m<sup>3</sup>/h. Rangan välivarastohaketuksessa se on vastaavalla matkalla 3,5 m<sup>3</sup>/h. Tuntituotos 4 km:n siirtoajolla on 2,4 m<sup>3</sup> kokopuulla ja 2,7 m<sup>3</sup> rangalla.

Mikäli koneyhdistelmä työskentelee 8 h vuorokaudessa, päivätuotos on 19...24 m<sup>3</sup> kokopuuta riippuen siirtoajomatka. Vuositasolla tuotos liikkuu tällöin välillä 4 500... 5 800 m<sup>3</sup>/v. Ympäri vuotisessa kaksivuorotyössä tuotos olisi 9 000...11 000 m<sup>3</sup>/v kokopuuta ja 10 000...13 000 m<sup>3</sup>/v rankaa.

## 722. Kuljetus vetovaunulla

Pelkällä vetovaunulla ajo on kannattavaa lyhyillä matkoilla, koska kontin vaihdot ja perävaunun kytkemiset jäävät pois. Ajonopeus on pelkällä vetoautolla ajettaessa 17 % korkeampi kuin perävaunuyhdistelmällä.

Maantieajossa kuormain täytyy nostaa kuljetusasentoon hakekontin etuosaan, jolloin vetovaunuun mahtuva hakemäärä on vain 12 i-m<sup>3</sup> eli 4,6 m<sup>3</sup>. Perävaunuyhdistelmän kuljetuskapasiteetti on vastaavasti 15,4 m<sup>3</sup> eli 40 i-m<sup>3</sup>. Hakkeen käyttöpäässä valmistautumisajat kuormaa kohti ovat 0,1 h pelkällä vetovaunulla ajettaessa.

Kuvan 5 perusteella alle 10 kilometrin kuljetusmatkalla on tuottavampaa ajaa pelkällä vetovaunulla. Pitemmällä matkoilla tulee perävaunun käyttö edullisemmaksi.

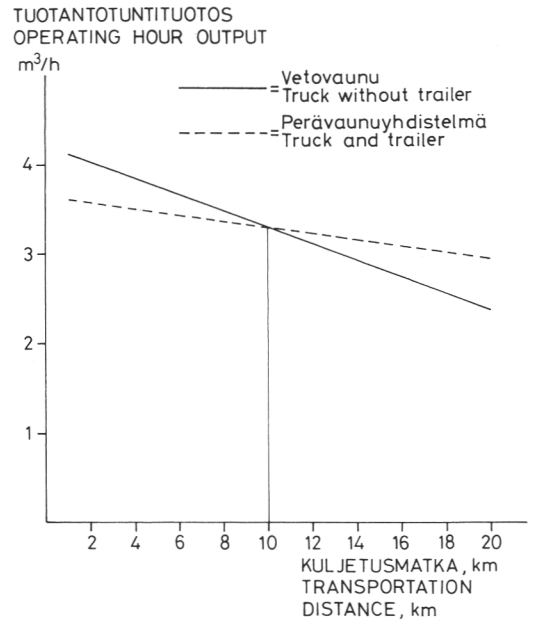
### 73. Hakkeen ominaisuudet

#### 731. Hakkeen tiiviys

Taulukossa 10 esitetään eräitä hakkeen ominaisuuksia työmaittain. Puuaineen kuiva-tuoretiheytenä on käytetty Kannisen ym. (1979) käyttämiä arvoja.

Hakkeen tuorepainosta laskettu kosteus vaihteli 35...57 %:n välillä. Kuivinta hake oli leppäkokopuulla, jota oli varastoitu yli vuoden, ja talven yli varastoidulla koivukokopuulla. Hattulassa kaadon ja haketuksen väli oli kaksi kuukautta, mutta kosteusprosentti oli silti peräti 57.

Koivukokopuuahakkeen kuutiometrin kuivapaino oli luonnollisesti korkein. Sen sijaan hakkeen tiiviys oli suurin leppä-



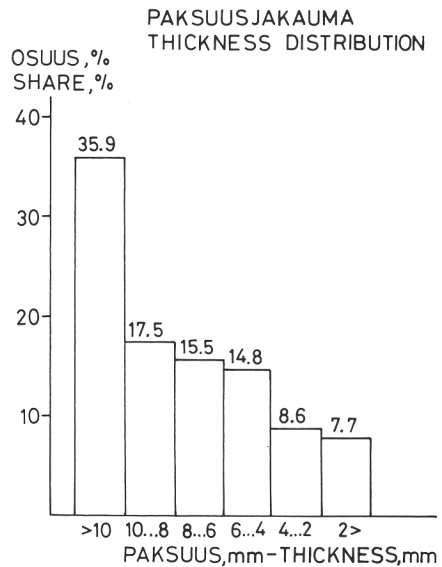
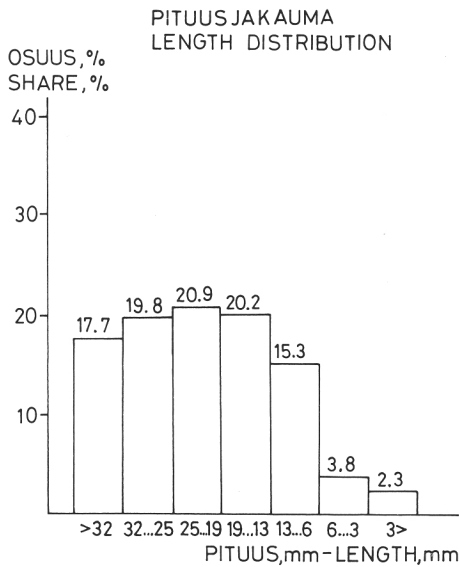
Kuva 5. Vetovaunulla ja perävaunuyhdistelmällä ajon tuotosten vertailua yhdistetyssä kokopuun haketuksessa ja kuljetuksessa.

Fig. 5. Comparison on the outputs between a truck without a trailer and a truck with a trailer in combined whole-tree chipping and transportation work.

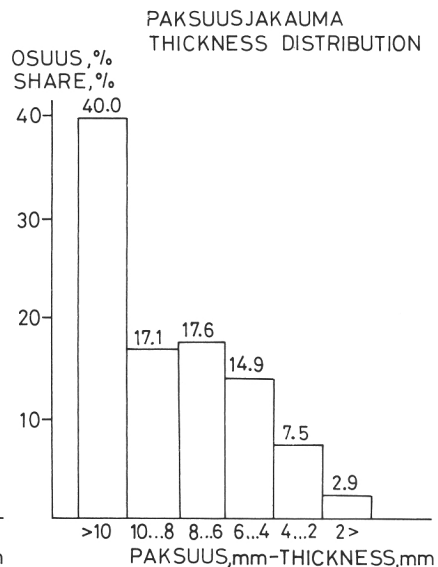
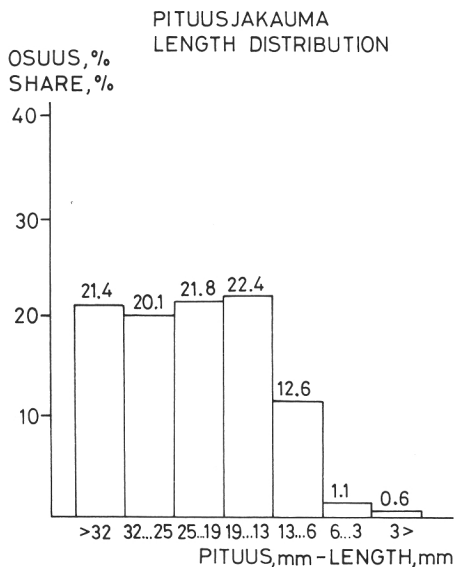
kokopuuahakkeella (0,429 ennen kuljetusta), ja leppähakkeen kuivapainokin oli korkeampi kuin männyllä. Keskimääräinen hakkeen tiiviys kaikilla puulajeilla oli 0,386 ennen kuljetusta ja 20 kilometrin kuljetusmatkan jälkeen 0,402.

Taulukko 10. Hakkeen ominaisuudet.  
Table 10. Properties of the chips.

Työmaa Work site	Puulaji Tree species	Kosteus Moisture content %	Irtotilavuusyksikön massa, kg/i-m <sup>3</sup> Weight of loose m <sup>3</sup> , kg		Puuaineen kuiva- tuoretiheys Basic density of wood kg/m <sup>3</sup>	Tiiviys ennen kuljetusta Solid volume content before transport
			Tuoremassa Green weight	Kuivamassa Dry weight		
Kokopuuahake — Chips made of undelimbbed whole-trees						
Imatra	Mänty — Pine	49,2	271,9	138,1	385	0,359
Juva	Mänty — Pine	50,6	295,1	145,8	385	0,379
Sulkava	Mänty — Pine	54,6	..	..	385	0,369
Ruokolahti	Koivu — Birch	36,5	291,7	185,2	470	0,394
Puhos	Leppä — Alder	35,6	246,3	158,6	370	0,429
Hattula	Mänty/koivu Pine/birch	56,8	334,3	144,4	411	0,352
Rankahake — Chips made of delimbbed stems						
Hattula	Mänty/koivu Pine/birch	55,0	334,2	150,4	411	0,366
	Keskimäärin Average	48,3	295,6	153,8	402,4	0,378



Kuva 6. Pete 900 hakkurilla valmistetun kokopuuhakkeen palakokojakauma.  
Fig. 6. Size distributions of whole-tree chips made by Pete 900 chipper.



Kuva 7. Rangasta valmistetun hakkeen palakokojakauma.  
Fig. 7. Size distribution of chips made of tree lengths.

### 732. Hakkeen palakoko

Kokopuusta tehty hake oli tasalaatuisempaa kuin rangasta tehty. Sekä pituus- että paksuusjakauman ylisuurta jaetta oli rankahakkeessa enemmän. Vastaavasti pienimpien, purumaisten jakeitten osuudet olivat kokopuuhakkeessa suuremmat.

Paksuudeltaan yli 10 mm:n jaetta oli

kokopuuhakkeessa 36 ja rankahakkeessa jopa 40 %. Rangasta valmistetun hakkeen karkeampi rakenne johtuu oletettavasti siitä, että haketustaakat ovat suurempia kuin kokopuulla. Tällöin kartion kierrokset pyrkivät laskemaan. Pienemmällä kierroksella hake lohkeaa pikemminkin murskeena kuin lastuina.

Hakkurin terien kunnan vaikutuksen selvittämiseksi otettiin hakenäyte heti terien vaihdon jälkeen ja toinen 20 m<sup>3</sup>:n hakettamisen jälkeen. Taulukossa 11 vertaillaan terävillä ja tylsillä terillä tehdyn hakkeen palakokojakaamaa keskenään.

Tylsillä terillä syntyi enemmän ylipitkää tikkua. Pienimmän purumaisen jakeen osuus taas oli sekä pituus- että paksuusseulonassa yli kaksinkertainen terävillä terillä tehdyssä hakkeessa. Pituusjakaumassa kahden pienimmän luokan yhteenlaskettu osuus oli terävillä terillä 7,7 ja tylsillä terillä 4,4 %.

Vaikka terävillä terillä tehty hake oli keskimäärin lyhyempää, tylsillä terillä tehty hake oli toisaalta ohuempaa. Karkean yli 10 mm:n paksuisen jakeen osuus oli terävillä terillä tehdyssä hakkeessa 52 %.

Taulukko 11. Hakkurin terien kunnan vaikutus hakkeen palakokojakaamaan.

Table 11. Effect of the condition of the chipper knives on the particle size distribution of the chips.

Pituusjake, Length fraction, mm	Terävät terät Sharp knives	Tylsät terät Blunt knives	Paksuusjake, Thickness fraction, mm	Terävät terät Sharp knives	Tylsät terät Blunt knives
	Osuus, % Share, %			Osuus, % Share, %	
>32	16,3	19,8	>10	51,5	43,3
32...25	22,6	17,2	10...8	14,6	17,7
25...19	20,1	20,2	8...6	9,8	14,6
19...13	17,9	21,6	6...4	8,9	13,0
13... 6	15,4	16,8	4...2	5,7	6,8
6... 3	4,1	2,7	<2	9,5	4,6
<3	3,6	1,7			
Yhteensä Total	100,0	100,0	Yhteensä Total	100,0	100,0

## 74. Haketustyön ja kuljetuksen kustannukset

### 741. Laskentaperusteet

Kustannuslaskelman lähtökohtana ovat kuljetuksen tuntituotosluvut, kun kone toimii 80 %:n käyttöasteella. Koneyhdistelmän korkea hinta (700 000 mk) edellyttää ympärivuotista urakointia ja mieluummin kaksivuorotyötä. Heikan (1980) mukaan keski suurten laitosten keskimääräinen polttopuun tarve on alle 12 000 m<sup>3</sup>/v (30 000 i-m<sup>3</sup>/v), jos muita polttoaineita ei käytetä. Kustannuslaskelmat on tehty 20 000 i-m<sup>3</sup>:n vuosituotokseen perustuen. Vertailun vuoksi laskettiin myös 15 000 ja 25 000 i-m<sup>3</sup>:n vuosituotoksia vastaavat kustannukset.

Kustannukset laskettiin kolmelle maantiekuljetusmatkalle: 5, 20 ja 50 km sekä ilman siirtokuormausajoa että 4 km:n siirtokuormausajolle.

Työkustannukset laskettiin koneen käyttöajalle urakkataksan ja keskeytysten osalle tuntityötaksan mukaan. Vuorotyölisä on laskettu 8 tunnin vuorokautisen työskentelyajan ylittävälle palkkatunneille.

Muut muuttuvat kustannukset laskettiin polttoaineenkulutusta lukuun ottamatta koneiden valmistajien ilmoituksen perusteella. Polttoaineen kulutusta tarkkailtiin mittauksin. Korjaus- ja huoltokustannuksissa otettiin huomioon yksi täydellinen moottoriremontti ja vaihdelaatikon vaihto pitoaika-

na. Pitoaika laskettiin jakamalla kullekin kuljetusmatkalle arvioitu käyttötunti-ikä vuotuisella käyttötuntimäärällä.

Kustannuslaskelman muuttuvat kustannukset vastaavat vuoden 1982 hintatasoa. Pääomakustannusten laskennassa on käytetty tammikuun 1982 hintoja.

### 742. Koneen käyttötuntikustannus ja keskimääräinen yksikkökustannus

Koneyhdistelmän käyttötuntikustannus vaihtelee välillä 177...208 mk käyttöasteesta riippuen. Erot taulukon 12 tuntikustannuksissa ei riipu hakettavasta tavarasta tai kuljetusmatkasta vaan suoraan käyttötuntimäärästä. Yksikkökustannuksiin kyseiset tekijät luonnollisesti vaikuttavat.

Kokopuuhakkeen keskimääräinen yksikkökustannus kiintotilavuusyksikköä kohti on esimerkiksi 20 km:n kuljetusmatkalla 50,88 mk/m<sup>3</sup>. Jos joudutaan ajamaan 4 km siirtokuormausajoa, yksikkökustannus kasvaa 18 %. Rangalla yksikkökustannukset vastaavilla kuljetusetäisyyksillä ovat 11 % alhaisemmat.

Haketus-kuljetuskustannukset ovat sovellettavissa sekä välivarasto- että lyhyeltä ajomatkalta tapahtuvaan palstahakettamiseen. Palstahakettukseen niitä voidaan käyttää mikäli ajomatka helppokulkuisessa maastossa on enintään 100 m.

Haketoimitusten kausiluonteisuuden vuoksi 20 000 i-m<sup>3</sup>:n vuosituotos voi jäädä saavuttamatta. Hyvässä olosuhteissa taas voidaan päästä jopa 25 000 i-m<sup>3</sup>:n vuosituotokseen. Seuraavassa asetelmassa esitetään kokopuuhaakkeen yksikkökustannukset 15 000:n, 20 000:n ja 25 000:n i-m<sup>3</sup>:n vuosituotoksilla. Kuljetusmatka käyttöpaikalle on 20 km ja siirtoajoa ei ole.

Vuosituotos, i-m <sup>3</sup> /v	15 000	20 000	25 000
Yksikkökustannus irtotilavuusyksikköä kohti, mk/i-m <sup>3</sup>	21,04	19,64	18,53
Yksikkökustannus kiintotilavuusyksikköä kohti, mk/m <sup>3</sup>	54,51	50,88	48,00

Jos 20 000 i-m<sup>3</sup>:n vuosituotos putoaa neljänneksen, yksikkökustannus kasvaa yli 7 %. Vastaavasti jos arvioitu vuosituotos ylitetään 5 000 i-m<sup>3</sup>:llä, alenee yksikkökustannus 6 %.

Kun koneyhdistelmän tuotos on 20 000 i-m<sup>3</sup>/v kokopuuhaaketta ja kuljetusmatka on 20 km, muodostuu vuosikustannus taulukon 13 mukaiseksi.

Kiinteät kustannukset ovat koneyhdistelmän korkean hinnan (700 000 mk) vuoksi lähes puolet kokonaiskustannuksista. Korot ja poistot muodostavat yhteenlaskien 38 % eli noin 7,50 mk yksikkökustannuksesta.

Taulukko 12. Käyttötunti- ja yksikkökustannus yhdistetyssä haketuksessa ja hakkeen kuljetuksessa.  
Table 12. Cost per operating hour and average cost per unit at combined chipping and transportation work.

Puutavaralaji Timber assortment	Siirtoajomatka, km — Hauling distance, km		Kuljetusmatka, km — Transportation distance, km		
	0	4	5	20	
	Käyttötuntikustannus, mk/h Cost per operating hour, FIM/h				
Kokopuu Whole-tree	202	188	179	182	—
Ranka Tree length	208	195	186	185	177
	Yksikkökustannus, mk/m <sup>3</sup> Cost, FIM/m <sup>3</sup>				
Kokopuu Whole-tree	42,88	50,88	61,94	59,92	—
Ranka Tree length	37,54	44,12	56,42	54,38	65,41

<sup>1)</sup> Hauling = Moving from the chipping site to the trailer and back.

Taulukko 13. Vuosikustannuksen muodostuminen kustannuslajeittain, kun tuotos on 20 000 i-m<sup>3</sup>/v ja kuljetusmatka 20 km.

Table 13. Formation of annual costs by type of cost when the output is 20 000 loose m<sup>3</sup>/y and transport distance 20 km.

Kustannuslaji Type of cost	mk/v FIM/y	mk/m <sup>3</sup>	%
Työkustannukset Work costs	93 300	12,09	23,8
Muut muuttuvat kustannukset Other variable costs	107 000	13,86	27,2
Kiinteät kustannukset Permanent costs	173 800	22,51	44,2
Toimintaylijäämä Surplus of activities	18 700	2,41	4,8
Yhteensä Total	392 800	50,88	100,0

Sekä työkustannusten että muiden muuttuvien kustannusten osuus vuosikustannuksesta on noin neljännes. Muut muuttuvat kustannukset jakaantuvat siten, että polttoainekustannukset ovat 15, korjaus- ja huoltokustannukset 10 sekä rengas- ja teräkusannukset 2 % kokonaiskustannuksista.

## 75. Työn energiatase

Haketus-kuljetusyksikön toiminnan tuloksena syntyy tuote, joka on käyttöpaikalla valmiina muutettavaksi energiaksi. Toiminta on toisaalta myös energiaa kuluttavaa. Haketuksessa ja kuljetuksessa kuluu polttoainetta ja voiteluöljyä.

Polttoaineen kulutus oli tutkimuksen yhteydessä tehtyjen havaintojen mukaan haketustyössä 3,1...3,6 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Tässä yhteydessä polttoaineen kulutukseksi oletetaan 3,4 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> hakettavasta puutavaralajista riippumatta. Edelleen oletetaan, että kulutus on palstahaketuksessa ja välivarastohaketuksessa sama.

Hakkeen kuljetuksen yhteydessä mitattiin polttoaineenkulutukseksi 35 dm<sup>3</sup>/100 km. Tällöin ajomatka puolet oli kuormattuna ajoa ja puolet tyhjänä ajoa. Perävaunu oli mukana kuljetuksessa. Koska Unimog-yhdistelmän kuljetuskapasiteetti on 40 i-m<sup>3</sup> eli 15,4 m<sup>3</sup>, polttoaineenkulutukseksi tulee 2,25 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/100 km hakkeen kuljetuksessa.

Voiteluöljyn kulutus nelitahtidieselmoottorilla on 1 % polttoaineen kulutuksesta. Öljypohjaisten aineiden menekkiä lasket-

taessa se on lisättävä haketuksen ja kuljetuksen kulutuslukuihin.

Seuraavassa asetelmassa on eri puulajien polttoarvot (Hakkila 1978) megajouleina kiintokuutiometriä kohti ja dieselöljyn polttoarvo megajouleina kuutiodesimetriä kohti. Puutavaran kosteudeksi on oletettu 40 %.

Mäntykokopuuhake,	MJ/m <sup>3</sup>	6920
Koivukokopuuhake,	MJ/m <sup>3</sup>	8270
Leppäkokopuuhake,	MJ/m <sup>3</sup>	6430
Dieselöljy,	MJ/dm <sup>3</sup>	35,9

Työn energiankulutusta ja -tuotosta verrattiin 0, 20, 50 km:n kuljetusmatkoilla. 20 km:n kuljetusmatkalla polttoaineen kulutus on yhteensä 3,81 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, josta haketuksen osuus on 88 %. 50 km:n kuljetusmatkan kulutuksesta, 4,51 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, haketuksen osuus on 75 %.

Pelkän haketuksen kuluttama energiamäärä on vain 1,5 % tuotetun koivukokopuuhakkeen energia-arvosta ja 1,9 % leppäkokopuuhakkeen energia-arvosta. 50 km:n kuljetusmatkalla haketuksen ja kuljetuksen yhteenlaskettu energiankulutus on vastavasti 2,0 % ja 2,6 %.

Puunkorjuun kokonaisenergiankulutus on jonkin verran esitettyä suurempi. Kaato,

karsinta ja katkonta moottorisahalla kuluttavat 10,6 MJ/m<sup>3</sup> ja lähikuljetuksessa kuluu 49,4 MJ/m<sup>3</sup> (Mäkelä 1978). Väliavarastohaketuksen perustuvan korjuu-kuljetusketjun energiankulutus 50 km:n kuljetusmatkalla on tällöin 226 MJ/m<sup>3</sup> eli 2,7 % koivukokopuun energia-arvosta. Palstahaketusketjun energiankulutus on metsätraktorilla suoritettavan lähikuljetuksen puuttuessa pienempi, 177 MJ/m<sup>3</sup>.

Taulukko 14. Haketustyössä ja kuljetuksessa kuluva energiamäärä.

Table 14. Amount of energy consumed in chipping and transport.

Muuttuja Variable	Kuljetusmatka, km Transportation distance, km		
	0	20	50
	Energian käyttö, MJ/m <sup>3</sup> Consumption of energy, MJ/m <sup>3</sup>		
<b>Polttoaine</b> <i>Fuel</i>			
— haketus chipping	121,0	121,0	121,0
— kaukokuljetus long-distance transportation	—	15,8	43,8
Voiteluöljy <i>Lubrication oil</i>	1,3	1,4	1,6
<b>Yhteensä</b> <i>Total</i>	122,3	138,2	166,4

## 8. TULOSTEN SOVELTAMINEN KÄYTÄNTÖÖN

Aluelämpökeskusten polttoaineen tarve on hyvin kausiluonteista (ks. kuva 1). Vuodenaikojen mukaan vaihtelevia hake-toimituksia voidaan jonkin verran tasoittaa puskurivarastoinnilla ja käyttämällä tarvittaessa muita polttoaineita. Siitä huolimatta hakkeen tarve on suurin talvikuukausina lämpölaitoksen käytön huippukautena.

Aluelämpökeskukselle haketta toimittavan koneketjun kuukausituotoksen pitäisi vastata ainakin likimain laitoksen huippukäytön tarvetta. Haketusyksikön vuosikapasiteetti ylittää tällöin lämpökeskuksen vuotuisen tarpeen, mutta se on välttämätöntä häiriöttömän toiminnan varmistamiseksi.

Keskisuurten laitosten keskimääräinen polttihakkeen kuljetusmatka on noin 20 km (Heikka 1980). Samalta kuljetusmatkalta Unimog-Pete 900 hakkuriyksikkö pystyy

ympärivuotisessa kaksivuorotyössä toimittamaan enintään 29 000 i-m<sup>3</sup>/v kokopuuhaketta tai 35 000 i-m<sup>3</sup>/v rankahaketta, jos perävaunu voidaan tuoda haketuspaikan tuntumaan. Käytännön haketuksessa tulee kuitenkin tilanteita, jolloin siirto-kuormausajoa ei voida välttää. Kokopuuja rankahakkeen todelliset toimituskapasiteetit ovat tästä syystä ehkä 24 000 i-m<sup>3</sup>/v ja 27 000 i-m<sup>3</sup>/v.

Kuvan 8 perusteella Unimog-yksikkö sopisi todennäköisesti 2,5...3 MW:n laitoksen tai yhtä hyvin kahden 1...1,5 MW:n laitoksen hakkeen toimittajaksi.

Koneyhdistelmän enimmäisvuosituotosta vastaava lämpölaitoksesta saatava energiamäärä on 28 000 MWh/v. Keskimäärin kone pystyisi vuosittain toimittamaan noin 22 000 MWh/v vastaavan kokopuuhake-



määrän (hakkeen kosteus 35 %).

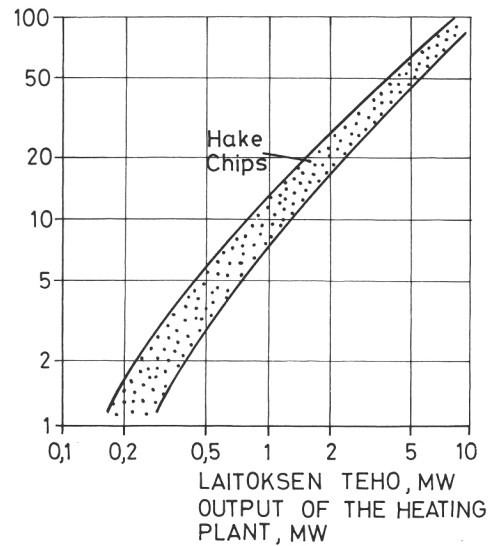
Riittävän aineiston puuttuessa tutkimuksessa ei ole verrattu hakkurin tuotoksia kesä- ja talvioloissa. Kevättalvella tehdyt haketuskokeet osoittivat varsin selvästi, että kokopuun hakettaminen paksun lumen aikana on välivarastollakin hankalaa. Suurin syy työn vaikeutumiseen on kuormaimen riittämätön teho.

Tutkimuksen perusteella voidaan esittää eräitä parannusehdotuksia, jotka tuotoksen lisäämiseksi olisi mahdollista tehdä. Esimerkiksi haketuksen tuntituotokset esitettiin

#### POLTTOHAKKEEN TARVE

#### NEED OF FUEL CHIPS

1000 i-m<sup>3</sup>/a



Kuva 8. Hakkeen likimääräinen vuosikulutus laitoksen tehon mukaan. Pienissä laitoksissa huipputehon käyttöaika on noin 2 000 ja suurissa noin 5 000 h (Immonen 1981).

Fig. 8. The average annual consumption of chips depending on the capacity of the heating plant. The approximate operating time at full capacity is 2 000 hours at small plants and 5 000 hours at large ones.

1,5 km:n siirtoajomatkaa vastaaville olosuhteille. Syy siihen, että perävaunu jouduttiin jättämään etälle haketuspaikasta, oli useimmiten kontin vaihdon vaatiman tasaisen alustan puuttuminen. Epätasaisessa paikassa kontti ei nouse perävaunun lavalle perävaunun päissä olevien luiskien lyhyiden vuoksi. Jatkamalla niitä vähän alaspäin kontin vaihto onnistuisi ilmeisesti huomommallakin alustalla. Lyhentyneen siirtoajomatkan vaikutuksesta tuotos olisi lähellä tutkimuksessa siirtokuormausajomatkalle 0 esitettyjä lukuja.

Tuotosta voitaisiin lisätä myös suurentamalla perävaunun kuormatilaa. Jos vetoaunu painaa 12,5 t, perävaunu saa lain mukaan painaa 15,5 t. Nykyisellä konttikooalla se painaa täyteen kuormattuna noin 12 t. Korottamalla perävaunuun sijoitettavien konttien laitoja 30 cm kuorman koko kasvaa 4,8 i-m<sup>3</sup> eli noin 1,6 t. Koneyhdistelmä täyttäisi edelleen viranomaisten vaatimukset edellyttäen, että yleisillä teillä ajettaessa isommat kontit ovat perävaunussa ja nykyinen 13,3 m<sup>3</sup>:n kontti vetoaunussa.

Kuormatilan lisääminen 4,8 i-m<sup>3</sup>:lla nostaisi haketuksen tuntituotosta noin 5 %. Koko kierron — haketus ja kuljetus — tuotos kasvaisi 20 km:n kuljetusmatkalla noin 9 %. Kokopuuhakkeen yksikkökustannus putoaisi vastaavasti noin 3,40 mk/m<sup>3</sup>.

Unimog-Pete 900 haketuskuljetusyksikkö toimi kokonaisuutena ottaen hyvin. Kun prototyypikoneen lastentaudeiksi luettavat puutteen saadaan korjatuiksi, koneyhdistelmä on kilpailukykyinen välivarastohakkurina ja hakkeen kuljettajana. Etenkin pienten puerien keräilemiseen kone soveltuu hyvin. Yhdistelmä on tosin suhteellisen kallis, mutta investointi kattaa sekä haketus- että kuljetusyksikön.

Järjestelmä on organisatorisesti hyvin edullinen, sillä siitä puuttuvat kuuman ketjun ongelmat. Työssä ei ole odottelua eikä yhteensovittelua, kun kaikesta vastaa ainoastaan yksi mies.

## 9. YHDISTELMÄ

Tutkimuksen kohteena oli Unimog kuorma-auton ja Pete 900 hakkurin muodostama haketus-kuljetusyksikkö, johon kuuluu lisäksi hydraulikuormain, perävaunu ja Multilift HL vaihtokonttijärjestelmä. Kontteja on kolme, joista yksi on vetoauton lavalla ja kaksi perävaunussa.

Peruskoneen nokalla oleva hakkuri puhalltaa hakkeen suoraan ohjaamon yli konttiin. Kontti siirretään perävaunuun Multilift koukkulaitteella. Kontit tyhjenetään kippaamalla.

Yhdistelmä on suunniteltu keskisuurten aluelämpökeskusten joustavaan hakkeen toimitukseen. Yhden miehen käyttämä koneketju hakettaa puutavaran ja kuljettaa valmistamansa hakkeen metsästä käyttöpaikalle. Kone tekee myös puutavaran pienien haketuksen mahdolliseksi kustannusten lisääntymättä ratkaisevasti.

Välivarastohaketuksessa tehotuntituotos oli mänty- ja koivukokopuulla 4,2 m<sup>3</sup>, leppäkokopuulla 4,0 m<sup>3</sup> ja mänty/koivurangalla 5,1 m<sup>3</sup>. Tehoaikaan sisältyi 1,5 km:n siirtokuormausajo haketuspaikalta perävaunun sijaintipaikalle. Ilman siirtoajoa haketus-työn tehoaikatuuotos oli kokopuulla keskimäärin 5,4 m<sup>3</sup>/h ja rangalla 7,1 m<sup>3</sup>/h. Mäntykokopuun palstahaketuksessa tuotos oli 4,0 m<sup>3</sup> tehotunnissa ja ilman siirtoajoa 5,7 m<sup>3</sup>.

Hakkeen teon ja kuljetuksen yhteenlaskettu tuntituotos 20 km:n kuljetusmatkalla oli kokopuun haketuksessa 3,0 m<sup>3</sup> ja rangin haketuksessa 3,5 m<sup>3</sup>, kun siirtoajoa ei ollut ja keskeytysten osuus kuorma-ajasta

oli 20 %. 4 km:n siirtokuormausajomatalla tuotokset olivat samalla kuljetusmatkalla 2,5 m<sup>3</sup>/h ja 2,7 m<sup>3</sup>/h.

Rangasta valmistetussa hakkeessa oli enemmän ylisuuria jaekokoja, kun taas pienimpiä jaekokoja oli kokopuulla enemmän. Terävillä terillä tehty hake oli keskimäärin lyhyempää kuin tylsillä terillä tehty, joka oli kuitenkin ohuempaa. Korkein kuivamassa ennen kuljetusta oli koivukokopuuhakkeella (185 kg/i-m<sup>3</sup>) ja pienin mäntykokopuuhakkeella (keskimäärin 142 kg/i-m<sup>3</sup>). Hakkeen keskimääräinen tiiviys kaikilla puulajeilla oli 0,386 ennen kuljetusta ja 20 kilometrin kuljetuksen jälkeen 0,402.

Unimog-yksikön kuluttamien poltto- ja voiteluaineiden energia-arvo oli 1,5...2 % valmistetun ja kuljetetun hakkeen energiavastaavasta. Kaikki puunkorjuun vaiheet huomioonotettuna energiankulutus kannolta käyttöpaikalle oli 2...3 % syntyneen hakkeen tehollisesta lämpöarvosta.

Koneyhdistelmän käyttötuntikustannus 20 kilometrin kuljetusmatkalla ilman siirtoajoa on 188 mk ja keskimääräinen yksikkökustannus kiintotilavuusyksikköä kohti 50,88 mk/m<sup>3</sup>, kun vuosituotos on 20 000 i-m<sup>3</sup> kokopuuhaketta. Jos vuosituotos laskee neljänneksen, yksikkökustannus kasvaa 7 %. Vastaavasti neljännestä suuremmalla vuosituotoksella yksikkökustannus on 6 % pienempi.

Vuosikapasiteettinsa perusteella koneyhdistelmä pystyy vastaamaan yhden 2...3 MW:n tai kahden 1...1,5 MW:n lämpökeskuksen polttoaineen tarpeesta.

## LÄHTEET — SOURCES

- EERONHEIMO, O. 1981. Metsähakkeen hankinta ja käyttö metsäteollisuudessa. Tilanne keväällä 1980. Summary: Delivery and use of forest chips in forest industry. Situation in spring 1980. *Folia For.* 471:1—24.
- Energiametsätoimikunnan mietintö II 1981. Komiteamietintö 1980: 50:1—77.
- HAKKILA, P. 1978. Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Summary: Harvesting small-sized wood for fuel. *Folia For.* 342:1—38.
- , LEIKOLA, M. & SALAKARI, M. 1978. Pienpuuston kasvatusta, talteenotto ja käyttö. Lyhytkiertopuun kasvatusta ja käyttöprojektin loppuraportti. Julk. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Sarja B. N:o 46:1—139.
- HEIKKA, T. 1980. Metsähakkeen hankinta ja polttoainekäyttö keskisuurissa laitoksissa. Helsingin yliopisto. Metsäteknologian laudaturtyö yleistä metsätutkimusta varten: 1—116.
- KANNINEN, K., UUSVAARA, O. & VALONEN, P. 1979. Kokopuuraaka-aineen mittausta ja ominaisuudet. Summary: Measuring and properties of whole tree raw-material. *Folia For.* 403:1—53.
- IMMONEN, K. 1981. Kotimaisten polttoaineiden alueellinen hyväksikäyttö. Kotimaisten kiinteiden polttoaineiden jakelun kehittäminen, esitutkimus. Julk. Kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosasto, Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Tutkimusraportti n:o 1:1—44.
- MÄKELÄ, J. 1978. Metsäkoneiden energiankulutus. Työtehoseuran metsätiedotus 291:1—4.

## SUMMARY

The object of the study was a chipping-transport unit consisting of a four-wheel drive Unimog truck and Pete 900 chipper. The unit also contains a hydraulic loader, trailer and Multilift HL pallet container system. It has three containers of which one is on the platform of the Unimog and two in the trailer.

The chipper which is mounted on the front of the basic machine blows the chips over the driver's cab straight into the container. The container is transferred to the trailer by the Multilift hook device and replaced by an empty container. The containers are emptied by tipping.

The machine unit is designed for flexible chip delivery to medium-sized district heating centres. The one man operated work chain chips the fuel wood and transports the chips from the forest to the utilisation site. The system also permits the collection of fuel wood from several small timber lots without any great increase in costs.

The output per production hour in landing chipping was 4,2 m<sup>3</sup>/h for pine and birch whole trees, 4,0 m<sup>3</sup>/h for alder whole trees and 5,1 m<sup>3</sup>/h for pine/birch tree lengths. This production time included hauling of chips to the trailer over a distance of 1,5 km but excluded the long distance transportation proper. Without the 1,5 km additional hauling the output per production time in chipping averaged 5,4 m<sup>3</sup>/h for whole trees and 7,1 m<sup>3</sup>/h for tree lengths. In terrain chipping of pine whole trees the output was 4,0 m<sup>3</sup> per production hour and without hauling 5,7 m<sup>3</sup>.

The per-hour output of combined chipping and transport of chips over a distance of 20 km was 3,0 m<sup>3</sup> for undelimited whole trees and 3,5 m<sup>3</sup> for delimited tree lengths when there was no additional

hauling from the chipping site to the trailer. Over an additional hauling distance of 4 km to the trailer the outputs were 2,4 and 2,7 m<sup>3</sup>/h for the same long distance transport. Interruptions accounted for 20 % of the complete chipping-transportation cycle time in both cases.

Tree lengths yielded a greater number of over-sized fractions whereas whole trees gave a greater number of fines. Chips made by sharp knives were shorter in average than those made by blunt knives; the latter were thinner, however. Birch whole-tree chips had a dry-matter content of 185 kg/m<sup>3</sup> loose measure and pine whole-tree chips average 142 kg/m<sup>3</sup> loose measure. The average solid volume content of chips of all tree species was 0,386 before transportation and 0,402 after 20 km transportation.

The energy value of fuels and lubricants consumed by the Unimog was 1,5...2 % of the energy value of the chips prepared and transported. Taking all the phases of timber harvesting into consideration, energy consumption from stump to boiler site accounted for 2...3 % of the effective fuel value of the chips.

The cost per operating hour of the machine combination over a transport distance of 20 km for whole-tree chips was 188 marks and the average unit cost 50,88 marks/m<sup>3</sup> (11,30 USD) solid measure when the annual output was 7,700 m<sup>3</sup> solid measure. If the annual output was reduced by one fourth of the measure, the unit cost would rise 7 %, and if the annual output was exceeded by one fourth of the measure, the unit cost would rise 6 %.

Based on its annual capacity the machine combination is able to satisfy the fuel needs of one 2...3 MW or two 1...1,5 MW district heating plants.



ODC 363.7 + 66  
ISBN 951-40-0571-6  
ISSN 0015-5543

SCHILD, J. 1982. Unimog kuorma-autoon perustuva polttohakkeen hankinta-järjestelmä. Summary: Producing fuel chips with Unimog truck. Folia For. 519:1—23.

The output and costs of a chipping-transport unit consisting of a four-wheel drive Unimog truck and Pete 900 chipper were studied.

The results include also information on the structure of the time consumption by the machine operator, properties of the chips, and a discussion of the practical applications of the machine.

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

ODC 363.7 + 66  
ISBN 951-40-0571-6  
ISSN 0015-5543

SCHILD, J. 1982. Unimog kuorma-autoon perustuva polttohakkeen hankinta-järjestelmä. Summary: Producing fuel chips with Unimog truck. Folia For. 519:1—23.

The output and costs of a chipping-transport unit consisting of a four-wheel drive Unimog truck and Pete 900 chipper were studied.

The results include also information on the structure of the time consumption by the machine operator, properties of the chips, and a discussion of the practical applications of the machine.

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

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

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

Nimi

Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Osoite

Address \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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



Folia Forestalia \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Huomautuksia

*Remarks*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# METSÄNTUTKIMUSLAITOS

## THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

### Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

### Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

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

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

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

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

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

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

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

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

Ruotsinkylän jalostuskoasema  
*Ruotsinkylä Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland  
Puh. — *Phone:* (90) 824 200

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

1981

- No 495 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1979—81.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1979—81.
- No 496 Heikka, Timo & Piirainen, Kimmo: Pienhakkureiden voimankäyttö.  
Power consumption of small chippers.
- No 497 Heikkilä, Risto: Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa.  
Damage in Scots pine plantations in northern Finland.
- No 498 Rantamaula, Jari: Hakuutäteiden haketus kevyellä kalustolla.  
Chipping logging residues with light-weight equipment.
- No 499 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakuukäyttätyminen yksityismetsälöillä.  
Cutting behaviour in Finnish private woodlots.

1982

- No 500 Puu energiaraaka-aineena. Kokoussesitelmät.  
Wood as a raw material for energy production. Symposium papers.
- No 501 Kärkkäinen, Matti: Pölykittäinen kuitupuun mittausta.  
Measurement of pulpwood by the bolt.
- No 502 Etholén, Kullervo & Huuri, Leena: Visakoivua käsittelevä kirjallisuus.  
Bibliography on curly birch, *Betula pendula* var. *carelica* (Merklin).
- No 503 Löyttyniemi, Kari: Männyntaimikkojen hirvivahingot 1950-luvun alussa.  
Moose (*Alces alces*) damage in young pine stands in Finland at the beginning of the 1950's.
- No 504 Valsta, Lauri: Istutuskuusikon kasvatustiheyksien liiketaloudellinen vertailu.  
Profitability comparison of growing densities in spruce plantations.
- No 505 Petäistö, Raija-Liisa: Juurten leikkaamisen jälkeinen sienitautiriski havupuun taimilla taimitarhalla.  
Risk of fungal infection on coniferous seedlings after root pruning in forest nurseries.
- No 506 Eeronheimo, Olli: Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa.  
Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head.
- No 507 Puro, Tiina: Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa.  
Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species.
- No 508 Jokinen, Pekka & Kellomäki, Seppo: Havaintoja metsikön kasvutiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa.  
Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage.
- No 509 Oker-Blom, Pauline & Kellomäki, Seppo: Metsikön tiheyden vaikutus puun latvuksen sisäiseen valoilmastoon ja oksien kuolemiseen. Teoreettinen tutkimus.  
Effect of stand density on the within-crown light regime and dying-off of branches. Theoretical study.
- No 510 Metsätalostollinen vuosikirja 1981.  
Yearbook of Forest Statistics 1981.
- No 511 Pelkonen, Heikki, Tuomi Pertti & Valtanen, Jukka: Männyn viljelytaimikoiden kunto 10 vuoden iällä Taivalkoskella.  
Survival of pine on reforested sites in northern Finland.
- No 512 Annila, Erkki: Lindaanin käyttö männyn paperikennotaimien suojaamiseksi tukkimiehentäin tuhoilta.  
Lindane treatment against *Hylobius* damage on Paper pot seedlings of Scots pine.
- No 513 Kalaja, Hannu & Rantamaula, Jari: Junkkari laikkahakkurit.  
Junkkari disc chippers.
- No 514 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Kuitupuupinojen painuminen.  
Shrinkage of pulpwood piles.
- No 515 Kärkkäinen, Matti & Uusvaara, Olli: Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä.  
Factors affecting the quality of young pines.
- No 516 Päivänen, Juhani: Hakuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen.  
The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area.
- No 517 Sepponen, Pentti, Laine, Lalli, Linnilä, Kimmo, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsätyypit ja niiden kasvillisuus Pohjois-Suomessa. Valtakunnan metsien III inventoinnin (1951—1953) aineistoon perustuva tutkimus.  
The forest site types of North Finland and their floristic composition. A study based on the III National Forest Inventory (1951—1953).
- No 518 Kubin, Eero & Poikolainen, Jarmo: Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatun avohakkuualan routa- ja lumisuhhteista.  
Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways.
- No 519 Schildt, Jyri: Unimog kuorma-autoon perustuva polttohakkeen hankintajärjestelmä.  
Producing fuel chips with Unimog truck.

---

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

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

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

ISBN 951-40-0571-6  
ISSN 0015-5543