

HANNU SALO

KAIVUKONEIDEN AJANKÄYTTÖ JA TUOTTAVUUS METSÄOJITUKSESSA

Time consumption and productivity of excavators in forest drainage

Salo, H. 1988: Kaivukoneiden ajankäyttö ja tuottavuus metsäojituksessa. (Summary: Time consumption and productivity of excavators in forest drainage.) *Suo* 39: 51–59. Helsinki. ISSN 0039-5471

The distribution of effective time, output and work quality of three medium-sized excavators were observed in a time study. The distribution of operation time and productivity were included in a follow-up study. Digging time varied between 81–91%. Average availability was 85% and the productivity/operation time 157 m/h during ditch digging. The corresponding values during ditch cleaning were 89% and 221 m/h.

Keywords: Digger, ditching, effective time, excavator, operation time

H. Salo, Pappilantie 2, SF-60550 Nurmo, Finland

JOHDANTO

Metsäojituksen työmenetelmäksi on vaikiintunut konekaivu. Yksityismetsätalouden ojitus Hankkeet on urakoitu yleisesti jo 1960-luvulta alkaen pääosin konekaivuna. Raskaista metsäoja-auroista on vähitellen luovuttu niin metsähallituksen kuin teollisuusyhtiöidenkin laajoilla ojitusalueilla, ja tilalle ovat tulleet kaivurit ja kaivukoneet. Metsäojituksessa käytetyt vastapainokaivurit ovat yleisimmän maatalous- tai teollisuustraktoripohjaisia maansiirtokoneita, joiden kaivulaitteen kääntökulma on korkeintaan noin 180° ja joiden telat voidaan poistaa tielläajon ajaksi. Kaivukoneiden kaivulaite kääntyy ylvaunun mukana täyden ympyrän. Metsäojituksessa työskentelevät kaivukoneet ovat tela-alustaisia, ja ne vaativat työkohteiden välisiin siirtoihin kuljetuslavetin. Viime vuosina on pääasiassa metsäojitustöitä tehnyt lähes 400 kaivuria ja noin 50 kaivukonetta (Salo 1987).

Kunnostusojitusalueilla ilmenee usein ojien perkauksen ja täydentämisen lisäksi

myös muiden maansiirtotöiden tarvetta. Yleensä alueen kulkuyhteyksiä parannetaan rakentamalla piennartasanneteitä, joihin liittyy rumputöitä ja ojaluisien loiventamista. Lietealtaiden kaivun lisäksi myös valtaoja tai puro voi vaatia perkausta. Olisi edullista, jos alueen kaikki maansiirtotyöt voitaisiin ainakin tyydyttävästi tehdä samalla koneella. Monissa töissä kaivukoneen erityisominaisuuksista, mm. ympäröivyydestä, telaston rakenteesta ja suuresta ulottuvuudesta, on etua kaivureihin verrattuna (kuva 1).

Kaivukoneiden yleistyessä metsäojitus-työmailla on eri tahoilla herännyt kiinnostus niiden ominaisuuksia ja työtehoa kohtaan. Metsähallituksen kehittämisjaostossa tutkittiin kaivukoneiden ajankäyttöä, tuottavuutta ja työjälkeä metsäojien kaivussa ja perkauksessa kesällä 1986. Tutkimuskohteina olivat metsähallituksen työmailla urakoivat keskikokoiset (12–17 t), metsäojitukseen varustetut kaivukoneet. Kaivukoneiden ajankäyttöä ja tuottavuutta verrattiin kaivureiden vastaaviin



Kuva 1. Sarkaojan kaivua ohutturpeisella suolla Poclain 75CKB-kaivukoneella.

Fig. 1. A Poclain 75CKB-excavator at work digging a feeder drain on a shallow peaty soil

arvoihin, jotka saatiin vuoden 1984 metsäojitustöiden maksuperustetutkimuksen tuloksista (Ari 1985).

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus jakautui kahteen osaan, aikatutkimukseen ja seurantatutkimukseen. Aikatutkimuksessa selvitettiin kolmen kaivukoneen tehoajan jakautumista, työpäälkeä ja työvaikeustekijöiden vaikutusta ajanmenekkiin. Osoyksikkönä käytettiin 20 m:n paaluväliä. Siltä mitattiin koneen kaivutyöhön, siirtymiseen ja keskeytyksiin kuluneet ajat. Ne määritettiin cmin:n tarkkuudella ja palautus- eli nolla-asentomenetelmällä (Haarlaa ym. 1984). Siirtymisaikaan laskettiin aika, joka koneelta kului siirtymiseen kaivuasemasta toiseen. Jos kone siirtyessään samalla kaivoi, luettiin

tämä kaivuaikaan kuuluvaksi. Vaikka koneella olisikin ollut useita kuljettajia, näistä havainnoitiin kuitenkin vain yhtä.

Paaluväliä rajattaessa mitattiin turpeen syvyys ojalinjalla ja ojanperkauksessa peattavan ojan mitat. Kaivun jälkeen paaluväliltä määritettiin työvaikeustekijät, ojamitat ja työpäälke. Maastoluokitus perustui metsähallituksen kehittämisjaostossa ja Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla käytettyyn ohjeeseen (mm. Vuollekoski 1982). Kaivuvaikeusluokka arvioitiin käytössä olevan konekaivun kaivuvaikeusluokituksen mukaan (Konekaivumaksut 1986).

Työpääljen laatu arvioitiin veden kulun kannalta heti kaivun jälkeen kultakin paaluväliltä kolmiluokkaisena. Luokka 1 vastasi hyvää, luokka 2 tyydyttävää ja luokka 3 huonoa työpäälkeä.

Aikatutkimusaineisto kerättiin 10.6.–19.8.1986 metsähallituksen Länsi-Lapin, Ranuan ja Rovaniemen hoitoalueiden ojityömailta. Osoyksiköitä (paaluvälejä) kertyi uudisojituksessa kaikkiaan 274 viideltä eri työmaalta ja ojanperkauksessa 162 niinkään viideltä työmaalta. Työmaat olivat kaivuvaikeudeltaan enimmäkseen helppoja. Uudisojituksessa keskimääräinen kaivuvaikeusluokka paaluvälillä vaihteli koneittain 1,1–2,0 ja ojanperkauksessa vastaavasti 1,2–1,5 (taulukko 1).

Seurantatutkimuksessa koottiin havainnot kaivukoneiden ajankäytön jakaumasta ja tuotostasosta metsäojitustyössä. Seuranta toteutettiin tärinäkelloseurantana 15 minuutin aikamerkintätarkkuudella (Kaila ym. 1979). Kunkin koneen seurantajaksoksi pyrittiin saamaan vähintään kaksi kuukautta. Seurantajaksolle sattui poikkeuksetta muitakin töitä kuin ojankaivua ja perkausta, mutta näitä töitä ei sisällytetty seurantaan (taulukko 2).

Seurantatutkimusaineisto kerättiin toukokuun lopun ja syyskuun alun välisenä aikana 1986 kuudelta metsähallituksen ojityömailta työskentelevältä kaivukoneelta. Aikatutkimuksessa olleet koneet olivat mukana myös seurantatutkimuksessa. Uudisojituksessa työvuoroja kertyi 84 ja kai-

Taulukko 1. Aikatutkimusaineiston jakautuminen eri kaivuvaikeusluokkiin (kvlk) koneittain ja työmuodoittain. U = uudisojitus, P = ojanperkaus.

Table 1. The distribution of time study material by excavation difficulty class, machine and type of work. U = ditch digging, P = ditch cleaning.

Kvlk Difficulty class	Kone 1 Machine 1 (Åkerman H7C)		Kone 2 Machine 2 (Åkerman H7C)		Kone 3 Machine 3 (Poclain 75CKB)	
	%		%		%	
	U	P	U	P	U	P
1	75	75	48	76	90	57
2	25	20	17	14	10	36
3	–	5	16	–	–	7
4	–	–	19	–	–	–
5	–	–	–	–	–	–
Yhteensä – Total	100	100	100	100	100	100

Taulukko 2. Seurantatutkimusaineisto koneittain ja työmuodoittain. U = uudisojitus, P = ojanperkaus, Uk = uudisojakauha, Pk = ojanperkauskaucha.

Table 2. The total working time, shifts and length of excavated ditches by different machines in the follow-up study. U = ditch digging, P = ditch cleaning, Uk = ditch digging scoop, Pk = ditch cleaning scoop.

Kone Machine	Työmuoto/Kauha Sort of work/Scoop	Työmaa-aika/Työvuorot Working time/Shifts	Ojamäärä, m Length of ditches, m
1	U/Uk	181 h 55 min/18	23635
	P/Pk	297 h 5 min/35	61700
2	P/Pk	248 h 35 min/22	67500
3	U/Uk	180 h 35 min/21	23950
	P/Pk	117 h 45 min/14	20350
4	P/Uk	218 h 15 min/22	28950
5	U/Uk	162 h 20 min/18	22500
6	U/Uk	261 h 15 min/27	33470

vettu ojamäärä oli 103 575 m. Ojanperkaustyövuoroja oli kaikkiaan 93 ja perattu ojamäärä 178 500 m.

Käyttöaika käsitti tässä tutkimuksessa varsinaisen kaivutyöajan, sivutyöajan ja siirrot. Alle 15 minuutin keskeytykset luettiin käyttöaikaan. Sivutyöaikaan laskettiin työvuoron aikana koneen muuhun kuin ojankaivuun/-perkaukseen kuluttama aika. Sivutöitä olivat lähinnä ojitusalueen tie- ja rumputyöt. Siirtoaikaan laskettiin

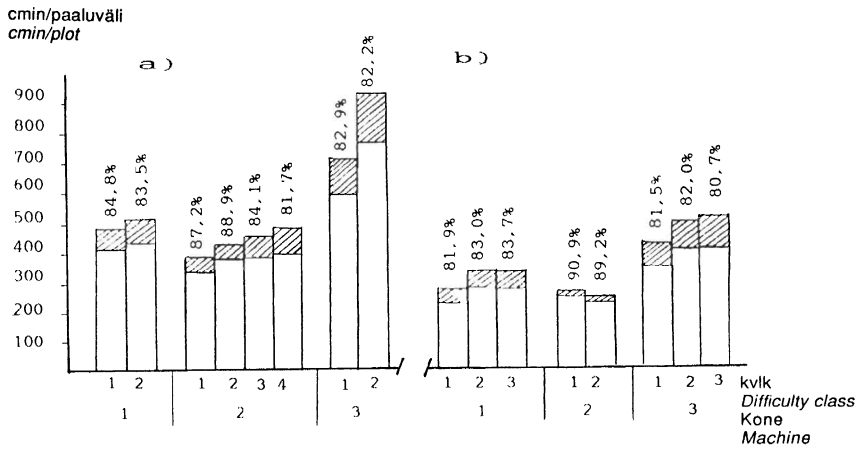
kaikki työmaalla tapahtuneet yli 15 minuutin siirrot.

TULOKSET

Aikatutkimus

Tehoajan jakautuminen ja ajanmenekkiin vaikuttavat tekijät

Tutkittujen koneiden välillä oli melko suuret ajanmenekierot (kuvat 2a ja b). Kai-



Kuva 2. Tehoajan jakautuminen koneittain ja kaivuvaikeusluokittain a) uudisojituksessa, b) ojanperkauksessa. Pylvään vaalea osa kuvaa kaivuajan ja varjostettu osa siirtymisajan osuutta. Sen päällä kaivuajan osuus prosentteina tehoajasta. cmin = 100 minuuttia.

Fig. 2. The distribution of effective time according to machine and difficulty class in a) ditch digging, b) ditch cleaning operation. The shaded area of columns represents the proportion of moving time and the white area digging time. The percentage of digging time is given above the columns. cmin = 100 minutes.

vuajan osuus tehoajasta vaihteli melko vähän eri kaivuvaikeusluokissa. Kaivuvaikeuden lisääntyessä varsinkin uudisojituksessa siirtymisajan osuus yleensä kasvoi, mikä johtui lähinnä kaivutekniikan muuttumisesta. Kaivuvaikeudeltaan helpoilla mailla kuljettajat käyttivät tavallisesti höyläyskaivutekniikkaa, ja samanaikainen kaivu ja siirtyminen luettiin kaivuaikaan kuuluvaksi. Kaivuvaikeusluokan noustessa siirryttiin yleensä kaivuasemasta tapahtuvaan työskentelyyn. Koneen 2 kuljettaja käytti muita enemmän höyläyskaivua, joten tämän yksikön kaivuajan osuus tehoajasta muodostui muita suuremmaksi. Kaivuiskujen ja siirtymisten lukumäärä paaluvälillä oli myös koneella 2 selvästi pienempi kuin muilla.

Vertailuaineiston perusteella laskettiin erikseen tutkittujen kaivureiden tehoajan jakautuminen kaivuvaikeusluokissa 1 ja 2. Kaivukoneiden tehoajasta uudisojituksessa kaivuaikaa oli 85,0%. Kaivureilla kaivuaika-% oli lähes sama, 84,8. Ojanperkauksessa kaivukoneiden kaivuaika-% oli sen sijaan jonkin verran suurempi, 84,8, kun se kaivureilla oli 81,1.

Kaivuiskujen lukumäärä näytti selittävän hyvin ajanmenekkiä (taulukko 3). Lineaarinen riippuvuus oli erittäin merkitsevä. Siirtymisajan ja siirtymisten lukumäärän korrelaatiokertoimet olivat selvästi pienempiä ja vaihtelivat koneittain.

Ojasta poistettavan maamäärän kasvu lisäsi yleensä ajanmenekkiä sekä uudisojituksessa että varsinkin perkauksessa. Tutkittujen kaivukoneiden ja vertailuaineiston kaivureiden ajanmenekkejä verrattiin tyyppillisissä poistumaluokissa kummassakin työmuodossa (kuvat 3a ja b). Uudisojituksessa kaivuvaikeusluokassa 1 kaivukoneiden ajanmenekki oli 71,5% ja 2-kaivu vaikeusluokassa 66,8% kaivureiden ajanmenekistä. Ojanperkauksessa suhteet olivat vastaavasti 45,8% ja 40,8%. Vaikeampiin kaivu vaikeusluokkiin ko. poistumaluokissa ei kertynyt riittävästi havaintoja, jotta vastaavanlainen vertailu olisi ollut mahdollista.

Kaivu vaikeuden lisääntyminen nosti ajanmenekkiä tasaisesti uudisojituksessa. Ojanperkauksessa riippuvuus kaivuvaikeusluokasta oli vähäisempi todennäköisesti noin puolta pienemmän poistettavan

Taulukko 3. Kaivuiskujen, siirtymisajan ja siirtymisten lukumäärän korrelaatiot ajanmenekkiin verrattuna. U = uudisojitus, P = ojanperkaus, Uk = uudisojakauha, Pk = ojanperkauskauha.

Table 3. The correlation of time consumption with digging strokes, moving time and number of moves. U = ditch digging, P = ditch cleaning, Uk = ditch digging scoop, Pk = ditch cleaning scoop.

Kone Machine	Työmuoto/Kauha Type of work/Scoop	n	Kaivuiskut Digging strokes		Siirt. aika Moving time		Siirtymiset Number of moves	
			r	p	r	p	r	p
1	U/Uk	100	0,484	0,01	0,183	0,1	0,001	ns
	P/Pk	55	0,648	0,01	0,197	ns	0,092	ns
2	U/Uk	88	0,545	0,01	0,381	0,01	0,320	0,01
	P/Pk	79	0,512	0,01	0,187	0,1	0,332	0,01
3	U/Uk	86	0,614	0,01	0,415	0,01	0,203	0,05
	P/Uk	28	0,607	0,01	0,365	0,05	0,243	ns

maamäärän takia. Yksittäisistä kaivuvaikeustekijöistä selvimmän ajanmenekkiin vaikutti poistettujen kivien määrä. Ojanperkauksessa poistettujen kivien määrä vaikutti ajanmenekkiin selvemmin kuin uudisojituksessa.

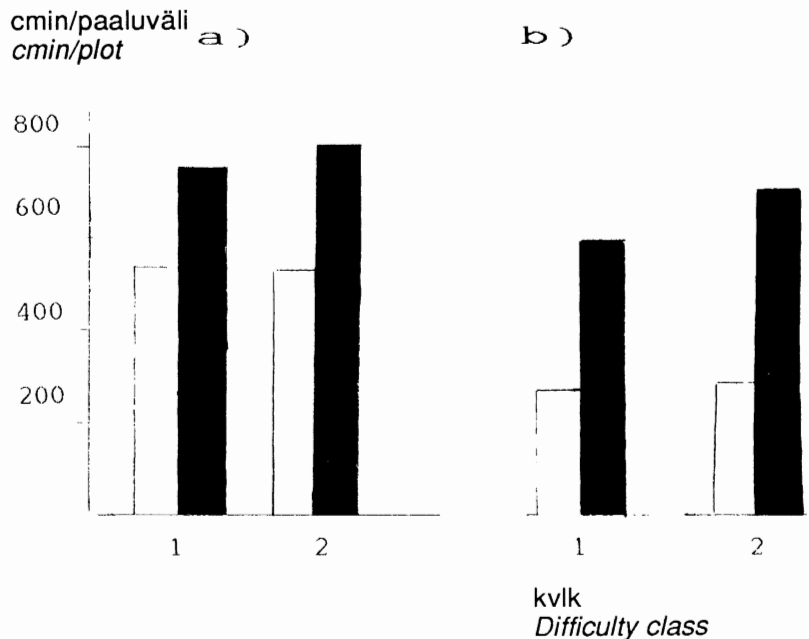
Työjälki

Paras työjälki oli koneella 3, joka käytti kookasta uudisojakauhaa myös perkauks-

sessä (taul. 4). Työjälkeen vaikuttavat ensisijaisesti kuljettajan työtapa ja -taito sekä kauha. Leveällä ja loivaluiskaisella kauhalla saavutettiin paras työjälki kummasakin työmuodossa. Ojakoko ylitti yleensä metsäojan mitoista annetut ohjeet. Konekaivusta sovitut valtakunnalliset maksut edellyttävät kuivatusojien ojamaiden siirtämistä vähintään 60 cm:n päähän ojanreunasta. Ojamaiden etäisyys oli yleensä kaksinkertainen vaatimukseen verrattuna.

Kuva 3. Kaivukoneiden ajanmenekki (valkea pylväs) kaivureihin (musta pylväs) (Ari 1985) verrattuna kaivuvaikeusluokissa 1 ja 2, a) uudisojituksessa, poistumaluokka 0,76–1,00 m³/m, b) ojanperkauksessa, poistumaluokka 0,26–0,50 m³/m. cmin = 100 minuuttia.

Fig. 3. Time consumption of excavators (open) and diggers (shaded) (Ari 1985) in digging difficulty classes 1 and 2, a) in ditch digging, removed mass = 0.76–1.00 m³/m, b) in ditch cleaning, removed mass = 0.26–0.50 m³/m. cmin = 100 minutes.



Taulukko 4. Ojanpohjan ja luiskan laatu keskimäärin koneittain ja työmuodoittain, luokat 1, 2 ja 3. U = uudisojitus, P = ojanperkaus, Uk = uudisojakauha, Pk = ojanperkauskuuha.

Table 4. The average quality of ditch bottom and sides according to machine and type of work, classes 1, 2 and 3. U = ditch digging, P = ditch cleaning, Uk = ditch digging scoop, Pk = ditch cleaning scoop.

Kone Machine	Työmuoto Type	Kauha Scoop	Pohjan laatu Ditch bottom quality	Luiskan laatu Ditch side quality
1	U	Uk	1,9	1,9
	P	Pk	1,8	1,8
2	U	Uk	1,5	1,7
	P	Pk	1,3	1,6
3	U	Uk	1,2	1,2
	P	Uk	1,1	1,4

Seurantatutkimus

Ajankäytön jakautuminen

Kaivuajan osuus työajasta muodostui keskimäärin varsin suureksi. Koneet 1 ja 5 tekivät sivutöitä seurannan kestäessä. Siirtojen osuus jäi tutkituilla yhteinäisillä työmailla pieneksi. Taulukossa 5 keskeytyksiä ei ole eritelty, mutta yleisimmät syyt niihin olivat huolto ja korjaukset.

Tuottavuus ja käyttöaste

Uudisojituksessa käyttöaikana keskimääräinen työn tuottavuus vaihteli varsin vähän verrattuna ojanperkaukseen (taul. 6). Tähän lienee syynä kauhatyyppien ero, sillä ojanperkauskuuhalla peranneiden koneiden työn tuottavuus oli uudisojakauhalla peranneita parempi. Vertailuaineiston kaivureiden työn tuottavuus käyttöaikaa kohden laskettuna vaihteli uudisojituk-

Taulukko 5. Työajan jakautuminen seurannan perusteella koneittain ja työmuodoittain. U = uudisojitus, P = ojanperkaus, Uk = uudisojakauha, Pk = ojanperkauskuuha.

Table 5. The distribution of working time according to machine and type of work in the follow-up study. U = ditch digging, P = ditch cleaning, Uk = ditch digging scoop, Pk = ditch cleaning scoop.

Kone Machine	Työmuoto/Kauha Type of work/Scoop	Käyttöaika Time of operation			Keskeytys Interruption	Yhteensä Total
		Kaivu Digging %	Sivutyö Other work %	Siirto Move %		
1	U/Uk	79,7	8,5	0,7	11,1	100,0
	P/Pk	89,5	3,9	2,0	4,6	100,0
2	P/Pk	90,4	–	0,1	9,5	100,0
3	U/Uk	79,0	–	3,0	18,0	100,0
	P/Pk	75,0	1,1	1,7	22,2	100,0
4	P/Pk	90,8	–	1,1	8,1	100,0
5	U/Uk	89,8	2,0	1,2	7,2	100,0
6	U/Uk	73,9	–	0,7	25,4	100,0

Taulukko 6. Toiminnallinen käyttöaste ja käyttöajan tuottavuus seuranta tutkimuksen perusteella. * = Kaivuvaikeusluokka-arvio työnjohdon antama. U = uudisojitus, P = ojanperkaus, Uk = uudisojakauha, Pk = ojanperkauskauha.

Table 6. Machine utilization and the productivity/operation time according to follow-up study. * = Excavation difficulty class estimated by supervisors. U = ditch digging, P = ditch cleaning, Uk = ditch digging scoop, Pk = ditch cleaning scoop.

Kone Machine	Työmuoto/Kauha Type of work/Scoop %	Toiminn. käyttöaste Availability m/h	Tuottavuus/käyttöaika Prod./oper. time	KvIk Difficulty
1	U/Uk	88,9	146	2,3*
	P/Pk	95,4	218	2,2*
2	P/Pk	90,5	300	2,4*
3	U/Uk	82,0	162	–
	P/Uk	77,8	222	1,2
4	P/Uk	90,9	146	–
5	U/Uk	93,0	149	2,1
6	U/Uk	74,6	172	2,4
Keskimäärin Mean	U	84,6	157	
	P	88,6	221	

nessa 45–132 m/h ja ojanperkauksessa 82–187 m/h (Ari 1985).

TARKASTELU

Ajanmenekki saattaa vaihdella eri paa-luväleillä laajoissa rajoissa samassakin kaivuvaikeusluokassa (esim. Vuollekoski 1982). Tässäkin aineistossa kaivuvaikeusluokittaiset kaivu- ja siirtymisaikojen keskihajonnat jäivät suuriksi, mikä on otettava huomioon tuloksia tarkasteltaessa. Lisäksi tutkittujen koneiden välillä oli melko suuret ajanmenekkierot, joiden syynä on pidettävä lähinnä kuljettajien toisistaan poikkeavaa kaivutekniikkaa.

Kaivuajan osuus tehoajasta oli ojanperkauksessa kaivukoneilla vähän suurempi kuin kaivureilla. Kaivukoneet perkaavat kaivureita yleisemmin höyläyskaivuna, mikä nostaa niiden kaivuajan osuutta. Turvesuon sarkaojien kaivussa kaivurit käyttivät aikaa siirtymiseen myös hieman enemmän kuin kaivukoneet, joskin turvesuo-oja

oli huomattavasti metsäojaa suurempi (Päivänen ja Taipale 1979). Ensisijaisena syynä tähän lienevät kaivurin siirtymisaikaa lisäävä tukijalkojen käyttö ja rakenteelliset erot mm. voimansiirrossa.

Konetyyppien välisiä tuottavuuseroja tehoajan jakautuminen osa-aikoihin ei kuitenkaan selitä.

Ojituskoneen kuljettajan ammattitaito ja tottumukset vaikuttavat työjäljen laatuun enemmän kuin koneen yksittäiset ominaisuudet. Koneiden väliset työjäljen laadun erot johtuivat lähinnä kuljettajien erilaisista työtavoista, joskin koneen 3 hyvään työjälkeen on vaikuttanut myös siinä käytetty loivaluiskainen kauha. Kaikkien kolmen koneen kaivamat ojat ylittivät keskimäärin metsäojan yleismitat (Konekaivumaksut 1986). Näitä mittoja ei yleensä riittävän kuivatuksen vuoksi kuitenkaan olisi tarpeen ylittää. Koska ajanmenekki lisääntyy poistettavan maamäärän kasvaessa, ei kaikkien normaalien sarkaojien kaivua ohjemittoja kookkaammiksi voitane perustella edes ojien perkaustarpeen vähe-

nemisellä. Ohjemittoja kookkaampaa ojaa kaivettaneen melko yleisesti myös kaivu-reilla.

Kaivukoneet vaativat kaivureita enem-män tilaa ojalinjalla. Kaivukoneiden le-veys vaihtelee leveillä teloilla varustettuna 290–350 cm:n välillä, kun kaivureiden leveys jää noin 250 cm:iin (Maarakennus-alan koneluettelo 1.3.1987). Tämä on otet-tava ojitettavan alueen puunkorjuussa hu-mioon ja avattava ojalinjat riittävän le-veiksi. Kaivukoneiden tehokas työskentely ja puustovaurioiden estäminen edellyttävät ojalinjalta ainakin 4,5 metrin leveyttä. Tutkitut kaivukoneet siirsivät ojamaat varsin etäälle ojan reunasta. Etäisyyden kasvaessa ojamaiden valuminen takaisin ojaan on oletettavasti vähäisempää, mutta samalla puustovaurioiden riski kasvaa. Juuristovaurioita aiheuttaa lähinnä telan terävä ulkoreuna koneen massan jakau-tuessa melko tasaisesti telojen kosketus-pinta-alalle. Tutkittujen koneiden pinta-paineet olivat 22 ja 27 kPa. Ne ovat samaa luokkaa kuin kaivureiden pintapaineet, joskin telarakenteen erot vaikeuttavat ko-netyyppien suoraa vertailua.

Tutkittujen kaivukoneiden työn tuotta-vuutta voidaan pitää korkeana, vaikka ne työskentelivät ilmeisesti keskimääräistä helpommissa oloissa. Keskimääräinen kai-vutyön tuottavuus oli huomattavasti ver-tailuaineiston parhaan kaivurin tuotta-

vuutta korkeampi kummassakin työmu-dossa. Toiminnallinen käyttöaste oli var-sinkin ojanperkauksessa melko korkea, jo-ten tuottavuuskin muodostui hyväksi.

Kaivukoneen käyttötuntikustannus muodostunee metsäojitustyössä noin nel-jänneksen suuremmaksi kuin kaivurin, el-lei kaivukoneen lavettisiirron kustannuk-sia oteta huomioon. Kaivukoneen työn tuottavuuden tulisi näin olla vähintään saman verran kaivureiden tuottavuutta pa-rempi, jotta ero ilman siirtokuluja laske-tuissa käyttötuntikustannuksissa korvau-tuisi. Tutkittujen kaivukoneiden ja vertai-luaineiston kaivureiden tuottavuuksien pe-rusteella näyttäisi kustannusero käyttötun-tia kohden laskettuna korvautuvan ja kai-vukoneiden käyttö jopa kaivureiden käyt-töä kannattavammalta, jos työmaat ovat suhteellisen suuria eikä lavettisiirtojen osuus muodostu kovin suureksi.

KIITOKSET

Tutkimuksen suunnittelussa ja sen toteutuksen eri vaiheissa ovat olleet mukana professori Juhani Päivänen, ylimetsänhoitaja Eero E. Heino, MH Matti Karjula, MT Timo Ari ja tutkija Martti Vuol-lekoski. Aineiston keruussa avustivat tutkimus-apulaiset Jukka Hiltunen ja Juha Hanni. Käsi-kiroituksen ovat lukeneet ja sitä kommentoineet professorit Juhani Päivänen ja Rihko Haarlaa, Ph.D. Michael Starr sekä FL Harri Vasander. Esitän heille kaikille lämpimät kiitokset.

KIRJALLISUUS

- Ari, T. 1985: Metsäojitustöiden maksuperustetutkimus 1984. — Metsähallitus, kehittämissaasto, Koeselostus 224. 14s.
- Haarlaa, R., Harstela, P., Mikkonen, E. & Mäkelä, J. 1984: Metsätyöntutkimus. — Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksen tiedonantoja 46:18–20. Helsinki.
- Kaila, S., Laajalahti, T. & Päivänen J. 1979: Maan-muokkauksen ajankäyttöjakauma, tuotostaso ja työ-jälki. — Metsätehon tiedotus 356.
- Konekaivumaksut 1.4.1986–31.3.1987. — Metsäalan kuljetuksenantajat, Koneurakoitsijain liitto r.y. Lahti. 12 s.
- Maarakennusalan koneluettelo 1.3.1987. — Koneurakoit-sija 3/1987.
- Päivänen, J. & Taipale, J. 1979: Turvesuon sarkaojien kaivu. — Metsätehon seloste 13.
- Salo, H. 1987: Kaivukoneiden ajankäyttö, tuottavuus ja työjälki metsäojituksessa. — Suometsätieteen tutkiel-ma. Konekirjoite. 63 s.
- Vuolleskoski, M. 1982: Lännen S9-kaivurin soveltuvuus metsäojien perkaukseen. Metsäteknologian laudaturtyö. Konekirjoite. 55 s.

SUMMARY:

TIME CONSUMPTION AND PRODUCTIVITY OF EXCAVATORS IN FOREST DRAINAGE

Excavating has replaced ploughing as the main working method of forest drainage in Finland. In recent years there have been nearly 400 tractor-based diggers and about 50 excavators working in forest drainage.

As excavators become more common in forest drainage, their suitability and efficiency have been discussed. The time consumption, productivity and the quality of work of medium-sized excavators were studied in forest drainage areas of the National Board of Forestry. The field work was carried out in summer 1986. The main results are compared to those of a previous study of diggers (Ari 1985).

The distribution of effective time, the quality of ditch and the effect of work difficulty factors on time consumption were examined in a time study. Three different machines were evaluated. The total number of sample plots was 274 for ditch digging and 162 for ditch cleaning. The mean digging difficulty class varied between machines, 1.1–2.0 for ditch digging and 1.2–1.5 for ditch cleaning work (Table 1). The quality of ditch slopes and bottom was estimated just after digging. The productivity and distribution of working time of six different excavators, including those participating in the time study, were observed in a follow-up study by using mechanical recorders. The follow-up study material consists of 84 ditch digging shifts and 93 ditch cleaning shifts (Table 2).

Time consumption varied considerably between the examined excavators (Figs. 2a, b). The proportion of digging time remained quite constant in different digging difficulty classes. When the digging difficulty class increased, the proportion of moving time rose, especially in ditch dig-

ging due to change in working technique. The dependence of time consumption on digging difficulty class was greater in ditch digging than in cleaning. The number of digging strokes correlated very closely with time consumption (Table 3).

In ditch digging, the examined excavators consumed 72% in digging difficulty class 1 and 67% in class 2 of the effective time consumed by diggers. In ditch cleaning, 46 and 41%, respectively (Figs. 3a, b). The best ditch quality was achieved by machine 3, which used a broad ditch digging scoop, even for ditch cleaning work. Nevertheless the skill and working habits of the driver were the most important factors affecting ditch quality. The size of ditches in this study were usually larger than required in practice.

According to the follow-up study, the productivity of operation time varied more in ditch cleaning than in ditch digging (Table 6). Excavators using a ditch cleaning scoop were more productive than those using a normal broad scoop. The productivity of the diggers in the comparison study was 45–132 m/h in ditch digging and 82–187 m/h in ditch cleaning.

Excavators need more working space than diggers. For effective operation of an excavator, trees should be removed from a strip at least 4.5 m wide. The surface pressures of the excavators in this study were 22 and 27 kPa, which equals those of diggers. The productivity of the examined excavators can be considered high. The mean productivity of the operation time was considerably higher than that of the best digger in the comparison study. Operation costs, excluding transportation expenses, were estimated to be about one quarter higher than those of diggers.