



Yksitelainen LA-MA 10 -kaivuri metsäojien perkauksessa

Risto Lauhanen & Tero Takalo

Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto/
Kannuksen tutkimusasema. Kannus 1993

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 458

**Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema
PL 44
69101 Kannus
puh. 968-71161**

**The Finnish Forest Research Institute
Kannus Research Station
PL 44
SF-69101 Kannus
Finland**

Kansikuva: Laitilan Machine Laine Oy
Cover photo:

KP-Paino
Kokkola 1993

Elli: Heidi Lehto

R. Lauhanen & Tero Takalo

Yksitelainen LA-MA 10 -kaivuri metsäojien perkauksessa

Risto Lauhanen & Tero Takalo

Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto/
Kannuksen tutkimusasema. Kannus 1993

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 458

Lauhanen, Risto & Takalo, Tero. 1993. Yksitelainen LA-MA 10 -kaivuri metsäojien perkauksessa. Abstract: LA-MA 10 single track backhoe in forest ditch cleaning. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 458. 20 s. ISBN 951-40-1291-7, ISSN 0358-4283.

Tutkimuksessa selvitettiin Laitilan Machine Oy:n valmistaman, yksitelaisen ojan pohjassa kulkevan LA-MA 10 -kaivurin tuottavuutta ja käyttökustannuksia metsäojien perkauksessa sulan maan aikana. Lisäksi tutkittiin kaivurin työnjälkeä, ergonomiaa ja kaivutyön aiheuttamia puustovaurioita. Kaivurin tuottavuudet kaivuvaikeusluokissa 1, 2, ja 3 olivat 133, 112, 66 m/h. Yksittäisistä tekijöistä tuottavuuteen vaikuttivat eniten kaivupoistuma ja kivisyys. Ojalinjoja ei ollut hattu lainkaan, jolloin keskimääräinen hehtaarikohtainen puustovaurio-osuus runkoluvusta oli 0,86 %. Vaihtoehtolaskelmien perusteella kaivurin käyttökustannukset olivat 205-278 mk/h.

Avainsanat: metsäojitus, ojanperkaus, kaivuri, kaivutyöntutkimus.

The aim of the study was to determine the output of LA-MA 10 single track backhoe in forest ditch cleaning in different excavation difficulty classes (1-5) during unfrozen period. (In-the-ditch moving backhoe is manufactured by Laitilan Machine Ltd.). In addition, the operation costs, the quality of ditches and the proportion of damaged trees were studied. The output per effective hour in the excavation difficulty classes 1—3 was 133, 112 and 66 m/h. The output was affected most by the amount of excavated soil and the rocks. Ditch lines were not thinned, and the average damage to stands was 0.86 %. The operation costs were 205-278 FIM/h on the basis of the different alternative calculations.

Keywords: forest drainage, ditch cleaning, backhoe, work studies.

Kirjoittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus (puh. 968-71161, fax. 968-71164).

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; Hanke 3031. Hyväksynyt: tutkimusjohtaja Jari Parviainen, 2.4.1993.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus.

ISBN 951-40-1291-7

ISSN 0358-4283

KP-PAINO, Kokkola, 1993

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. TUTKITTU KONEYKSIKKÖ	5
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	6
31. Työmaatiedot	6
32. Koneyksiköt ja kuljettaja	6
33. Aikatutkimus	7
331. Paaluvälimenetelmä	7
332. Työvaikeustekijät	7
333. Ojan laatu	7
334. Puustovauriot	8
34. Ergonomiset mittaukset	9
4. TULOKSET	9
41. Tuottavuus, tehoajan jakauma sekä niihin vaikuttavat tekijät	9
42. Ojan laatu	9
43. Puustovauriot	11
44. Maastokelpoisuus ja ergonomia	13
45. Käyttötuntilaskelma	14
5. TARKASTELU	15
6. JOHTOPÄÄTÖKSET	17
KIRJALLISUUS	17
LIITE	

1. JOHDANTO

Metsäojituksen painopiste on siirtynyt uudisojitukselta kunnostusojitukseen. Kunnostusojituksen tavoitteena ei ole niinkään puuston kasvun lisäys, vaan uudisojituksella aikaansaadun kasvun säilyttäminen. Kunnostusojituksilla ja niitä edeltävillä harvennushakkuilla ylläpidetään suometsien elinvoimaisuutta ja terveyttä (Ahti ym. 1988, Ahti 1991, Lauhanen 1992b).

Kunnostusojituksen vuotuinen suoritetarve on Metsä 2000 -ohjelman mukaan 120 000 hehtaaria. Töiden painopiste on 1960-luvun lopulla tehtyjen ojastojen perkauksessa. Vuosisuoritteissa on kuitenkin jääty muutamaa kymmeniä tuhansiin hehtaareihin. Rajoitteena kunnostusojitusten toteutukselle on ennen kaikkea ollut tarpeisiin nähden riittämätön rahoitus. Kuitenkin myös rahoituksen saantia eli harvennushakkuista ja taimikonhoitotöitä koskevat vaatimukset ovat olleet esteinä töiden suorittamiselle (Keltikangas ym. 1986, Hakkila ym. 1989, Paavilainen 1991a,b, Aarne 1992, Lauhanen 1992b).

Suometsien suotuisa kehitys ja aikaisemman metsänparannustoiminnan tulokset ovat uhatuina, mikäli kunnostusojituksia ei päästä tekemään ajoissa (Paavilainen 1991b). Töiden lykkääntyminen on johtamassa kokeneiden koneyritysten poistumiseen alalta (Hakkila ym. 1989). Kunnostusojituksia tehdään jatkossa entistä enemmän metsänomistajien omilla varoilla, mikäli töiden julkinen rahoitustuki pienenee. Samanaikaisesti kiinnostus omaan työhön ja uusiin toimeentulomuotoihin on lisääntymässä Eurooppaan yhdyntävällä maaseudulla. Toisaalta jo metsänparannusvarojen myöntäminen edellyttää maanomistajilta omin varoin tehtävää ojaston kunnon ylläpitoa 20 vuoden ajan hankkeen iuvutuksen jälkeen.

Kunnostusojituksen työsuoritteista selviytyminen vaatii kaivukalustolta sekä tehokkuutta että taloudellisuutta. Työn toteuttajien ja laitevalmistajien on ajateltava entistä enemmän myös ympäristökysymyksiä. Viranomaiset ja yleinen mielipide korostavat ojitusalueiden alapuolisten vesistöjen suojelua. Monet maanomistajat haluavat säästää ojanvarsi- ja puustot perkauskaluston aiheuttamilta vaurioilta (Lauhanen 1992a,b). Metsänparannusrahoituksen saannin edellytyksenä on kuitenkin asiaankuuluvien harvennushakkuiden ja metsänhoitotöiden toteuttaminen ennen kunnostusojitusta, mutta toisinaan puukaupalliset olot estävät ne. Lisäksi on tilanteita, joissa hakkuutarvetta ei ole, mutta ojat tarvitsevat kunnostusta.

Kunnostusojitusten tärkeys, julkisen rahoituksen muutospainet, toteutuskustannusten alenamisvaatimukset ja ympäristönsuojelu ovat haasteita sekä metsänomistajille että metsänparannuksen ammattilaisille. Muuttuvissa toimintaoloissa on tarpeen selvittää myös kunnostusojituksen vaihtoehtoisia työmenetelmiä ja kaivukalustoa. LA-MA 10 -kaivuri on metsäojien kunnostukseen kehitetty kevyen sarjan erikoiskone, jonka nollasarjan valmistus aloitettiin vuonna 1992. Yksitelainen ojassa kulkeva kaivuri edustaa alallaan uutta tekniikkaa. Ojitusvarusteisen koneen kokonaispaino on 2,2 tonnia ja hankintahinta noin 200 000 markkaa. Koneen valmistaa ja markkinoi Laitilan Machine Oy, joka on osa Laitilan Metallin Oy:tä.

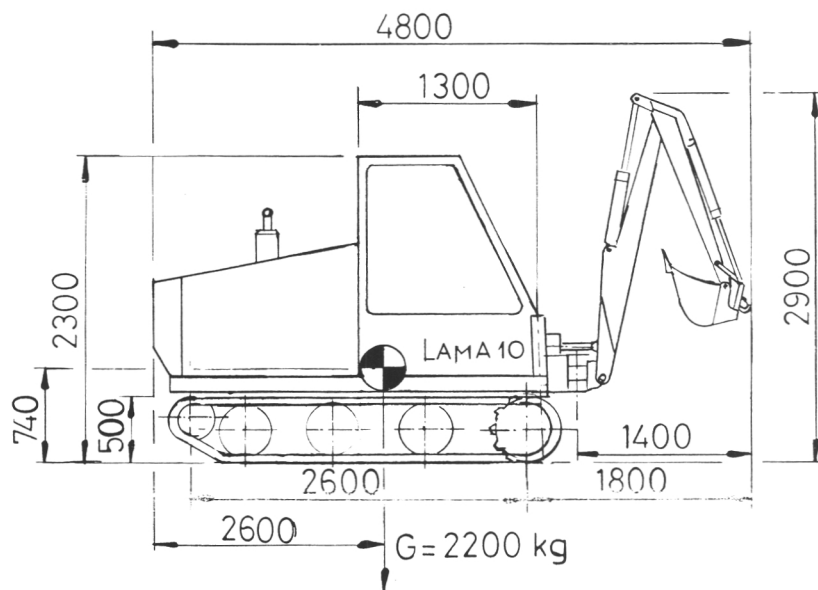
LA-MA 10 -kaivurin keksijä on ajatellut pääosin samoin kuin Matti Niskanenkin aikoinaan (Tuokko 1992): 'Metsäojitukseen ei pidä rakentaa hammattukoneita. Jos ne eivät uppoa, niin vielä pahempi, niillä kolhitaan taimet ja puut. Metsäojan kaivu on kuin taitonyrkkeilyä. Ei

ruhjota, vaan napsitaan kauha kauhan perään ja kierretään isommat kivet. Vedellä on notkeat niskat'. Edellä mainituista lähtökohdista tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää LA-MA 10 -kaivurin tuottavuutta, työnjälkeä, ergonomiaa, käyttökustannuksia sekä kaivutyön aiheuttamia puustovaurioita metsäojien perkauksessa sulan maan aikana.

Esityksen tutkimuksesta Metsäntutkimuslaitokselle tekivät Porin kaupungin keksintöasiamies Martti Honkasalo, Laitila Machine Oy sekä koneen keksijä Reijo Vieno. Tutkimus toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusasemalla. Metsätalousteknikko Sauli Takalo antoi arvokkaita neuvoja tutkimuksen suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä. Kari Sauvala ja Antero Harstela tekivät ergonomiset mittaukset. Ohjelmoija Keijo Polet valmisti kuvat. Professori Pentti Hakkila, FL Kaija Kanninen, MMT Ari Ferm, MML Jyrki Hytönen sekä MMK Paula Isoaho luovuttivat käsikirjoituksen ja tekivät siihen huomioon otettuja korjausehdotuksia. Lisäksi MMK Martti Vuollekoski ja MH Samuli Joensuu toivat esiin varteen otettuja näkökohtia tutkimuksen yhteydessä. Edellä mainituille sekä muille suomalaista tuottavaa työtä edistävässä hankkeessa mukana olleille parhaimmat kiitokset.

2. TUTKITTU KONEYKSIKKÖ

LA-MA 10 -kaivuri on metsäojien kunnostukseen kehitetty yksitelainen erikoiskone (kuva 1). Voimanlähteenä on 4-sylinterinen 1,9 litran Kubotan vesijäähdytteinen dieselmoottori (28,7 kW / 2800 r/min). Kaivulaitteeksi on vakiintunut loimaalaisen Kurpan Konepaja Oy:n valmistama MARA 750 (taulukko 1). Kaivun aikana kone asettaa tukijalkansa ojaluisia vasten. Ojan pohjassa telan varassa siirryttäessä tukijalat luistavat suksen tavoin ojaluisia pitkin. Metsässä kone siirtyy telan, tukijalkojen ja kauhan avulla. Maantiesiirrot on mahdollista tehdä esimerkiksi maastoauton perään kiinnitettävällä erikoisperävaunulla.



Kuva 1. LA-MA 10 -kaivurin tekniset mitat laitevalmistajan mukaan.

Taulukko 1. LA-MA 10 -kaivurin ja MARA 750 (suluissa MARA 550) -kaivulaiteen tekniset tiedot laitevalmistajien mukaan.

<u>Peruskone</u>		<u>Kaivulaite</u>	
Moottori	4-syl. diesel, KUBOTA	Ojakauhat	95 l
Iskutilavuus	1,861 l	Ulottuvuus kääntökeskiöstä	4200 mm (3700)
Teho	28,7 kW / 2800 r/min	Kaivusyvyys	2900 mm (2700)
Sähköjärjestelmä	12 V (95 Ah)	Puomin kääntökulma	180°
Paino ojitusvarustein	2 200 kg	Nostovoima kauhapuomin päässä suurimmalla ulottuvuu- della ilman kauhaa	2,70 kN
Telan leveys	630 mm	Kauhan murtovoima kauhan kärjessä	19,0 kN (14,7)
Telan pinta-ala	1,3 m ²	Hydrauliikan paine	175 bar
Pintapaine	17,0 kPa (170 g/cm ²)		
Suurin leveys	2400 mm		
Korkeus	2330 mm		
Polttoainesäiliö	60 l		
Hydrauliikkaöljysäiliö	90 l		
Hallintalaitteet	hydraulinen käsiohjaus		
Hydrauliikka	suoraohjaus		
Tuotto, max.	75 l/min (2800 r/min)		
Työpaine	220 bar		
Siirtonopeus tiellä	2,9 km/h		

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

31. Työmaatiedot

Tutkimusaineisto kerättiin pääosin Laitilassa Vaimaron kylässä syyskuussa 1992. Kaivupoistuman tarkistusmittauksia tehtiin Mynämäellä saman vuoden lokakuussa, ja ergonomiset mittaukset pääosin Vöyrissä marraskuussa. Aikatutkimusaineisto kerättiin sulan maan aikana sään ollessa aurinkoinen ja lämmin. Sateisen syksyn jälkeen ojissa oli paikoin runsaasti vettä. Laitilassa konetta seurattiin alueella, jolla 1930-luvulla oli tehty hätäapuojitus. Alue oli kunnostettu kaivurityönä 1970-luvun alussa. Tutkimusajankohtana alue oli soistunutta turvekangasta. Runsaat rahkasammalkasvustot ojissa ja saroilla olivat osoituksena alueen kuivatustarpeesta. Vanhojen ojien keskisyvyys oli 55 cm. Ojalinjoja ei ollut hakattu tutkimusalueella, jonka keskimääräinen runkoluku oli 1290 kpl/ha. Keskimääräinen kaivuvaikeusluokka oli 2 ja turvekerroksen paksuus 20-40 cm.

32. Koneyksiköt ja kuljettaja

Aikatutkimuksessa seurattiin kahta hytitöntä nollasarjan koneyksikköä. Koneyksiköllä A, jonka tukijalkojen koko oli 730x350 mm, oli ennen tutkimusta kunnostettu metsäojia 100 tuntia. Koneyksikkö B tuotiin työmaalle suoraan tehtaalta. Sen tukijalkojen koko oli 1130x410 mm. Tukijalkojen sylinterit olivat samansuuruiset. Koneyksikössä A oli MARA 550 -kaivulaite ja ko-

neyksikössä B MARA 750 (taulukko 1). Vastaavasti ojakaivojen pohjaleveydet olivat 40 cm ja 20 cm. Koneyksikössä B oli lisäksi taustapeili ja muita pieniä eroja koneyksikköön A nähden. Varsinaisen tutkimuksen ulkopuolella oli vielä kolmas koneyksikkö, josta mitattiin vain runko-kiinnitteisen hytin melutaso. Koneen keksijä toimi tutkimuksessa kuljettajana. Hän oli tehnyt metsäojien kunnostusta yli 400 tuntia rakentamallaan prototyypillä ja koneyksiköllä A.

33. Aikatutkimus

331. Paaluvälimenetelmä

Aikatutkimuksessa selvitettiin koneyksiköiden tuottavuudet (tehotuntituotokset) sekä tehoajan jakaumat. Tehoaikaan luettiin kaivutyön lisäksi ojassa siirtymiset. Seurantayksiköksi määritettiin 10 metrin paaluväli, jonka kaivamiseen kulunut aika (cmin) mitattiin käsiajanotolla 95 paaluväliltä (taulukko 2). Paaluväli oli lyhyempi kuin muissa kaivutyöntutkimuksissa, koska kaivupoistuman (m^3/m) määrittäminen edellytti tarkkoja ojamittauksia ennen ja jälkeen kaivun. Kaivupoistuman tarkistusmittaukset tehtiin laskemalla täydet kauhalliset osat paaluväleistä. Tehoajan jakauma määritettiin määrävälillä tapahtuvana havainnointina koneen yksittäisiä työvaiheita seuraamalla (Takalo ja Väisänen 1982, Takalo ja Myllymäki 1984, Heikka 1985, Lauhanen 1992a).

332. Työvaikeustekijät

Paaluväliltä määritettiin ajanmenekin lisäksi ojan keskisyvyys, pohjaleveys ja pintaleveys sekä ennen että jälkeen kaivun. Kaivetusta ojasta arvioitiin vanhojen hintasuositusten mukainen kaivuvaikeusluokka (Konekaivumaksut... 1991). Lisäksi määritettiin maalaji, turpeen paksuus, hakaamattoman oja-aukon työtekniikan minimileveys (ks. Isomäki ja Niemistö 1990) sekä metsikön keskimääräinen runkoluku. Erityisistä työvaikeustekijöistä kartoitettiin yli 50 cm kivien ja ainespuunvahvuisten liekopuiden lukumäärä kunkin paaluvälillä osalta.

333. Ojan laatu

Työjäljen osalta arvioitiin ojan laatu sekä mitattiin kaivumaiden etäisyys ojan reunasta. Luiskan ja pohjan laadun arviointi perustui Aitolahden ja Nummisen (1969) kehittämään luokitukseen:

Luokka 1. luiska ja pohja sileitä, ei maa-ainesta ojassa

Luokka 2. luiska ja pohja hieman epätasaisia, hieman maa-ainesta ojassa

Luokka 3. luiska ja pohja epätasaisia, runsaasti maa-ainesta ojassa.

Taulukko 2. Tutkittujen 10-metrinen paaluvälien jakauma kaivuvaikeusluokittain ja koneyksiköittäin.

	Kaivuvaikeusluokka			
	1	2	3	Yhteensä
	Paaluvälejä, kpl			
Koneyksikkö A ja MARA 550 -kaivulaite	2	38	14	54
Koneyksikkö B ja MARA 750 -kaivulaite	13	28	--	41
Yhteensä	15	66	14	95

*Kaivuvaikeusluokat; 1 = Puuton (<10 % kaivumassoista) kantava (ei upota jalankulkijaa) turve. Pehmeä, kivetön (<10 % kaivumassoista) hietta ja hiekka.
 2 = Puinen (10-30 % kaivumassoista) ja/tai lievästi upottava (upottaa jonkin verran jalankulkijaa ja vaikeuttaa konekaivua) turve. Lievästi iskostuneet kivettömät (<10 % kaivumassoista) lajittuneet mineraalimaat. Pehmeä savi. Hiesu ja irtosora sekä 1. kv-luokan mineraalimaat, joiden kaivua vaikeuttaa märkyys tai puisuus.
 3 = Runsaspuinen (>30 % kaivumassoista) tai upottava (upottaa jalankulkijaa, turvetta yli 80 cm ja konekaivu joudutaan suorittamaan ilmeisen uppoamisvaaran alaisena) turve. Sitkeä tai jäykkä savi. Iskostuneet tai kiviset (10-30 % kaivumassoista) lajittuneet mineraalimaat. Löyhät kivettömät (<10 % kaivumassoista) moreenit.
 4 = Runsaspuinen (>30 % kaivumassoista) upottava (upottaa jalankulkijaa, turvetta yli 80 cm ja konekaivu joudutaan suorittamaan ilmeisen uppoamisvaaran alaisena) turve. Runsaskiviset (>30 % kaivumassoista) lajittuneet mineraalimaat. Tiiviit tai kiviset (10-30 % kaivumassoista) moreenit. Kova tai liejumainen savi.
 5 = Kovat ja runsaskiviset (>30 % kaivumassoista) moreenit, kivikot ja louhikot.

334. Puustovauriot

Puustovauriot inventoitiin aikatutkimuksen yhteydessä jälkikäteen koneen rauhassa mentyä. Vauriot kartoitettiin sekä ojanvarsipuista että koneen siirtymisreittien varrella olevista puista Sirénin (1986) harvennushakkuita varten kehittämän luokituksen mukaan. Vauriot jaettiin sijainnin perusteella runko-, juuri- ja juurenniskavaurioihin sekä laadun perusteella pinta-, syvä- ja katkovaurioihin. Katkovauriopiuihin luettiin sekä katkenneet että elpymiskyvyttömiksi arvioidut kallistuneet puut. Pinta- ja syvävaurioiden tapauksessa mitattiin vaurion koko (cm²) ja vaurion keskikohtaan etäisyys juurenniskasta. Juurivaurion tapauksessa mitattiin paksuimman katkenneen juuren läpimitta (mm). Vauriopiusta mitattiin lisäksi rinnankorkeusläpimitta ($d_{1,3} \geq 3,0$ cm) sekä etäisyys ojan tai koneen kulku-uran keskilinjasta. Samalla määritettiin puulaji ja vaurion aiheuttaja (Lauhanen 1992a). Aineiston tilastollisessa käsittelyssä sovellettiin tunnuslukujen laskennan lisäksi varianssianalyysia ja korrelaatioanalyysia (Ranta ym. 1989). Laskenta tehtiin BMDP-ohjelmistolla (BMDP PC-90...).

34. Ergonomiset mittaukset

Kuljettajan kehoon kohdistuva heilunta määritettiin ISO 2631 -standardin mukaisesti (ISO... 1978). Maasto-olot vastasivat kaivuvaikeusluokkaa 2. Heilunta mitattiin kolmessa tasossa (20 minuuttia suuntaa kohti) Brüel & Kjær 2512 kokokehon värinänalitusmittarilla, jossa oli kolmiakselinen Brüel & Kjær 4322 -anturi. Jatkossa tulokset ilmoitettiin yhtenä altistusarvona ISO 2631 -standardin mukaisesti. Melutaso mitattiin Brüel & Kjær 2232 -desibelimittarilla.

4. TULOKSET

41. Tuottavuus, tehoajan jakauma sekä niihin vaikuttavat tekijät

Taulukossa 3 esitetään paaluvälikohtaisesta ajanmenekistä johdetut tuottavuudet (tehotuntituokset) koneyksiköittäin ja kaivuvaikeusluokittain. Kaivuvaikeusluokassa 1 tuottavuus oli keskimäärin 133 m/h. Vastaavasti tuottavuudet kaivuvaikeusluokissa 2 ja 3 olivat 112 ja 66 m/h. Keskimääräiset tuottavuudet 3 luokan ja muiden luokkien välillä erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$). Koko aineistossa pienin tuottavuus paaluvälin matkalla oli 41 m/h ja suurin 199 m/h. Ojasyvyyden ollessa 90-100 cm kaivuvaikeusluokassa 2 tuottavuus oli keskimäärin 104 m/h. Koneyksikkö A näytti toimivan kaivuvaikeusluokassa 2 joutuisammin kuin uusi tehdasversio B, johon kuljettaja ei ollut totunut.

Tehoajasta kului varsinaiseen kaivuun koneyksiköllä A 86 %, ja koneyksiköllä B 77 % (taulukko 4). Tukijalkojen liikkeet (3,3 % koneyksiköllä A ja 8,9 % koneyksiköllä B) sisällytettiin siirtoihin. Näin koneyksikön B suuremmat tukijalat koneyksikköön A nähden vaikuttaisivat jakaumaan, mutta osasyynä olisi myöskin kuljettajan tottumattomuus koneyksikön B kanssa.

Yksittäisistä tekijöistä kaivupoistuma, kivisyys, turpeen paksuus ja valmiin ojan syvyys alensivat tilastollisesti merkitsevästi tuottavuutta (taulukko 5). Kaivupoistuman, kivisyyden ja turpeen paksuuden yhteisvaikutusta arvioitaessa korrelaatiokerroin sai arvon 0,606 ($p < 0,001$). Kauhaan sopivien kivien siirto oli vaivatonta, mutta isot kivet oli kierrettävä. Runkoluku ja työtekninen minimileveys eivät alentaneet tuottavuutta merkitsevästi koko aineiston puitteissa. Kuitenkin parilla paaluvälillä melkein ojassa kasvavat ainespuun vahvuiset rungot haittasivat silmin nähden koneen liikkumista.

42. Ojan laatu

Koko aineistossa ojaluisen laatu painottui luokkaan 2 (taulukko 6). Laatuluokkaa 1 oli suhteellisesti eniten kaivuvaikeusluokassa 1. Ojan pohjan laatu huononi kaivuvaikeuden, erityisesti kivisyyden lisääntyessä. Valmiin ojan syvyys oli keskimäärin 78 cm (50-100 cm). Ojamaiden etu-

reuna oli keskimäärin 85 cm:n päässä ojan reunasta. Vastaavasti ojamaiden harjan etäisyys oli 180 cm ja takareunan etäisyys 260 cm (200-370 cm) ojan reunasta.

Taulukko 3. Paaluvälin ajanmenekistä johdettu tuottavuus (m/h) metsäojien kunnostuksessa koneyksiköittäin ja kaivuvaikeusluokittain.

Koneyksiköt A ja B				
Kaivuvaikeusluokka	Keskiarvo	Keskihajonta	Vaihteluväli	Havaintoja
1	133	28	93-186	15
2	112	27	53-199	66
3	66	13	41- 83	14
Koneyksikkö A				
Kaivuvaikeusluokka	Keskiarvo	Keskihajonta	Vaihteluväli	Havaintoja
1	155	21	140-169	2
2	116	24	82-199	38
3	66	13	41- 83	14
Koneyksikkö B				
Kaivuvaikeusluokka	Keskiarvo	Keskihajonta	Vaihteluväli	Havaintoja
1	130	29	93-186	13
2	107	30	53-182	28
3	---	--	---	0

Taulukko 4. Tehoajan jakauma (%) metsäojien kunnostuksessa.

	Koneyksikkö A	Koneyksikkö B
Kaivu	44,4	36,8
Kauhan nosto	15,6	13,3
Kauhan tyhjennys	7,8	11,1
Kauhan lasku	17,8	15,6
Varsinainen kaivu	85,6	76,8
Siirrot ojassa	14,4	23,2
Yhteensä	100,0	100,0

Taulukko 5. Kaivutyön tuottavuuden riippuvuus kaivuteknisistä tekijöistä (n = 95).

Tekijä	Korrelaatiokerroin	Merkitsevyys
Kaivupoistuma	-0,453	p < 0,001
Kivisyys	-0,362	p < 0,001
Turpeen paksuus	-0,298	p < 0,01
Ojan syvyys	-0,210	p < 0,05
Paaluvälin runkoluku	-0,103	n.s.
Työtekkinen minimileveys	-0,022	n.s.

Taulukko 6. Ojan luiskan ja pohjan laatuluokkien suhteelliset osuudet (%) koko aineistossa.

Laatuluokka	Luiska	Pohja
1	18,9	6,3
2	52,6	53,7
3	28,5	40,0

43. Puustovauriot

Ojalinjat olivat hakkaamattomia. Puustovaurioita syntyi 36 ojanvarsipuuhun, mikä vastasi keskimäärin 3,8 puuta 100 metriä kohti. Enimmillään paaluväliä kohti sattui neljä vauriopuuta. Työmaan sisäisissä siirroissa havaittiin ojanvarsien ulkopuolella vain yksi vauriopuu, mikä osoittaa koneen kapeuden mahdollistavan siirron ojalta toiselle varsin vähäisin puustovaurioin. Keskimääräinen puustovaurio-osuus runkoluvusta oli 0,86 %, kun runkoluku oli 1290 r/ha ja ojatiheys 265 m/ha.

Ojalinjan työtekkinen minimileveyden kasvaessa vaurioiden määrä väheni suuntaa antavasti (taulukko 7). Vaurioiden määrä väheni selvästi vasta kun minimileveys ylitti 3,5 metriä (kuva 2). Kahdeksan vauriopuuta oli paaluväleillä, joiden minimileveys sattui olemaan vähintään 5 metriä. Ahtaassa työtilassa kuljettaja joutui varomaan puita kolhimisriskin kasvaessa, ja samalla työn tuottavuus laski. Vaurioiden keskimääräinen etäisyys kaivetun ojan keskeltä oli 1,4 m, ja vauriopuita esiintyi aina 2,7 metriin asti. Runkoluvun kasvaessa vauriot lisääntyivät suuntaa antavasti (taulukko 7). Eri tekijät huomioiden 4 metriä leveäksi hakattu työtila on tutkitulle kaivurille riittävä (kuva 2).

Taulukko 7. Puustovaurioiden määrän ja eri tekijöiden väliset riippuvuudet (n = 95).

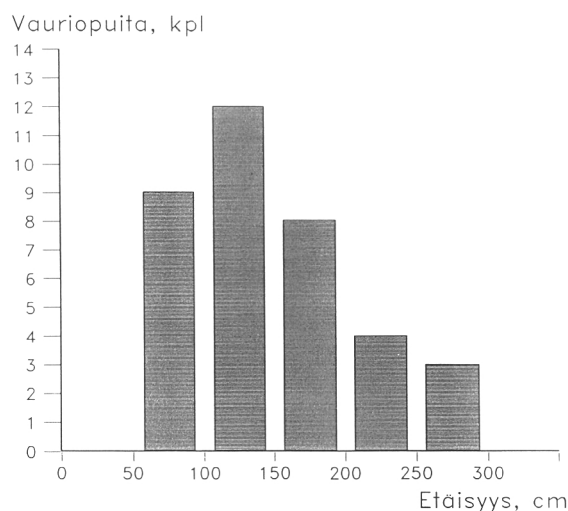
Tekijä	Korrelaatiokerroin	Merkitsevyys
Työn tuottavuus	-0,235	p<0,05
Työtekkinen minimileveys	-0,182	n.s.
Paaluvälin runkoluku	0,168	n.s.
Kaivupoistuma	0,229	p<0,05

Kaikista vauriopuista mäntyjä oli 8,3 %, kuusia 33,3 %, koivuja 50 % ja 8,4 % muita lehtipuita. Vaurioista 63,9 % oli runkovaurioita ja 33,3 % juurivaurioita. Koko aineistossa havaittiin vain yksi juurenniskavaurio. Havaitut vauriot olivat suurimmaksi osaksi kauhan tekemiä (kuva 3a,b). Toiseksi eniten vaurioita aiheuttivat koneen tukijalat.

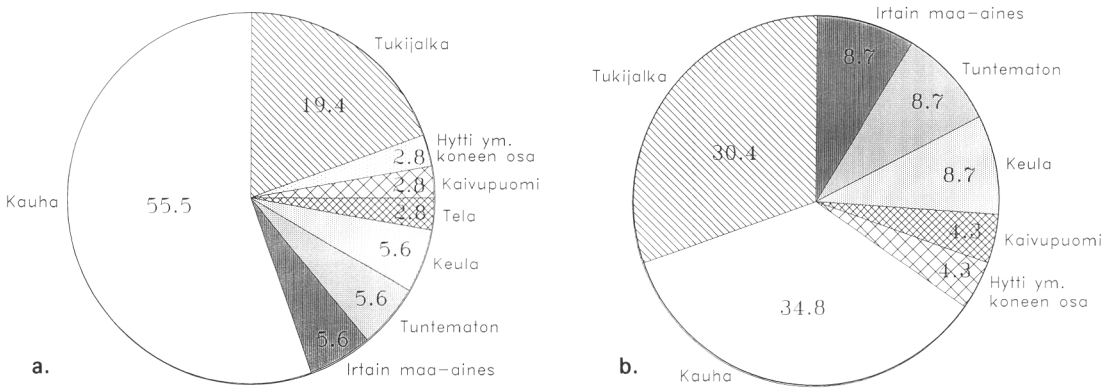
Runkovaurioita sattui eniten koivulle (74 %) ja toiseksi eniten kuuselle (13 %). Näistä katkovaurioita oli 26 %, ja syvävaurioita 74 %. Pintavaurioita ei havaittu. Runkovauriopuun rinnankorkeusläpimitta oli keskimäärin 6,1 cm. Noin 90 % vauriopuista oli läpimitaltaan alle 10 cm:n vahvuisia. Runkovauriopuun etäisyys ojan keskeltä oli keskimäärin 145 cm. Enin osa runkovaurioista oli kauhan ja koneen tukijalkojen aiheuttamia (kuva 3a,b).

Syvävauriot sattuivat keskimäärin 57 cm juurenniskan yläpuolelle ja 154 cm:n päähän ojan keskeltä. Niiden keskimääräinen pinta-ala oli 53,4 cm². Lähes puolet aiheutui kauhan sattumisesta. Tukijalat aiheuttivat 29,4 % syvävaurioista ja kaivupuomi 6 %.

Juurivaurioita sattui eniten kuuselle (67 %). Kaikki juurivauriot olivat kauhan aiheuttamia katkovaurioita, paksuimman katkenneen juuren keskiläpimitan ollessa 3,1 cm. Tyypillisen juurivauriopuun etäisyys ojan keskeltä oli 140 cm. Juurivauriopuiden keskiläpimitta oli 22 cm. Noin neljännes juurivauriopuista oli alle 10 cm:n vahvuisia.



Kuva 2. Havaittujen vauriopuiden jakauma suhteessa etäisyyteen (cm) ojan keskeltä.



Kuva 3a. Puustovaurioiden aiheuttajien osuudet koko aineistossa.

b. Runkovaurioiden aiheuttajien osuudet koko aineistossa.

44. Maastokelpoisuus ja ergonomia

Kaivuri suoritui perkauksesta ohutturpeisilla ojitusalueilla. Paksuturpeisilla kohteilla, joilla kiivennäismaa oli näkymättömissä, uppoamisvaara oli olemassa. Upoava kaivuri voidaan vinnin avulla vetää pois ojasta, jos lähellä on riittävän vahvoja runkoja vaijerin kiinnitystä varten. Pehmeissä ja vetisissä paikoissa kone joutui liikkumaan kauhaa apuna käyttäen. Tästä syystä paksuturpeiset kohteet on syytä kaivaa roudan aikana, jolloin kantavuus on parempi. Tosin umpijäässä olevan ojan perkaus on vaikeaa kaikella kaivukalustolla.

Siirtyminen ojaan tai sieltä pois onnistui kauhaa ja tukijalkoja apuna käyttäen. Kaivutyössä yhden telan varassa oleva kone heilui pituussuunnassa kaivuvaikeusluokan 3 kivisillä paaluväleillä. Vastaavasti kone heilui sivusuunnassa leveässä ojassa, missä tukijaloilla ei saanut luiskista kunnan otetta.

Koneen ulottuvuus on pienempi kuin tavanomaisten kaivureiden ja kaivukoneiden. Ojaimaiden siirtoon koneen ulottuvuus on riittävä. Varsinaisessa uudisojituksessa kaivuria ei tutkittu. Uuden ojan kaivaminen kuitenkin onnistuu, jos koneen tukijalat varustetaan asianmukaisilla liukuesteillä. Samoin laskeutusaltaiden teko onnistuu, mutta pelkästään altaiden puhdistukseen kone ei ulottuvuutensa ja rakenteensa takia sovellu.

Koko kehon heilunnassa ISO 2631 -standardin mukainen keskimääräinen altistusarvo oli kaivuvaikeusluokan 2 oloissa 115,8 dB (A). Yli 113,5 dB:n arvo kuuden tunnin altistusajalla aiheuttaa rasittumista ja työtehon alenemista. Vastaavasti yli 119,5 dB:n tasosta seuraa terveys- ja työturvallisuusriskejä.

Työkierroksilla hytittömän ohjaamon melutaso oli keskimäärin 88 dB (A), kun mittaukset tehtiin 10 cm kuljettajan korvan takana. Melutason huippuarvo oli 93 dB (A). Hytillisen (runkokiinnitteisen) ohjaamon melutaso oli 84 dB (A), ja huippuarvo 88 dB (A). Mittausten perusteella

kuljettajan on käytettävä kuulosuojaimia. Tutkimusajankohtana ohjaamon tilat eivät täysin vastanneet VAKOLAn suosituksia.

45. Käyttötuntilaskelma

Liitteessä 1 esitetään LA-MA 10 -kaivurin käyttötuntilaskelma, joka perustuu tutkimusaineiston lisäksi laitevalmistajalta ja Koneyrittäjäin Liitosta saatuihin tietoihin. Laskelma on laadittu 10 kuukauden täystyöllisyyden pohjalta vuoden 1991 jälkipuoliskon palkkakustannusten mukaan olettaen, etteivät palkat ole nousseet. Moottorin teknisten tietojen perusteella koneen käyttöiäksi arvioitiin esimerkkilaskelmassa 4 500 tuntia, mikä vastasi 3,1 vuoden pitoaikaa. Käyttötuntikustannuksiksi saatiin 221 mk/h. Jos koneyksikön tuottavuus on keskimäärin 112 m/h, kaivutyöstä pitäisi saada vähintään 1,97 mk/m.

Koneen käyttöikä, pitoaikaan ja vuotuiseen arvonalennukseen liittyvien epävarmuuskijöiden takia tehtiin erillinen herkkyysanalyysi. Laskelma laadittiin lisäksi 6 kuukauden työllisyyden pohjalta, kun täystyöllisysoletus ei ole voimassa tai kun kaivuria käytetään maataloilla lisäansioiden hankkimiseen. Tällöin muuttuvat kustannukset sekä hallintokustannukset suhteutettiin käyttötunteja vastaaviksi. Taulukon 8 mukaan käyttötuntikustannukset olivat 213-270 mk vaihtoehdosta riippuen. Kun vuotuinen arvonalenema muuttui ± 10 prosenttiyksikköä, käyttötuntikustannukset olivat vastaavasti 205-278 mk.

Taulukko 8. LA-MA 10 -kaivurin käyttökustannuksia koskeva herkkyysanalyysi. Vuotuinen arvonalennus on 30 %.

Koneen pitoaika 3,1 vuotta, käyttöikä 4500 h, käyttöä 10 kk vuodessa

Käyttökustannukset 322488 mk/a 221 mk/h

Koneen pitoaika 3,1 vuotta, käyttöikä 4500 h, käyttöä 6 kk vuodessa

Käyttökustannukset 236979 mk/a 270 mk/h

Koneen pitoaika 4,1 vuotta, käyttöikä 6000 h, käyttöä 10 kk vuodessa

Käyttökustannukset 311376 mk/a 213 mk/h

Koneen pitoaika 4,1 vuotta, käyttöikä 6000 h, käyttöä 6 kk vuodessa

Käyttökustannukset 229443 mk/a 262 mk/h

Koneen pitoaika 5,1 vuotta, käyttöikä 4500 h, käyttöä 6 kk vuodessa

Käyttökustannukset 223497 mk/a 250 mk/h

5. TARKASTELU

Aikatutkimuksessa käytettiin tutkimusyksikkönä paaluväliä. Samaa menetelmää on sovellettu alan työntutkimuksissa ennenkin (Numminen 1964, Aitolahti ja Numminen 1969, Vuollekoski 1983, Ari 1985, Salo 1987, Härmälä ja Ari 1990, Lauhanen 1992a). Kahden koneyksikön osalta 10 metrin paaluvälejä tutkittiin 95 kappaletta. Aineisto painottui helpoimpiin (1-3) kaivu- vaikeusluokkiin ja normaalikokoisiin sarkaojiin, kuten aikaisemmissakin ojanperkaustutkimuksissa (Vuollekoski 1983, Ari 1985, Salo 1987, Lauhanen 1992a). Vanhaa kaivuriojastoa kunnostettaessa kaivumassoissa on maa-aineksen lisäksi yleensä pelkästään kasvillisuutta. Näin oli tässäkin tutkimuksessa. Matalia auraajia perattaessa kaivumassoissa sen sijaan voi esiintyä runsaasti pohjakiviä.

Uudisojituksen tai siihen kaivutekniikaltaan rinnastettavassa täydennysojituksessa LA-MA 10 -kaivuria ei tutkittu. Kone on suunniteltu nimenomaan metsäojien perkaukseen (ks. Niskanen 1977, 1980a,b,c, Vuollekoski 1983). Toisaalta kunnostusojituksen painopiste on ojanperkauksessa (Keltikangas ym. 1986, Lauhanen 1992b). Uuden ojan kaivu kuitenkin onnistuu, jos koneen tukijalat varustetaan asianmukaisilla liukuesteillä. Aikaisempien tutkimusten perusteella perkaus on ollut joutuisempaa kuin uuden ojan kaivu (Ari 1985, Salo 1987, Lauhanen 1992a).

LA-MA 10 -kaivurin keskimääräinen tuottavuus kaivu- vaikeusluokissa 1-3 oli 66-133 m/h. Talviolloissa tuottavuudet jäänevät pienemmiksi kuten tavanomaisellakin kaivukalustolla (Härmälä ja Ari 1990). Vertailu vastaavanlaisen kaivukaluston tuottavuuksiin ei ole mahdollista, sillä työtekniikaltaan ja kokoluokaltaan konetyyppi on ainoa alallaan. Mikäli vertailukohtia käytäntöön halutaan hakea, niin uudisojakauhalla varustettujen metsäojakaivureiden tuottavuudet ojanperkauksessa ovat olleet 122-202 m/h kaivu- vaikeusluokissa 1-3 (Ari 1985, Lauhanen 1992a). Kaivukoneiden tuottavuudet ovat puolestaan olleet suurempia kuin traktorikaivureiden (Salo 1987, Härmälä ja Ari 1990). Edellisen kaltaisiin vertailuihin on suhtauduttava kuitenkin tietyin varauksin, sillä kuljettajat ja työmaaolot vaihtelevat paljon.

Kuljettaja vaikuttaa aina konetyön tuottavuuteen. Tutkimusryhmän läsnäollessa osa kuljettajista kaivaa erittäin hyvälaatuista ojaa ehkä hieman tavallista hitaammin. Osa puolestaan voi intoutua näyttämään taitojaan keskimääräistä paremmin (Aitolahti ja Numminen 1969). Yksittäisistä tekijöistä kaivutyön tuottavuuteen vaikuttivat pääosin samat tekijät kuin aikaisemminkin (Aitolahti ja Numminen 1969, Vuollekoski 1983, Ari 1985, Lauhanen 1992a). Kaivupoistuman, kivisyyden ja turpeen paksuuden yhteiskorrelaatiokerroin oli 0,606. Sen sijaan yksittäisten kaivuteknisten tekijöiden, kuten ojasjyvyyden ja turpeen paksuuden vaikutukset jäivät vähäisiksi (Lauhanen 1992a).

Ojan laatua arvioitaessa luiskan laatu on tärkein tekijä (Lauhanen 1992a). Se sijoittui keskimäärin luokkaan 2, kuten muissakin tutkimuksissa (Finncombi... 1984, Salo 1987, Lauhanen 1992a). Luiskan laatua ei voitu kaikissa tapauksissa määrittää, sillä luiskiinkin ei aina tarvinnut koskea. Toisinaan siis pelkkä ojan pohjan puhdistus oli riittävä toimenpide. Näin ollen tutkitulla kaivurilla oli olosuhteista riippuen mahdollista toteuttaa Huikarin ym. (1963) sekä Niskanen (1977, 1980a,b,c) esittämää metsäojanperkauksen periaatetta. Ojamaiden keskimääräinen etäi-

syys ojan reunasta vastasi entisen hintasuositussopimuksen vaatimuksia (Konekaivumaksut... 1991).

Vaikka ojalinjoi ei ollut aukaistu, puuston runkolukuun suhteutettu hehtaarikohtainen vaurio-osuus oli alle prosentti. Se oli pienempi (2,3-2,7 %) kuin Metsähallituksen mailla tavanomaisella kaivukalustolla ja hakkaamattomilla ojalinjoilla tehdyssä perkauselvityksessä (Finncombi... 1984). Metsähallituksen selvityksessä ei kuitenkaan ole mainintaa puiden luvun yhteydessä sovelletusta minimiläpimitasta. Vaurio-osuus olisi jäänyt havaittua pienemmäksi, mikäli ojalinjat olisi hakattu suositusten mukaisesti vähintään 5 metriä leveiksi. Lisäksi runkoluku ja ojatiheys (ajouraväli) vaikuttavat aina työmaakohtaiseen vaurio-osuuteen (Sirén 1986, Lauhanen 1992a). Toisaalta kaikkia juuri- ja juurenniskavaurioita ei välttämättä havaittu kaivumaiden alta. Lisäksi vaurioiden aiheuttajien määrityksessä saattoi ilmetä epätarkkuutta, sillä vauriot inventoitiin jälkikäteen koneen rauhassa mentyä. Maastoryhmä toimi koneen vaikutusalueen ulkopuolella ollen mahdollisuuksien mukaan näkymättömissä, jottei ryhmä olisi haitannut kuljettajan keskittymistä. Kuljettaja oli kylläkin tietoinen vauriokartoituksesta.

Ojavarren puustovauriot liitetään yleensä sekä oja-aukon että koneen leveyteen. Riittävän leveiksi hakatuilla ojalinjoilla PATU M 100 -kaivurin kauha aiheutti 14,3 % runkovaurioista (Lauhanen 1992a). LA-MA 10 -kaivurin kauha puolestaan aiheutti 34,8 % runkovaurioista hakkaamattomilla ojalinjoilla. Siten ahdas työtila paljasti koneen aiheuttamien vaurioiden kytkeytyvän kauhan liikkeisiin ja ojamaiden tarkoituksenmukaiseen sijoitteluun, toisin sanoen työn tuottavuuteen. Vaurioiden määrä kasvoi selvästi kun työtécninen minimileveys alitti 3,5 metriä. Koska noin 80 % vaurioista sattui 2 metrin vyöhykkeelle ojan keskeltä, on 4 metrin työtila suositeltava tutkitulle kaivurille. Työn jouduttamiseksi ojalinjojen aukaisu on aina suositeltavaa. Liian leveiksi hakatut oja-aukot kuitenkin aiheuttavat kasvutappioita (Keltikangas 1971). Runkovaurioiden merkitystä ajatellen ne sattuivat suurimmaksi osaksi pienikokoisiin koivuihin. Tämä oli selvää, koska uudisojituksen jälkeen ojanvarsille kehittyi runsaasti lehtipuita (Hökkä ja Laine 1986, Lauhanen 1992a). Sen sijaan kauhan tekemät juurikatkot korostuivat suurikokoisissa kuusissa, jotka sijaitsivat melko kaukanakin ojasta.

Kaivurin käyttötuntikustannus oli 205-278 mk laskelman oletuksista riippuen. Epävarmuustekijöiden välttämiseksi erillinen herkkyysanalyysi oli välttämätön, koska koneen käyttöikä ei voitu varmuudella määrittää. Lisäksi vuotuisen arvonalennusprosentin asettaminen oli epävarmaa 1990-luvun alun metsäkonekaupan olosuhteissa. Tavanomaiseen kaivukalustoon nähden kaivurin alhainen hankintahinta laski pääomakustannuksia, mutta lyhyempi käyttöikä puolestaan vaikutti toiseen suuntaan. Kun täystyöllisyysoletus ei ollut laskelmissa voimassa, koneen pitoaikaa voitiin periaatteessa lisätä koneen käyttöiän ollessa vakio. Tällöin pääomakustannusten merkitys väheni. Vuotuisen arvonalenemisen vaikutus on tosin asia erikseen. Toisaalta kun täystyöllisyysoletus ei ollut voimassa, muuttuvat kustannukset ja osa hallintokuluista alenivat pääomakustannusten ollessa muuttumattomat. Vaikka kokonaiskustannukset tällöin laskivat, vähenevien käyttötuntien vaikutus kustannusten jakajana korostui ja yksikkökustannukset kasvoivat. Kokonaisuutta ajatellen esitetyt laskelmat ovat suuntaa antavia esimerkkejä. Käytännön kustannuslaskelmat ovat aina yrittäjäkohtaisia.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

LA-MA 10 -kaivuri on yksi mahdollisuus metsäojien kunnossapidossa. Tutkittu kone on hyvä vaihtoehto silloin, kun puukaupalliset olot eivät salli ojalinjahakkuita tai muutoin halutaan selvittää kapeilla ojalinjoilla. Kaivutyön jouduttamiseksi ja puustovaurioiden välttämiseksi ojalinjoiden aukaisu on aina suositeltavaa kaikelle kaivukalustolle. LA-MA 10 -kaivurille riittää 4 metrin työtila, mikä on tavanomaiselle kalustolle suositeltua ojalinjaa kapeampi. Sulan maan aikana kone soveltuu hyvin ohutturpeisille, vähäkivisille kohteille. Paksurpeiset työmaat on syytä kaivaa hyvän kantavuuden aikaan. Koneen ulottuvuus on ojamaiden siirtoon riittävä, muttei se riitä laskeutusaltaiden puhdistukseen. Sitä vastoin kaivurin tekniikka ja pieni koko myötäilevät ympäristönsuojelun kiristyviä vaatimuksia. Jatkossa on tarpeen tutkia kaivurin käyttömahdollisuuksia myös muissa metsänparannustöissä.

KIRJALLISUUS

- Aarne, M. (toim.) 1992. Metsätilastollinen vuosikirja 1990-91. Yearbook of forest statistics 1990-91. Folia Forestalia 790. 281 s.
- Ahti, E. 1991. Kunnostusojituksen puuntuotanto- ja ympäristövaikutukset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 374: 12—14.
- , Päivänen, J. & Vuollekoski, M. 1988. Kunnostusojitus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308: 46-55.
- Aitolahiti, M. & Numminen, E. 1969. Metsäojakaivureiden työteho ja ehdotus kaivu vaikeusluokitukseksi. Summary: On the efficiency of light excavators in forest ditching and a proposal for the classification of digging difficulty. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 67(2): 1—48.
- Ari, T. 1985. Metsäojitustöiden maksuperustetutkimus 1984. Metsähallitus. Kehittämissaasto. Hirvas. Koeselostus 224. 14 s.
- BMDP PC-90 User's Guide. BMDP Statistical Software, Inc. Los Angeles. 102 s.
- Finncombi F20 -yhdistelmätraktorin ja Vammass Major -traktorikaivurin työnjälki- ja puustovauriotutkimus. 1984. Metsähallituksen kehittämissaasto. Hirvas. Koeselostus 207. 20 s. + 6 liitettä.
- Hakkila, P., Kanninen, K. & Mäkinen, P. 1989. Metsäkoneurakoitsija. Gummerus Oy. Jyväskylä. 93 s.
- Heikka, T. 1985. Meri Trackmo -telatraktori suopuuston harvennuksessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 207. 38 s.

- Huikari, O. , Muotiala, S. & Wäre, M. 1963. Ojitusopas. Kirjayhtymä. Helsinki. 257 s.
- Härmälä, I. & Ari, T. 1990. Kaivukoneiden ajankäyttö, tuottavuus ja työjälki metsäojituksessa talvioloissa. Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Seloste 10. 16 s.
- Hökkä, H. & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. Summary: Post-drainage development of structural characteristics in peatland forest stands. *Silva Fennica* 22(1): 45-65.
- ISO 2631. 1978. Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration. Toinen painos. 15 s.
- Isomäki, A. & Niemistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. Abstract: Effect of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in Southern Finland. *Folia Forestalia* 756. 36 s.
- Keltikangas, M. 1971. Sarkaleveyden vaikutus ojaainvestoinnin taloudelliseen tulokseen. Summary: Effects of drain spacing on the economic results of forest drainage investments. *Acta Forestalia Fennica* 123. 70 s.
- , Laine, J. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930—78 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry in 1930—1978: Results from field surveys on drained areas. *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.
- Konekaivumaksut. 1991. 1.4.1991—31.3.1992. Metsäalan kuljetuksenantajat ja Koneyrittäjien liitto ry. 9 s.
- Lauhanen, R. 1992a. PATU M 100 -kaivuri metsäojituksessa. Abstract: PATU M 100 excavator in forest ditching. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 401: 1-23.
- 1992b. Kunnustusojituksen ongelmat ja tutkimustarpeet. Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 409: 1-45.
- Niskanen, M. 1977. Edistystä metsäojien perkaustekniikassa. *Suo* (4—5): 75—78.
- 1980a. Metsäojien perkauksen koneellistaminen. *Silva Fennica* 14(2): 198—200.
- 1980b. Metsäojitus. Metsänparannustekniikka- ja koneet. Forest improvement techniques and machinery. Karisto. Hämeenlinna. ss. 17-49.
- 1980c. Metsäojien perkauksen koneellistaminen. *Suo* 31(2—3): 41—44.
- Numminen, E. 1964. Metsäojakaivureiden työtehotutkimus. An investigation on the efficiency of forest trenching machines. *Suo* 2: 25—36.
- Paavilainen, E. 1991a. Vaihtoehdot metsätalouden painopisteeksi. *Metsä ja Puu* 10: 11—12.
- 1991b. Ojitusohjeita uhkaa jäädä tukkeutuneisiin ojiin. *Maaseudun Tulevaisuus* 9.11.1991.
- Ranta, E. , Rita, H. & Kouki, J. 1989. Biometria. Tilastotiedettä ekologeille. Yliopistopaino. Helsinki. 569 s.

- Salo, H. 1987. Kaivukoneiden ajankäyttö, tuottavuus ja työnjälki metsäojituksessa. Metsähallitus. Kehittämisyhteisö. Hirvas. Koeselostus 239. 26 s.
- Sirén, M. 1986. Puuston vaurioituminen karsimattomien puiden ja puunosien korjuussa. Stand damage in logging of undelimited trees and tree parts. Folia Forestalia 645. 17 s.
- Takalo, S. & Väyrynen, S. 1982. Terri-telamaasturi puutavaran maastokuljetuksessa. Abstract: Terri light crawler in timber transport. Folia Forestalia 538. 21 s.
- & Myllymäki, T. 1984. Honda-puutarhattraktori kuormajuonnossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 161. 34 s.
- Tuokko, K. 1992. Metsänparantajat kansakunnan asialla 1908-1988. Saarijärven Offset Oy. 509 s.
- Vuollekoski, M. 1983. Hydrostaattisella voimansiirrolla varustetun kaivurin soveltuvuus ojienperkaukseen. Summary: Evaluation of a specially developed excavator for forest ditch cleaning. Folia Forestalia 578. 13 s.

LIITE LA-MA 10 -kaivurin käyttötuntilaskelma.

TAUSTATIEDOT		200 000 mk	380 mk/a
Hinta kaivuvarustuksessa			
Työmaa-aika		1 720 h/a	25 897 mk/a
Käyttöaika (käyttöaste 85 %)		1 462 h/a	11 008 mk/a
Tuntityöaika		258 h/a	11 776 mk/a
Käyttöikä		4 500 h	
Pitoaika		3,1 a	63 944 mk/a
Polttoaineen kulutus		6,0 l/h	
Hydrauliikkaöljyn kulutus		0,1 l/h	
Voiteluaineen kulutus		0,1 l/h	
Vuotuinen arvonalennusprosentti		30 %	
Jäännösarvo		66 196 mk	141 179 mk/a
Poistoarvo		133 804 mk	43 162 mk/a
Korkoprosentti (vieras pääoma)		15,0 %	19 965 mk/a
Työkustannukset (tuntipalkkaryhmä d, 4. palkkausalue):			
Välittömät työkustannukset:			
Urakkatyöpalikka	51,14 mk/h	74 767 mk/a	7 873 mk/a
Tuntityöpalikka	40,91 mk/h	10 555 mk/a	
Kylmäasennusliisä	2,00 mk/h	200 mk/a	
Liikaisentyönlisä	1,75 mk/h	452 mk/a	
Yhteensä		85 974 mk/a	
Välilliset työkustannukset:			
sosiaalipalkka	29,73 %	25 560 mk/a	
sosiaalimaksut	26,58 %	29 646 mk/a	
Yhteensä		55 206 mk/a	
Yhteensä välittömät + välilliset		141 180 mk/a	
MAUTTUVAT KUSTANNUKSET			
Polttoainekustannus (kesäläätää 7 kk 1,50 mk/l ja talvialaata 3 kk 1,60 mk/l ==> 1,53 mk/l)		13 421 mk/a	322 488 mk/a
Hydrauliikkaöljykustannus 10,00 mk/l		1 462 mk/a	221 mk/h
Voiteluainekustannus 2,60 mk/l			
Korjaus- ja huoltokustannukset 60 % pääomien poistosta			
Kulkemiskorvaus 8 600 km/v (80 km/vrk, 128 p/km)			
Koneen siirto maastoautolla (edestakainen siirto 115 km, 2 siirtoa/viikko, 128 p/km)			
Yhteensä			
KIINTEÄT KUSTANNUKSET			
Työkustannukset			
Pääoman poisto			
Pääoman korko 15,0 %			
Keskimääräinen sidottu pääoma 133098 mk on hankintahinnan ja jäännösarvon keskiarvo ja se on oletettu kaikki vieraaksi pääomaksi:			
Vakuutukset (palo, liikenne, varkaus, vastuu) Sampo Oy:n listahinta (v. 1991)			
Hallintokustannukset			
Oman auton käyttö 8600 km/v 128 p/km			
Yleiskustannukset (NMT-puhelin, kirjanpito, sähköt, vuokrat)			
Yhteensä			
Toiminnan riski 5 %			
KOKONAISKUSTANNUKSET YHTEENSÄ			
KÄYTTÖTUNTIKUSTANNUS			

Kannuksen tutkimusasemalla ilmestyneet Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja-sarjan julkaisut:

- N:o 98 Jyrki Hytönen 1983. Vaaka- ja pystyistutuksen vertailua pajunkasvatuksessa. Abstract: Comparison of horizontal and vertical planting of willow cuttings. 14 s.
- N:o 120 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 15.9.1983. 40 s.
- N:o 132 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen 1984. Säilytyksen vaikutus kosteusnäytteeseen puun kuivamassan määrittämisessä. Abstract: Effect of sample storage in determination of tree dry mass. 16 s.
- N:o 163 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen 1984. Vesipajun vesojen puuteknisiä ominaisuuksia. Abstract: On the technical properties of Salix 'Aquatika' sprouts. 20 s.
- N:o 206 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 28.11.1985. Forest Research Day at Kannus 28.11.1985. 99 s.
- N:o 245 Jyrki Hytönen 1987. Lannoituksen vaikutus koripajun ravinnetilaan ja tuotokseen kahdella suonpohja-alueella. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and dry mass production of Salix Viminalis on two peat cut-away areas. 31 s.
- N:o 250 Metsäntutkimuspäivä Kokkolassa 13.3.1987. Metsäteknologian teemapäivä. 113 s.
- N:o 304 Ari Ferm (ed.) 1988. Proceedings of the IEA Task II meeting and workshop on cell culture and coppicing. In Oulu, Finland, August 24—29, 1987. 115 s.
- N:o 320 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Kimmo K. Kolari & Heikki Veijalainen 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. Sammandrag: Tillväxstörningar i skogsträd i närheten av pälsfarmer. Abstract: Growth disturbances of forest trees close to fur farms. 77 s.
- N:o 322 Ari Ferm & Maire Ala-Pönttiö (toim.) 1989. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1988. 96 s.
- N:o 329 Esa Heino 1989. Suomalainen pajukirjallisuus. Finnish bibliography on willow. 30 s.
- N:o 346 Juha Nurmi & Keijo Polet (ed.) 1990. Measurement and evaluation of wood fuel. Proceedings of the IEA/BE TASK VI Activity 5 Workshop in Jyväskylä, Finland. October 25-27, 1989. 64 s.
- N:o 348 Ari Ferm 1990. Coppicing, aboveground woody biomass production and nutritional aspects of birch with specific reference to Betula pubescens. 35 s.+osajulkaisut.
- N:o 374 Ari Ferm ja Esa Heino (toim.) 1991. Keski-Pohjanmaa — Nouseva metsämaakunta. Metsäntutkimuspäivä Ylivieskassa 14.6.1990. 43 s.
- N:o 391 Ari Ferm ja Keijo Polet (toim.) 1991. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. 120 s.
- N:o 401 Risto Lauhanen 1992. PATU M 100-kaivuri metsäojituksessa. Abstract: PATU M 100 excavator in forest drainage. 23 s.
- N:o 409 Risto Lauhanen 1992. Kunnostusojituksen ongelmat ja tutkimustarpeet. Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs. 45 s.
- N:o 457 Karlsson, Kristian (red.) 1993. Skogsforskningsdag i Vörrå 1992 – Metsäntutkimuspäivä Vöyrissä 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 457. 47 s.

Kannus 1993
ISBN: 951-40-1291-7
ISSN: 0358-4283