



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1991

779

Olli Eeronheimo

SUOMETSIEN PUUNKORJUU

Forest harvesting on peatlands

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 857 051
Phone:

Telex: 121286 metla sf
Telefax: (90) 625 308

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Eljas Pohtila
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

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 kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen 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 ten 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 779

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1991

Olli Eeronheimo

SUOMETSIIEN PUUNKORJUU

Forest harvesting on peatlands

Approved on 16.10.1991

SISÄLLYS

1. SUOMETSÄT	4
2. METSÄNHOIDOLLISET KÄSITTELYPERIAATTEET	5
3. HAKKUUMAHDOLLISUUDET	6
31. Valtakunnan metsien inventointitulokset	6
32. Yksityismetsät	6
33. Metsähallituksen metsät	8
4. PUUNKORJUUN ERITYISPIIRTEET	9
5. KANTAVUUTEEN LIITTYVÄT SUON OMINAISUUDET	11
6. KORJUUN TOTEUTUS	13
61. Kalusto ja konekehittäely	13
611. Hakkuu	13
612. Lähikuljetus	14
62. Korjuumenetelmät	19
7. ERIKOISKALUSTON KÄYTTÖKOKEMUKSIA	21
71. Telamaasturit	21
72. Suotelatraktori	23
8. KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET	25
KIRJALLISUUS – REFERENCES	26
SUMMARY	28

Eeronheimo, O. 1991. Suometsien puunkorjuu. Summary: Forest harvesting on peatlands. *Folia Forestalia* 779. 29 p.

Suometsien merkitys Suomen puuhuollossa on jatkuvasti lisääntymässä. Julkaisussa esitellään pääpiirteissään suometsien metsänhoidolliset käsittelyperiaatteet, ja tarkastellaan suometsien hakkuumahdollisuuksia valtakunnan tasolla sekä erikseen yksityismetsissä ja metsähallituksen metsissä. Puunkorjuun erityispiirteitä, maaston kulkukelpoisuuden arviointia sekä korjuumenetelmiä ja -kalustoa käsittelevää kirjallisuutta referoidaan. Suometsien puunkorjuuseen soveltuvia lisävarusteita ja kumiteila-alustaisten erikoiskoneiden käyttökokemuksia kuvailaan. Lopuksi esitellään suometsien puunkorjuun kehittämismahdollisuuksia.

In Finland there are 9 mill. ha of peatlands classified as forestry land. About half of the peatlands have been drained for higher wood production. Of the total productive forest area – 20 mill. ha – peatland forests account for a quarter. The importance of peatland forests is increasing. The allowable cut in peatland forests has been increased from about 5 mill. m³ per annum to about 9 mill. m³/a through drainage and intensified silvicultural measures.

The silvicultural practices applied in peatland forests are shortly described, and the allowable cut is discussed. Literature on forest harvesting planning, methods and equipment on peatlands as well as trafficability analysis are summarized. Special attention is paid on experiences on rubber-tracked equipment designed to operate on peatlands. Finally, ways and means to improve forest harvesting practices are discussed.

Keywords: forest harvesting, logging, peatland forestry, wetlands, Finland.
FDC 31(480)

Author's address: Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland. Tel. +358 0 85 705 342, fax +358 0 625 308.

ISBN 951-40-1173-2
ISSN 0015-5543

Tampere 1991. Tammer-Paino Oy

Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto käynnisti vuonna 1982 tutkimus- ja kehitysprojektin, jonka tavoitteena oli löytää uusia ratkaisuja ojitettujen ja luonnontilaisten soiden puunkorjuuseen. Projektissa selvitettiin suometsien hakkuumahdollisuuksia ja puunkorjuuloja (1983–84), kartoitettiin korjuukalusto ja -menetelmät (1985–86), osallistuttiin kone- ja menetelmäkehittelyyn (1983–86) sekä seurattiin erikoiskoneiden työllisyyttä, operatiivista soveltuvuutta, ympäristöystävällisyyttä ja käytännön suoritustasoa (1985–87). Yhteispohjois- maisen harvennushakkuuprojektin yhteydessä tutkittiin lisäksi metsäkuljetuskaluston kulkuominaisuuksia ojitetulla suolla, suopellolla ja lumessa (1984–86). Osahankkeiden tulokset on pääosin julkaistu Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoissa tai lehtiartikkeleina. Tämä julkai-

su on projektin loppuraportti, johon on koottu suometsien puunkorjuuseen liittyviä tutkimustuloksia myös mm. Metsätehon, metsähallituksen kehittämisjaoston ja Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksen julkaisuista. Metsäntutkimuslaitoksen henkilökunnasta projektiin osallistuivat erityisesti metsänhoitaja Timo Heikka ja kenttämestari Sauli Takalo. Heikka vastasi erikoiskaluston seurantatutkimusten organisoinnista, oli mukana muiden osahankkeiden suunnittelussa ja toteutuksessa sekä avusti loppuraportin käsikirjoituksen laadinnassa. Takalon työpanos näkyi varsinkin puunkorjuuseen tarkoitettujen telamaastureiden konekehittelyssä, joka itse asiassa käynnistyi hänen aloitteestaan. Professori Pentti Hakkila, professori Juhani Päivänen ja metsänhoitaja Matti Sirén ovat lukeneet käsikirjoituksen.

1. Suometsät

Soilla ja turvemilla tarkoitetaan kasvupaikkoja, joilla on turvetta tai joiden pintakasvillisuudesta yli 75 % on suokasvillisuutta (Kuusela & Salminen 1983). Suomessa metsätalouden maasta soita on kolmasosa (9 milj. ha), josta puolet on ojitettu. Ojitettuja kangasmaita on 600 000 ha (Paavilainen & Tiihonen 1988, Metsätalollinen... 1990).

Suon määritelmä Suomen metsätaloudessa on väljempi kuin monissa muissa maissa, joissa turpeen paksuuden tulee ylittää tietty raja-arvo (esim. Saksassa 20, Kanadassa 40 ja Iso-Britanniassa 45 cm). Myös Suomessa turvekerrostuman tulee olla yli 30 cm:n paksuinen ja tuhkapitoisuudeltaan alle 40 %, jotta voidaan puhua suosta geologisessa mielessä (Lappalainen ym. 1984).

Metsiä on ojitettu muissa maissa huomattavasti vähemmän kuin Suomessa, esimerkiksi Norjassa soista on ojitettu 22 % ja Ruotsissa (turvekerros yli 30 cm) 15 %. Neuvostoliitossa, jossa ojat ovat yleensä suurempia ja sarat leveämpiä kuin Pohjoismaissa, on ojitettu 6 milj.

ha eli 16 % metsäojituskelpoisiksi luokitelluista maista. Kaikkiaan soita ja vesiperäisiä maita Neuvostoliitossa on 245 milj. ha. Kanadassa soita on 110 milj. ha, josta vain noin 20 000 ha on ojitettu (Päivänen 1990b).

Metsämaasta, jolla puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu on 100 vuoden kiertoaajalla vähintään 1 m³/ha ja jota Suomessa on 20 milj. ha, soiden osuus on vajaa neljännes. Valtakunnan metsien 7. inventoinnin mukaan metsämaaksi luokiteltuja soita on 4,8 milj. ha, josta luonnontilaisten soiden osuus on 22 %, ojikoiden 10 %, muuttumien 54 % ja turvekankaiden 14 % (taulukko 1). Soista 39 % on korpia ja 61 % rämeitä. Metsien 7. inventoinnin perusteella suometsiä on suhteellisesti eniten Pohjanmaalla ja Kainuussa, joiden metsistä luonnontilaiset ja ojitetut suot muodostavat keskimäärin kolmanneksen (kuva 1).

Soiden metsänhoidollinen tila on Etelä-Suomessa vähintään tyydyttävä 69 prosentilla kor-

Taulukko 1. Metsämaan soiden jakaantuminen ojitustilanteen mukaan (Paavilainen & Tiihonen 1988).
Table 1. Drainage conditions in peatland forests (Paavilainen & Tiihonen 1988).

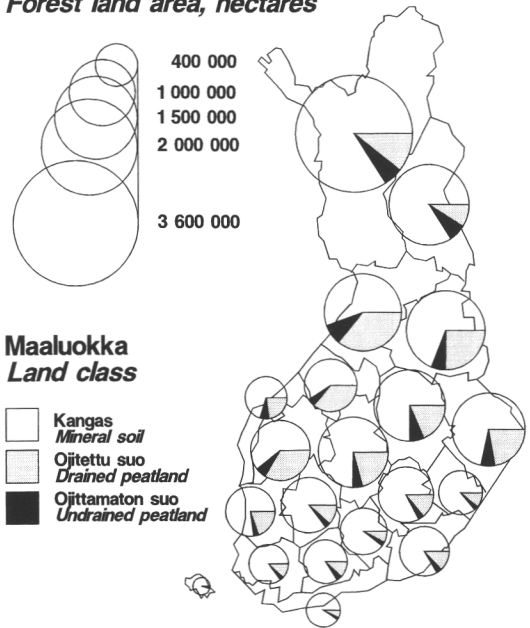
Ojitustilanne <i>Drainage condition</i>	Korvet <i>Spruce mires</i>		Rämeet <i>Pine mires</i>		Yhteensä <i>Total</i>	
	1000 ha	%	1000 ha	%	1000 ha	%
Luonnontilainen suo <i>Virgin peatland</i>	532	28	519	18	1051	22
Ojikko <i>Newly ditched peatland¹</i>	127	7	324	11	451	10
Muuttuma <i>Transforming peatland²</i>	726	39	1854	64	2580	54
Turvekangas <i>Transformed peatland³</i>	479	26	201	7	680	14
Yhteensä Total	1864	100	2898	100	4762	100

¹ Trees and ground vegetation show no response to drainage

² Effect of drainage perceptible in the growing stock

³ Tree growth and ground vegetation resembles that on mineral soils

Metsämaan ala, ha Forest land area, hectares



Kuva 1. Metsämaan jakautuminen maaluokkiin metsälautakunnittain.

Figure 1. Land classes on forest land by forestry board districts.

pien ja 87 prosentilla rämeiden metsämaan pinta-alasta. Vastaavat luvut Pohjois-Suomessa ovat 51 ja 79 %. Rämepuustojen metsänhoidollinen tila on parempi, mutta korpipuustojen jonkin verran huonompi kuin kangasmailla keskimäärin. Kangasmaihin verrattuna suometsissä on suhteellisesti enemmän varttuneita taimikoita ja nuoria kasvatusmetsiä, mutta vastaavasti vähemmän nuoria taimikoita, varttuneita kasvatusmetsiä ja uudistuskypsiä metsiä. Kehitysluokittaiset puuston keskitilavuudet ovat soiden kasvatus- ja uudistuskypsissä metsissä noin 20 % alhaisemmat kuin metsämaalla keskimäärin. Suometsien osuus kaikkien metsien (metsä- ja kitumaa) puuston kokonaistilavuudesta on 18 % ja kokonaiskasvusta 22 % (Paavilainen & Tiihonen 1988).

Yksityisten hallinnassa on 63 % maamme metsämaasta. Yksityismetsissä metsämaaksi luokiteltuja soita on 2,3 milj. ha eli 17 % yksityismetsien metsämaan alasta (Eeronheimo 1985).

Metsähallituksen hallinnassa on 8,3 milj. ha maata, josta metsätalouskäytössä olevaa metsä-

maata on 3,2 milj. ha eli 16 % maamme metsämaan kokonaisalasta. Tästä määrästä turvemaat muodostaa vajaan kolmanneksen (0,9 milj. ha). Suometsien osuus metsämaasta on Perä-Pohjolan piirikuntakonttorin alueella 11 % (187 000 ha), Pohjanmaalla 46 % (405 000 ha) ja Etelä-Suomessa 53 % (284 000 ha) (Metsähallituksen... 1984).

Suometsien merkitys Suomen puuhuollossa on jatkuvasti lisääntymässä. Ojituksen tuottama lisäkasvu on huomattava: Heikuraisen (1961) ennakkolaskelmien mukaan turvemaiden vuotuiset hakkuumahdollisuudet olisivat ilman ojitusta noin 5 milj. m³, mutta ojituksen ansiosta 1980-luvulla 7 milj. m³/a ja vuosituhannen vaihteessa jo 14 milj. m³/a. Paavilainen & Tiihonen (1988) arvioivat, että metsänparannustoimenpiteiden ja tehostuneen metsänhoidon vaikutus suopuuston kasvuun oli 1980 luvun alussa vähintään 7 milj. m³ vuodessa. Keskeiseksi käytännön ongelmaksi on muodostunut kunnostusojitusten ja ensiharvennusten suorittaminen ajallaan (Päivänen 1990a).

2. Metsänhoidolliset käsittelyperiaatteet

Uudisojitettaviksi kelvollisia soita arvioitiin 1980-luvulla olleen vielä 1,5 milj. ha (Kuusela & Salminen 1983, Kuusela ym. 1986, Keltikangas ym. 1986). Vanhojen ojitusalueiden kunnostus on vasta alkamassa. Täydennysojituksen ja ojien perkauksen tarve on 0,9 milj. ha (Kuusela ym. 1986). Keltikankaan ym. (1986) mukaan perkauksen tarpeessa oli 1980-luvulle tultaessa noin 20 % ojista. Kohteiden metsänkasvatuskelpoisuutta tarkastellaan kuitenkin suunnitteluvaiheessa uudelleen, jolloin perkauksesta tulee luopua, mikäli toimenpide ei ole taloudellinen. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden nykyisten arviointikriteerien (Ohjekirje soiden... 1987) perusteella Keltikangas on Päiväsen (1990a) mukaan laskenut, että kannattamattomien ojitusinvestointien osuus on 15 % ojitetusta suoalasta. Vuonna 1988 metsäojia perattiin 10 700 km (Metsätalustollinen... 1990).

Suometsien uudistamisessa ei puiden biologista ikää voida pitää ensisijaisena uudistamiskriteerinä. Suometsien uudistuskypsyyttä harkittaessa onkin otettava korostetusti huomioon metsikön kasvu (Metsänhoitosuosituksen 1989). Äskettäin ojitettujen tai lähiaikoina ojituksen koh-

teeksi joutuvien soiden puuston kasvattaminen on yleensä edullisempaa kuin metsän uudistaminen. Kasvatuskelpoisuuden perusedellytykset ovat kuitenkin oikea puolaji, elpymiskyky ja riittävä tiheys (Ohjekirje soiden... 1987).

Suometsät on totuttu uudistamaan luontaisesti. Taimettuminen vaikeutuu kuitenkin ojituksesta kuluvan ajan myötä erityisesti varputurvekankaiksi kehittyvillä soilla. Rämellä luontainen taimiaines vapautetaan useimmiten ylispuuhakkuuin. Kaistalahakkuut tulevat kysymykseen kapeilla korpijuoteilla. Muut suometsät uudistetaan siemen- ja suojuospuiden avulla. Luontaisen uudistamisen edellytyksiä voidaan parantaa maanpinnan käsittelyllä, mutta turvemaille soveltuvia mätästystä kevyempiä menetelmiä ei ole toistaiseksi kehitetty. Mikäli edellytyksiä luontaiselle uudistamiselle ei ole, on turvauttava viljelyyn.

Turvemaiden uudistusalojen hoitoon tulisi kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Eteläisimmässä Suomessa 83 %:lla korprien ja 56 %:lla rämeiden uudistusaloista tulisi tehdä taimikon perkaus (Peltonen 1986). Taimikonhoitotöiden laiminlyönti johtaa korkeisiin kustannuksiin har-

vennushakkuissa ja saattaa estää hakkuukoneiden käytön. Siten se vähentää halukkuutta puunkorjuuseen. Tämä vaarantaa koko ojitusinvestoinnin kannattavuuden.

Kasvatshakkuissa noudatetaan kivennäismaiden harvennuskoneilla rinnastamalla kangas- ja turvemaiden kasvupaikat niiden ravinteisuuden perusteella. Puusto on ojituksen jälkeen kuitenkin usein niin aukkoisen, että hakkuun jälkeinen puusto voi jäädä 10...15 % harvennuskoneiden tasoa alemmaksi (Metsänhoitosuositukset 1989). Runkolukuun perustuvat harvennuskoneet soveltuvat pohjapinta-alaan perustuvia malleja paremmin epätasaisiin suomeisiin. Puuston epätasaisuuden vuoksi metsänhoidollinen hakkuun tarve on usein suurempi kuin pohjapinta-alaan ja korjuuteknisiin näkökohtiin perustuva tarkastelu (Keltikangas ym. 1986).

Puuston kasvua voidaan parantaa lannoituksella. Turvemaidella on karuimpia kasvupaikkoja

lukuun ottamatta riittävästi typpeä, mutta erityisesti kaliumista ja fosforista on usein puutetta. Turvemaita suositellaan lannoitettaviksi vasta 5...10 vuoden kuluttua ojituksesta. Ravinneanalyysi on tarpeen toistuvissa lannoituksissa sekä männyn versosurman vaivaamilla alueilla. Kalifosforilannoitteet tulisi levittää lumettomana aikana (Metsänhoitosuositukset 1989). Vuonna 1988 turvemaita lannoitettiin noin 20 000 ha, joka vastaa neljänestä koko metsänlannoitus-alueesta. Turvemaidella peruslannoituksen osuus oli 46 ja kasvatuslannoituksen 54 % (Metsätaloustieteellinen... 1990).

Ojittamattomat puustoiset suot ovat Päiväsen (1990a) mukaan ainoita kasvupaikkoja, joilla jatkuvan kasvatuksen ekologiset edellytykset ovat olemassa. Käytännössä puunkorjuu näillä alueilla on yleensä kasvunsa päättäneiden yksilöiden varovaista poimintaa.

3. Hakkuumahdollisuudet

31. Valtakunnan metsien inventointitulokset

Paavilaisen & Tiihosen (1988) esittämien lukujen perusteella voidaan laskea, että hakkuun tarve suometsien metsämaalla on noin 157 000 ha vuodessa. Ensiharvennusten osuus pinta-ala-alueesta on arviolta 40, muiden harvennusten 25, avohakkuiden ja ylispuiden poiston 30 ja muiden hakkuutapojen 5 %. Avohakkuista puolet on uudistuskypsiä ja puolet vajaatuottoisten metsien hakkuita. Paavilainen & Tiihonen (1988) arvioivat, että hakkuumahdollisuudet ovat 7,0...8,5 milj. m³/a. Vuosituhannen vaihteessa harvennushakkuiden kokonaismäärän turve- ja kivennäismailla yhteensä arvioidaan olevan 280 000 ha vuodessa, josta ojitusalueiden osuus tulee olemaan 30 % (Lilleberg 1985).

32. Yksityismetsät

Yksityismetsien aluesuunnitelmien perusteella (Eeronheimo 1985) yksityismetsien metsämaaksi luokitelluilla soilla tulisi hakkuita suorittaa vuosittain noin 90 000 hehtaarin alalla, mikä on viidennes yksityismetsien hakkuiden ehdotetusta kokonaismäärästä. Vastaava hakkuukertymä olisi 3 milj. m³ eli 7 % yksityismetsien hakkuumäärästä.

Useimmissa metsälautakunnissa yksityismetsien hakkuusuunnite soilla koostuu valtaosaltaan harvennuksista (kuva 2). Lapissa ja Koillis-Suomessa yli puolet soitten hakkuumäärästä saadaan kuitenkin lähivuotina ylispuiden poistosta. Avohakkuilla on puolestaan suuri merkitys Pohjois-Karjalassa sekä Etelä- ja Itä-Savossa. Muihin hakkuisiin kuuluvat väljennys-, siemenpuu-, suojuspuu-, verhopuu-, kaistale- ja erikoishakkuu.

Taulukosta 2 nähdään yksityismetsien vuotuiset hakkuuehdotukset soilla koko valtakunnan tasolla. Harvennushakkuiden osuus käsiteltävästä pinta-ala-alueesta on 44 %. Hakkuukertymä on kuitenkin vain 30 m³/ha, joten harvennusten osuus puumäärästä on 37 %.

Avohakkuissa puuta saadaan kangasmaihin verrattuna vähän pinta-ala-yksikköä kohden. Kuu-sivaltaisilla turvemaidella keskimääräinen hakkuusuunnite alueellisten suunnitelmien pohjalta laskettuna on 92 m³/ha ja mäntyvaltaisilla 67 m³/ha. Vastaava luku yksityismetsien kangasmailla on 133 m³/ha.

Eeronheimo (1985) on tarkastellut myös yksityismetsien hakkuuehdotusten mukaisten puumäärien jakaantumista puutavaralajeihin (kuva 3). Järeän puutavaran osuus on yksityismetsien suometsissä vain 18 %, kun se yksityismetsien kivennäismailla on 47 %. Tukkeja saadaan suh-

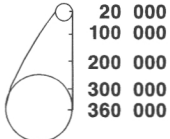
Taulukko 2. Suometsien vuotuiset hakkuumahdollisuudet yksityismetsissä.
 Table 2. Annual allowable cut in private peatland forests.

Turvemaaluokka Peatland class	Harvennus Thinning		Avohakkuu Clear-felling		Ylispuiden poisto Cutting of holdovers		Muut hakkuut Other cutting		Kaikki hakkuut All cutting						
	Pinta-ala Area	Hakkuut Kertymä Allowable cut	Pinta-ala Area	Hakkuut Kertymä Allowable cut	Pinta-ala Area	Hakkuut Kertymä Allowable cut	Pinta-ala Area	Hakkuut Kertymä Allowable cut	Pinta-ala Area	Hakkuut Kertymä Allowable cut					
	ha	1000 m ³ /ha	ha	1000 m ³ /ha	ha	1000 m ³ /ha	ha	1000 m ³ /ha	ha	1000 m ³ /ha					
Korvet – Spruce mires															
luonnontilaiset natural	2 828	83	30	2 294	182	79	3 226	98	30	1 403	66	47	9 751	429	44
ojikot newly ditched	7 260	219	30	2 654	222	84	2 373	83	35	1 688	79	47	13 975	603	43
muuttumat ja turvekankaat	7 529	250	33	1 778	218	122	1 444	73	51	1 822	83	46	12 573	624	50
<i>transforming and transformed</i>															
Yhteensä – Subtotal	17 617	552	31	6 726	622	92	7 043	254	36	4 913	228	46	36 299	1 656	46
Rämeet – Pine mires															
luonnontilaiset natural	1 785	41	23	451	23	51	13 361	228	17	1 154	40	35	16 751	332	20
ojikot newly ditched	7 732	188	24	681	38	56	9 219	171	19	1 421	50	35	19 053	447	23
muuttumat ja turvekankaat	11 783	329	28	697	61	88	2 499	62	25	2 183	88	40	17 162	540	31
<i>transforming and transformed</i>															
Yhteensä – Subtotal	21 300	558	26	1 829	122	65	25 079	461	18	4 758	178	37	52 966	1 319	25
Kaikkiaan Total	38 917	1 110	29	8 555	744	87	32 122	715	22	9 671	406	42	89 265	2 975	33

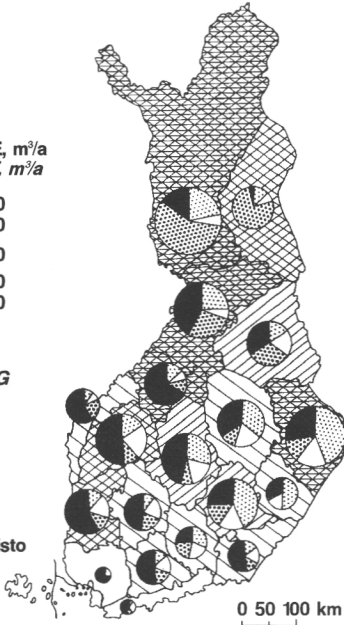
**TURVEMAIDEN OSUUS YKSITYISMETSIEN
HAKKUUSUUNNITTEESTA**
**PROPORTION OF PEATLANDS OF
ALLOWABLE CUT IN PRIVATE FORESTS**



HAKKUUSUUNNITE, m³/a
ALLOWABLE CUT, m³/a



HAKKUUTAPA
TYPE OF CUTTING



Kuva 2. Suometsien hakkuusuunnite ja -tavat yksityismetsissä.

Figure 2. Allowable cut and harvesting methods in privately owned peatland forests.

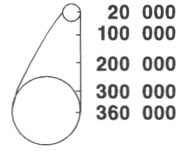
teellisesti eniten Itä-Hämeestä, Savosta ja Pohjois-Karjalasta.

Mäntykuitupuuta on hakkuusuunnitteesta alueellisten suunnitelmien mukaan 27 %. Helsingin, Lounais-Suomen, Etelä-Karjalan, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan, Keski-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin metsälautakuntien alueella yli kolmannes hakkuuehdotuksista on mäntykuitupuuta.

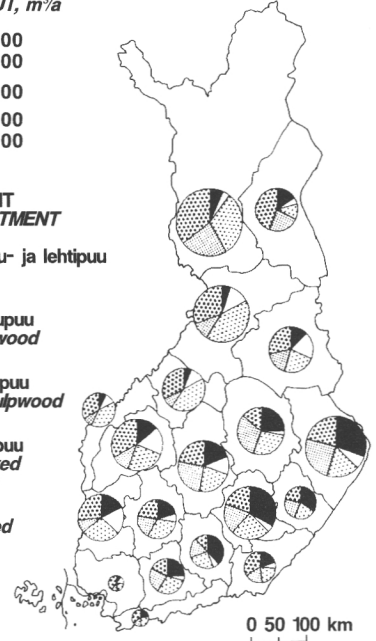
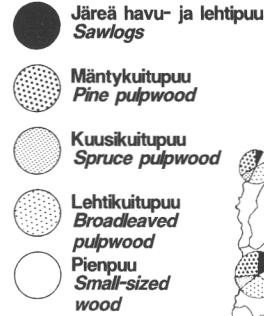
Kuusikuitupuun osuus puolestaan on noin 20 %. Pohjois-Karjalassa, Pohjois-Savossa ja Keski-Suomessa osuus on keskimääräistä suurempi.

Lehtikuitupuuta saadaan aluesuunnitelmien mukaan 27 % suometsien hakkuumäärästä. Lehtikuituvaltaisimpina metsälautakuntina erottuvat Vaasa sekä Keski- ja Pohjois-Pohjanmaa. Muun puun, joka on pääasiassa alamittaista pienpuuta, osuus on turvemailla 9 % eli kolminkertainen kangasmaihin verrattuna.

HAKKUUSUUNNITE, m³/a
ALLOWABLE CUT, m³/a



PUUTAVARALAJIT
TIMBER ASSORTMENT



Kuva 3. Suometsien hakkuusuunnitteen puutavaralajijakauma yksityismetsissä.

Figure 3. Timber assortments in privately owned peatland forests.

33. Metsähallituksen metsät

Metsähallituksen metsissä arvioidaan turvemaiden keskimääräisten hakkuumahdollisuuksien olevan 963 000 m³/a suunnittelukaudella 1983–2002. Tämä vastaa yli 20 prosentin osuutta metsähallituksen vuoden 1989 hakkuumäärästä. Hakkuuala olisi tällöin 19 000 ha vuodessa eli vajaa kolmannes hakkuualan kokonaismäärästä (Metsähallituksen... 1984).

Metsähallituksen suometsien vuotuisista hakkuumääristä saadaan puolet kasvatushakkuista ja noin kolmannes uudistushakkuista (taulukko 3). Kasvatushakkuiden puumääristä ensiharvennusten osuus olisi Perä-Pohjolassa 10, Pohjanmaalla 60 ja Etelä-Suomessa 52 %. Uudistushakkuiden pinta-alasta siemen- ja suojuspuuhakkuun osuus on 15 ja avohakkuun 85 %. Avohakatuista alueista puolet uudistetaan vaihtuvaa taimiainesta ja reunametsän siemennystä hyväksi käyttäen — eli kyseessä on itse asiassa ylispuiden poisto — ja puolet viljellään. Uudistushakkuiden painopiste on ojittamattomien soiden puolella. Myös kitumaille hakkuut tähtäävät pääsääntöisesti uudistamiseen.

Taulukko 3. Suomensien vuotuiset hakkuumahdollisuudet metsähallituksen metsissä.
 Table 3. Annual allowable cut in peatland forests of National Board of Forestry.

Piirikunta Region	Kasvatushakkuu Thinning			Uudistushakkuu Regeneration cutting			Kitumaan hakkuu Cutting on scrub land			Yhteensä Total		
	Pinta-ala Area	Hakkuut Allowable cut	Kertymä m ³ /ha	Pinta-ala Area	Hakkuut Allowable cut	Kertymä m ³ /ha	Pinta-ala Area	Hakkuut Allowable cut	Kertymä m ³ /ha	Pinta-ala Area	Hakkuut Allowable cut	Kertymä m ³ /ha
	ha	1000 m ³	m ³ /ha	ha	1000 m ³	m ³ /ha	ha	1000 m ³	m ³ /ha	ha	1000 m ³	m ³ /ha
Perä-Pohjola North Finland	1 590	63	40	1 020	83	81	1 370	67	49	3 980	213	54
Pohjanmaa Ostrobothnia	2 660	151	57	823	137	165	3 560	76	21	7 043	364	52
Etelä-Suomi South Finland	6 907	270	39	482	87	180	603	29	48	7 992	386	48
Yhteensä Total	11 157	484	43	2 325	307	132	5 533	172	31	19 015	963	51

4. Puunkorjuun erityispiirteet

Korjuuolot luonnontilaisilla ja ojitetuilla soilla ovat useimmiten epäedulliset (Pohjola 1983, Backlund ym. 1984 ja Niskanen 1985). *Maanpinnan huono kantavuus* sulan aikaan vaikeuttaa hakkuuta ja saattaa estää lähikuljetuksen vakiokalustolla. Siten työt on keskitettävä talvikuukausille, ja silloinkin toiminnan edellytyksenä on lumi- ja routaolojen normaali kehittyminen. Huono kantavuus saattaa vaikeuttaa lähikuljetusta myös talvella. Toisaalta liikkuminen kantavaksi jäätyneellä tasaisella ja kivettömällä suolla on helppoa.

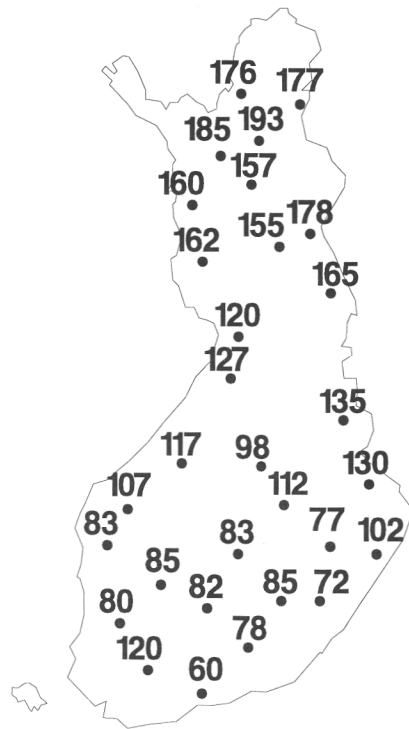
Puunkorjuun ammattilaisten mukaan metsätraktorilla tapahtuvalle lähikuljetukselle on edellytyksenä vähintään 20 cm:n paksuinen routa lumettomassa maassa tai yli 40 cm:n lumipeite, jos routaa ei ole (Eeronheimo 1986). Kuvassa 4 on esitetty laskennallisia metsätraktorin käyttökauden pituuksia ilmatieteen laitoksen suolla sijaitsevien routa- ja lumimittauskoelajien perusteella. Kuvassa esitetty käyttökauden pituus on sellaisten vuorokausien lukumäärä, jotka täytävät ehdot 1 ja 2.

$$(1) r + l/2 > 20$$

$$(2) p < 5$$

joissa r = roudan syvyys, cm
 l = lumipeitteen paksuus, cm ja
 p = sulaneen pintamaan paksuus, cm

Ojitetuilla soilla routakerros on pintaturpeen alhaisen vesipitoisuuden vuoksi paksumpi, mutta



Kuva 4. Routa- ja lumimittauksiin perustuvat normaali-varusteisen metsätraktorin laskennalliset käyttökauden pituudet (vrk/a) suometsissä.

Figure 4. Theoretical length of transporting season (days) for medium-sized forwarders in peatland forests based on snow and frost depth measurements.

lujuusominaisuuksiltaan huonompi kuin luonnontilaisilla soilla. Hannelius (1975) on ehdottanut pohjaveden pinnan keinotekoista nostamista syksyllä routaantuvan pintaturpeen kantavuuden lisäämiseksi.

Maaston *kulkukelpoisuuden arviointi* tapahtuu käytännössä silmävaraisesti korjuutyönjohtajan ja koneenkuljettajan kokemukseen perustuen. Tehtävä on vaikea, sillä kantavuus saattaa vaihdella yksittäisellä työmaallakin erittäin paljon. Muutamat huonosti kantavat kohdat hidastavat työtä ja saattavat estää lähikuljetuksen muuten kantavaksi arvioidulla työmaalla. Saari lahden (1981) mukaan pienialaiset silmäkkeet olivat syynä kolmasosaan suometsien puunkorjuussa tapahtuneista kiinnijuttumisista.

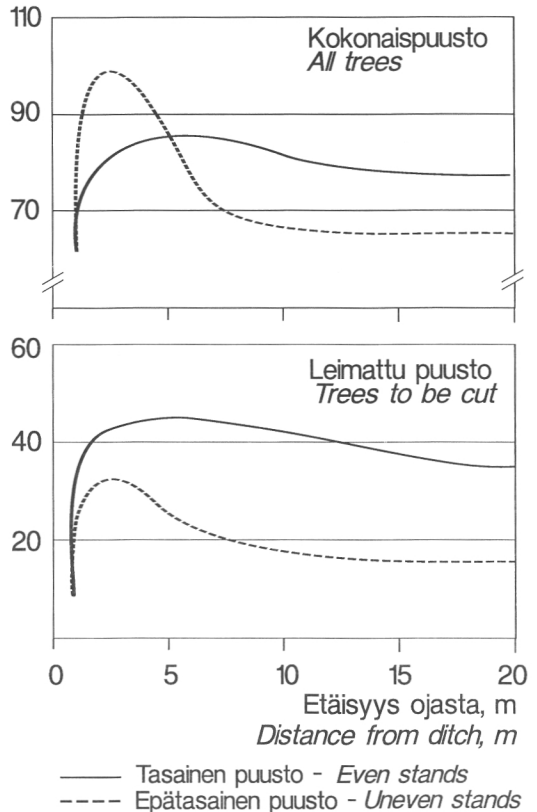
Ojaverkosto on yleensä epäsäännöllinen ja vaikeuttaa sekä korjuun suunnittelua, hakkuuta että lähikuljetusta. Vain suurilla yhtenäisillä ojitusalueilla ojaverkosto on säännöllinen, jolloin hakkuupalstojen ja suorien ajourien suunnittelu helpottuu. Näissä kohteissa on vanhimpia ojitusalueita lukuun ottamatta yleensä käytetty noin 40 metrin sarkaleveyttä, joka on metsätraktorilla tapahtuvan puunkorjuun kannalta hankala. Vanhoilla ojitusalueilla puunkorjuun tarpeita ei ole otettu ojitusvaiheessa huomioon, joten ojien ylityksiä on runsaasti.

Puunkorjuun kannalta epäkäytännöllisimpiä sarkaleveyksiä ovat 35, 40 ja 55 m (Ojitusalueiden... 1989). Uudisojituksissa paras sarkaleveys metsätraktorilla suoritettavan lähikuljetuksen kannalta olisi 50 m kaltevilla ja viljavilla soilla sekä 30 m karuilla rämeillä (Niskanen 1985). Vaihtoehto ojien perkaukselle ja täydennysojitukselle eräissä kohteissa saattaisi olla em. ohjearvoja noudattava uudelleenojitus, joka kustannuksiltaan ei välttämättä muodostuisi kalliimmaksi. Perkauskustannukset ovat 70...80 % uuden ojan kaivuukustannuksista, ja siirryttäessä sarkaleveydessä esimerkiksi 40 metristä 50 metriin kaivuutarve vähenee 20 %. Ojien suunnauksessa tulee kuivatuksen lisäksi ottaa huomioon myös puiden kuljetussuunta.

Kulkyhteyksien parantamiseksi voidaan ojituksen yhteydessä rakentaa *piennartasanteita* ja *rumpuja*. Ojituksen yhteydessä myös nämä työt voidaan rahoittaa metsänparannusvaroin. Piennartasanteita rakennetaan tärkeimpien kokoojaurien paikalle ja rumpuja esim. valtaojiin sekä talviautotien poikki kaivettaviin ojiin. Koneiden liikkumista voidaan lisäksi helpottaa ojitusvaiheessa jättämällä 10...20 m:n levyisiä *kanaksia* vedenjakopaikoille sekä sarka- ja niska-ojien väliin ja kaivamalla ojanylityskohtiin *luis-*

kia. Ajoluiskat, joiden suositeltu kaltevuus on 1:4...1:5, soveltuvat parhaiten ohutturpeisille ja kovapohjaisille soille (Ojitusalueiden... 1989). Niistä on myös hyötyä paksaturpeisilla soilla käytettäessä lähikuljetukseen maataloustraktoreita tai muuta kevyttä kalustoa. Korjuun yhteydessä liikkumista voidaan helpottaa ja ojille aiheutuvia vaurioita lieventää rakentamalla keveitä siltoja tai täyttämällä oja ylityskohdassa kuljetuksen ajaksi puutavaralla. Pölkky tulisi sijoittaa ojaan ennen ensimmäistä ylityskertaa, sillä jo alkanutta ojan reunan murtumista on vaikeaa pysäyttää. Jokainen pölkky tulee luonnollisesti poistaa ojasta viimeisen ojanylityksen yhteydessä. Hakkuutähteitä ei saa käyttää täytemateriaalina, sillä niiden poistaminen on työlästä. Ojat on pidettävä vapaina hakkuutähteistä myös

Tiheys - Density
m³/ha



Kuva 5. Puuston tilavuuden riippuvuus etäisyydestä ojaan (Pohjola 1983).

Figure 5. Dependence of wood volume on distance from ditch (Pohjola 1983).

hakkuuvaiheessa. Tästä työstä on metsä- ja uitoalan työehtosopimuksen (1990) mukaan suoritettava korvaus hakkuumiehelle.

Hakkuukertymä jää suometsissä alhaiseksi. Alueellisten suunnitelmien hakkuuehdotusten mukaan kertymä olisi harvennuksissa 29, avohakkuissa 87 ja ylispuiden poistossa 22 m³/ha (Eeronheimo 1985). Merkille pantavaa on myös pienpuuston suuri osuus: rinnankorkeusläpimitaltaan alle 15 cm:n paksuisten puiden osuus suometsien puuston kokonaistilavuudesta on Etelä-Suomessa 42 ja Pohjois-Suomessa 56 %, kun vastaavat luvut metsämaalla keskimäärin ovat 23 ja 31 % (Paavilainen & Tiihonen 1988). Korjuuta vaikeuttaa lisäksi se, että puusto on usein epätasaisesti jakautunut. Viiden metrin vyöhykkeellä ojan keskiviivasta kertymä pinta-alayksikköä kohden saattaa olla jopa kaksinkertainen saran keskiosiin verrattuna (kuva 5, Pohjola 1983).

Puiden juuristo on ojitetuillakin soilla erittäin pinnallinen. Esimerkiksi isovarpuisella rämeellä 71 % juurista on 0...5 ja 93 % juurista 0...10 cm:n syvyydessä (Heikurainen 1955). Juuriston vaurioitumisriskiä lisää se, että hakkuutähteitä ei alhaisen kertymän vuoksi riittävästi kasaannu ajouralle varsinkaan miestyönä tehtävissä harvennuksissa.

Ajouran vieressä kasvavat puut kallistuvat uraa kohti, mikä aiheuttaa reunapuihin lenkoutta ja saattaa johtaa niiden kaatumiseen. Pahimpiin tuhoihin johtaa maan painuminen, maanpinnan rikkoutuminen ja juuriston vaurioituminen liian raskaan lähikuljetuskaluston käytön seurauksena. Reunapuiden latvuston toispuoleinen kehittyminen, pinnallinen juuristo ja turpeen heikot lujuusominaisuudet kasvualustana lisäävät tuhoriskiä ja saattavat johtaa vaurioihin varovaisinkin maastokuljetuksen jälkeen.

5. Kantavuuteen liittyvät suon ominaisuudet

Seuraavassa käsitellään joitakin kantavuuden arvioinnissa keskeisiä suon ominaisuuksia sekä menetelmiä niiden määrittämiseksi. Luku pohjautuu pääosin aihepiiriä käsitelleen yhteis-pohjoismaisen tutkimusprojektin loppuraporttiin (Rummukainen 1984).

Pintakasvillisuuden perusteella voidaan silmämääräisesti arvioida suon kantavuutta. Rahkaturvekerros kantaa huonommin kuin saraturve, jossa juuristo on voimakkaasti kehittynyt.

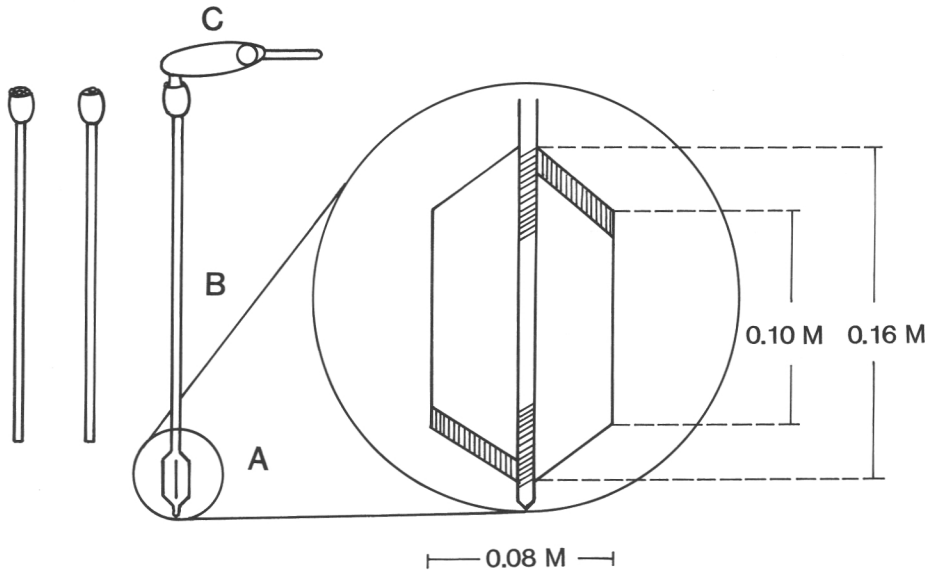
Metsäautoteiden rakentamiskustannukset ovat soilla korkeammat ja kuljetettavat puumäärät pienemmät kuin kivennäismailla. Näiden tekijöiden vuoksi suometsissä on teitä suhteellisesti vähemmän kuin kivennäismailla. Kantavuusongelmien vuoksi puuta ei myöskään aina voida kuljettaa lyhintä reittiä välivarastolle. Siten *lähikuljetusmatkat muodostuvat verraten pitkiksi.*

Hakkuilla on selvä vaikutus kasvupaikan vesitalouteen (Päivänen 1982). Hakkuiden vaikutuksesta maahan pääsevä osa sadannasta kasvaa, ja lumipeitteen paksuus sekä vesiarvo lisääntyvät suhteessa hakkuun voimakkuuteen. Paksu lumipeite puolestaan vähentää routaantumista. Hakatuilla alueilla lumen sulaminen käynnistyy aikaisemmin ja etenee nopeammin kuin hakkaamattomilla vertailualueilla. Ojitetuilla soilla lievätkin harvennuksset aiheuttavat selvän pohjavesipinnan nousun. Jotta soistumisprosessi ei käynnistyisi uudelleen, on ojan perkauksesta, täydennys- tai uudelleenojituksesta huolehdittava erityisesti voimaperäisten hakkuiden yhteydessä. Hakkuut lisäävät myös vuosivaluntaa (Seuna 1988) ja nostavat valumavesien lämpötilaa, väriarvoa, orgaanisen aineen määrää sekä typpi- ja fosforipitoisuutta (Ahtiainen 1990).

Puunkorjuu vaurioittaa jonkin verran ojastoa ja harvennushakkuissa kasvamaan jätettävää puustoa. Kajaani Oy:n omien ojitusaluiden harvennushakkuualueita inventoitaessa saatiin korjuussa vaurioituneiden puiden osuudeksi keskimäärin 0,9 %. Ajourien reunapuista kolmen metrin vyöhykkeellä oli vaurioitunut 3,4 %. Raitteen syvyys oli yli 10 cm 15 %:lla ja yli 20 cm 4 %:lla ajourien pituudesta. Perkausten tarpeessa oli 26 % ojista. Viidesosaan perkaustarpeesta olivat syinä ojissa olevat hakkuutähteet ja rannkasillat sekä ojan sortuminen koneen alla (Rantonen & Päivänen 1989).

Myös puiden ja varpujen juuristo parantaa kantavuutta. Huikarin ym. (1964) mukaan suurimmat mahdolliset pintapaineet sulan maan aikaan ovat rämeillä ja korvissa 30...40 kPa lukuunottamatta rimpisiä, rahkaisia, lettoisia ja lehtoisia suotyyppisiä, joilla pintapaine saisi olla vain 5...20 kPa.

Pintavetisyttä käytetään kantavuuden arvioinnissa. Lappalainen ym. (1984) jakoivat suot viiteen pintavetisyysluokkaan: kuiva, normaali,



Kuva 6. Kevyt suosiipikaira: siivet (A), varret (B) ja vääntömomenttimittari (C) (Rummukainen 1984).

Figure 6. Light vane shear apparatus consisting of vane shear (A), bars (B) and torque meter (C) (Rummukainen 1984).

vetinen, hyllyvä ja rimpinen. Luokitus perustui silmämääräiseen havainnointiin siitä, minkä veran jalkamiehen kumisaapas kastuu. Menetelmä ovat käyttäneet myös Saarilahti (1982) ja Rummukainen (1985).

Turpeen leikkauslujuudella tarkoitetaan turpeen kykyä vastustaa sisäistä liukumista. Leikkauslujuutta voidaan mitata monilla tavoilla. Siipikairaa (kuva 6) käytetään yleisesti leikkauslujuuden määrittämisessä sulan maan aikaan. Kairan siipiosa työnnetään halutulle syvyydelle turpeeseen ja kairaa käännettäessä vääntömomenttimittari rekisteröi huippuarvon (kN/m^2). Leikkauslujuus mitataan kulkukelpoisuuden määrittämiseksi yleensä suhteellisen läheltä suon pintaa. Esimerkiksi Saarilahti (1982) määrittäi keskimääräisiä minimileikkauslujuuksia erilaisilla soilla 0,25...1,0 metrin syvyydestä. Saarilahden (1978) mukaan nevojen keskimääräinen leikkauslujuus on 12...20 kN/m^2 ja rämeiden sekä korprien 15...22 kN/m^2 .

Leikkauslujuus voidaan myös arvioida määrittämällä kosteussondin avulla turpeen tiheys ja kosteus (Rummukainen 1985). Terästangon päässä oleva rakoantenni työnnetään turpeeseen, ja eri syvyyksiltä mitataan turpeen resonanssitaajuus sekä heijastusvaimennus. Mittaukset tehdään sulan maan aikaan.

Turpeen *tunkeutumisvastus* on leikkauslujuu-

den tapaan riippuvainen etenkin vesipitoisuudesta ja mittaussyvyydestä. Tunkeutumisvastusta mitataan CI-arvolla (Cone Index), joka ilmaistaan nauloina neliötuumaa kohti (1 lb/sq. in. = 6,89 kPa). Tunkeutumisvastuksen mittauslaitetta kutsutaan penetrometriksi. Siinä on kartionmuotoinen, jousikuormitettu kärki. Ruotsalaisien tutkimusten mukaan luonnontilaisten soiden CI-arvot sulan maan aikana ovat suuruusluokkaa 23...57 (Scholander 1976).

Levykuormituskokeessa pyöreää teräslevyä painetaan maanpintaa vasten ja rekisteröidään kuormitus sekä sitä vastaava painuma. Menetelmä käytetään yleisesti teiden kantavuuden mittaamiseen, mutta sitä on kokeiltu myös kivennäismaiden ja soiden kantavuuden arvioinnissa (Parviainen 1989). Luotettavia tuloksia saadaan verrattain yksinkertaisin laittein ja koejärjestelyin sekä kesä- että talvisaikana, mutta varsinkin talvella mittaus on hidasta ja työlästä sekä vaatii suhteellisen raskasta kalustoa. Nykyisellään menetelmä soveltuu siten huonosti kantavuuden arviointiin käytännön puunkorjuussa.

Bevamenetelmässä (mm. Bekker 1969 ja Wong 1989) tehdään levykuormituskoesarjan lisäksi leikkauslujuusmittauksia eri pintapaineita vastaavilla kuormitustasoilla. Näin voidaan simuloida maastoajoneuvon alustaan kohdistamia kuormituksia.

Yhtäjaksoista tietoa suon kantavuudesta voidaan kerätä *maaperätutkalla* ja radiometrillä (Saarilahti 1982). SIR-lyhytpulssitutkalla maaperään lähetetään radioaaltoja lyhyinä pulsseina ja maaperästä takaisin tulevia heijastuksia seurataan vastaanottimella. Maaperätutka soveltuu turpeen paksuuden ja turvekerrosten homogeenisuuden selvittämiseen (Rummukainen 1982 ja 1984).

Radiometrimenetelmissä ei radioaaltoäähettä ole, vaan maan termistä radiosäteilyä mitataan pelkän vastaanottimen avulla. Saarilahden (1982) mukaan helikopteriin asennetun vastaanottimen avulla voidaan selvittää suon parhaiten ja heikoiten kantavat alueet (suhteellinen kulkukelpoisuus), mutta absoluuttisen kulkukelpoisuuden määrittämiseksi tarvitaan lisäksi muita menetelmiä.

Radioaaltoimenetelmissä käytettävät laitteet eivät kosteussondia lukuun ottamatta nykyisellään soveltune käytännön puunkorjuun apuvälineiksi pääasiassa niiden käytön hankaluuden vuoksi. Menetelmien etuna on se, että tulosten tulkinta voidaan tehdä myöhemmin sisätiloissa.

Roudan syvyys sekä turpeen kosteus ja maatuoneisuus ovat suon talviaikaisen kulkukelpoisuuden kannalta erittäin tärkeitä. Routaantumisella tarkoitetaan maan kovettumista siinä olevan veden jäätyessä. Roudan muodostumiseen vaikuttavat ratkaisevasti pakkaskauden vuorokauden keskilämpötiloista laskettava pakkassumma ja lumen paksuus (esim. Laiho 1989).

Roudan syvyys mitataan yleensä routapiikillä, jonka työntövuoksen muutokset suohon painettaessa ilmoittavat routakerroksen rajat. Routarauta puolestaan on 15 mm vahvuinen teräväkärkinen terästanko, johon on jyrsky 5 mm leveä ja 6 mm syvä ura. Kun tanko painetaan routakerroksen läpi ja sitä kierretään, leikkautuu uraan näyte, josta voidaan mitata jäätyneen kerroksen paksuus. Roudan syvyys voidaan myös määrittää kairatusta reiästä mittakepillä. Routatutka (Saarilahti 1982 ja Rummukainen 1984) soveltuu lumen ja roudan syvyyden mittaukseseen.

Parviainen (1989) on kokeillut routaantuneen suon kantavuuden määrittämistä kevyellä seisemisellä menetelmällä ja levykuormituskokeen avulla. Teknisten vaikeuksien vuoksi menetelmien käyttökelpoisuudesta ei kuitenkaan saatu selkeää kuvaa.

Roudan syvyys vaihtelee samallakin suolla. Esimerkiksi Parviaisen (1989) tutkimuksessa roudan syvyyden keskihajonta neljällä eri suolla maaliskuussa 1982 oli 2,1...2,9 cm keskiarvojen ollessa 5,6...14,0 cm. Ojituksen vaikutuksesta routaantumiseen on keskenään ristiriitaisia havaintoja (Laiho 1989).

Helppoa ja yksinkertaista menetelmää suon kulkukelpoisuuden määrittämiseksi ei tällä hetkellä ole. Edellä esiteltyjä laitteita ja menetelmiä soveltamalla ja edelleen kehittämällä voidaan kuitenkin saada silmävaraista arviointia tukevia mittaustuloksia suon kantavuudesta.

6. Korjuun toteutus

61. Kalusto ja konekehittäely

611. Hakkuu

Koneellinen hakkuu on tällä hetkellä voimakkaasti yleistymässä harvennushakkuissa. Pienet ja keskikokoiset hakkuukoneet sekä maataloustraktorialustaiset hakkuukoneet soveltuvat teknisesti ensiharvennuksiin (Mäkelä 1989a ja 1989b). Koneellisessa hakkuussa hakkuutähteet saadaan tehokkaasti keskitettyksi ajouralle suojaamaan kasvatettavien puiden juuristoa. Kaikkiaan hakkuukoneita arvioidaan olevan käytössä lähes 1700 kappaletta, joista 80 % on yhtiöharvestereita.

Keskikokoisten hakkuukoneiden leveys on 2,5...2,8 m, ja niiden massa on 9...13 t. Mootto-

ritehoa koneissa on 75...115 kW. Puomin ulottuvuus on 8,5...9,5 m. Koneiden hankintahinnat ovat 1,0...1,6 mmk, käyttötuntikustannukset 340...410 mk/h ja tuottavuustaso 6...20 m³/h. Tyypillisiä konemerkkejä ovat FMG 990, Norcar 600 H, Ponsse HS 15 Ergo ja Valmet 901. Kaikkiaan keskikokoisia hakkuukoneita myytiin noin 160 kappaletta vuonna 1990. Eri alustakoneisiin asennettavia, massaltaan yli 500 kg:n yhtiöhakkuulaitteita myytiin lisäksi noin 110 kappaletta (Säteri 1991). Hakkuulaitteet maksavat 180 000...480 000 mk.

Pienet hakkuukoneet ovat alle 2 metrin levyisiä ja massaltaan 5...8 tonnin koneita, joiden moottoriteho on alle 60 kW ja puomin ulottuvuus 5,5...7,5 m. Yleisimpiä malleja ovat Farmi Trac 5000, Nokka Harvester, Finntrac 4000 GS

ja FMG 0470 Motokärppä. Pieniä hakkuukoneita myytiin Säterin (1991) mukaan 20 kpl vuonna 1990. Koneiden myyntihinnat ovat suuruusluokkaa 700 000...850 000 mk ja käyttötuntikustannukset 300...330 mk/h. Näiden lisäksi pieniä hakkuulaitteita, jotka painavat alle 500 kg ja jotka voidaan asentaa pieniin alustakoneisiin, myytiin noin 40 kpl. Hakkuulaitteiden hinnat ovat 125 000...190 000 mk.

Pienten hakkuukoneiden tuottavuustaso harvennuksissa kivennäismailla on 2,4...5,9 m³/h (Sirén 1990). Kilpailukykyisimmillään pienet hakkuukoneet ovat rungon koon ollessa keskimäärin 50...150 dm³. Useimpien alustakoneiden maastokelpoisuus lienee riittävä myös suometsiin, mutta pienen rungon koon ja alhaisen kertymän vuoksi koneellisen hakkuun kustannukset ovat vielä usein manuaalista hakkuuta korkeammat.

Mäkelä (1990) vertaili pientraktorialustaisia ja keskikokoisia yksioteharvestereita. Pientraktorialustaisten koneiden tuottavuustaso oli parhaimmillaan lähes keskikokoisten tasoa turvemaiden kesäaikaisessa ensiharvennuksessa. Pientractori- ja maataloustraktorialustaiset yksioteharvesterit olivat myös kustannuksiltaan kilpailukykyisiä (taulukko 4). Rinnankorkeusläpimitaltaan yli 17 cm paksujen lehtipuiden käsittely oli keveillä koneilla kuitenkin selvästi

hitaampaa.

Samassa tutkimuksessa todettiin, että pientraktorialustaisia yksioteharvestereita käytettäessä korjuuvaurioiden määrä oli selvästi alhaisempi kuin keskikokoisia koneita käytettäessä. Pienillä koneilla hakatuilla palstoilla kasvamaan jäteystistä puista vaurioitui alle 0,5 %, kun vaurio prosentti keskikokoisilla koneilla oli 1,0...4,4. Kivennäismailla selviä eroja puuston vaurioitumisessa ei menetelmien välillä havaittu (Mäkelä 1989a ja 1989b).

Pieniä hakkuukoneita käytettäessä jäävästä puustosta vaurioitui kivennäismailla Sirénin (1990) mukaan keskimäärin 5 %. Vaurioista 87 % kohdistui runkoon, 8 % juurenniskaan ja 5 % juuristoon. Runkovaurioista 85 % oli pintavaurioita, joissa puuainees ei vahingoittunut. Pienten, alle 100 cm²:n vaurioiden osuus oli yli 90 % runko- ja juurenniskavaurioista.

612. Lähikuljetus

Keskikokoiset metsätraktorit, joiden massa on 10...12 tonnia ja kantavuus samaa luokkaa, ovat nykyään sekä avo- että harvennushakkuihin soveltuvia puunkorjuun yleiskoneita. Metsätraktoreiden leveys on noin 2,5 m ja pituus noin 8,5 m. Markkinoilla on sekä 6- että 8-pyöräisiä ko-

Taulukko 4. Hakkuukoneiden tuottavuustaso ja kustannukset turvemaiden kesäaikaisissa ensiharvennuksissa. Rungon keskikoko 0,093 m³, lehtipuuosuus 54 % (Mäkelä 1990).

Table 4. Productivity and cost of cutting machines in first thinning of peatland forest in summer. Average stem size 0.093 m³, share of broadleaved trees 54 % (Mäkelä 1990).

Hakkuukone <i>Cutting machine</i>	Tuottavuus m ³ /h <i>Productivity</i> m ³ /h	Käyttötuntikustannukset mk/h <i>Operating cost</i> FIM/h	Hakkuukustannukset mk/m ³ <i>Cutting cost</i> FIM/m ³
Keskikokoinen yksioteharvesteri <i>Medium-sized one-grip harvester</i>	12...14	355...370	25...29
Kaivukonealustainen yksioteharvesteri <i>Excavator with one-grip harvester</i>	9,5	285	30
Pientraktorialustainen yksioteharvesteri <i>Tracked minitractor</i> <i>with one-grip harvester</i>	9...11	260...280	23...30
Maataloustraktorialustainen yksioteharvesteri <i>Farm tractor with one-grip harvester</i>	10	250	25

neita. Lähes kaikissa uusissa koneissa kuormaimen ulottuvuus on noin 10 m. Moottorin teho on 70...90 kW. Voimansiirto tapahtuu useimmiten hydrodynaamis-mekaanisesti tai hydrostaattisesti. Koneiden hinnat ovat noin 1 mmk ja käyttötuntikustannukset noin 300 mk/h. Keskkokoisia metsätraktoreita myytiin Säterin (1991) esittämien lukujen pohjalta laskettuna noin 200 kappaletta vuonna 1990. Käytössä olevista metsätraktoreista (alle 6 vuotta vanhat koneet) keskikokoisten osuus on lähes 70 %.

Pienipuustoissa suometsien harvennushakkuissa keskikokoisen metsätraktorin tuottavuustaso noin 300 m ajomatalla on suuruusluokkaa 8 m³/h. Keskkokoisten kuormatraktoreiden pintapaine kuormattuna pyörävarustein on noin 90 kPa ja telavarustein 50 kPa (Rummukainen 1985).

Urakointikäyttöön soveltuvien *pienraktoreiden* massa on 6...9 t ja kantavuus 3...8 t. Niissä on yleensä noin 8 m:n kuormain. Koneiden hinnat ovat 360 000...850 000 mk ja käyttötuntikustannukset 250...280 mk/h. Pienraktoreita myytiin vuonna 1990 noin 80 kappaletta, joista neljäsosa oli tela-alustaisia (Säteri 1991). Vuosina 1985–1990 myydyistä metsätraktoreista pienraktoreiden osuus on lähes 30 %. Pyöräalustaisilla pienraktoreilla pintapaine on samaa suuruusluokkaa kuin keskikokoisilla metsätraktoreilla, tela-alustaisilla koneilla selvästi alhaisempi. Kuormattuna telavarusteisten pienraktoreiden pintapaineet ovat suuruusluokkaa 35 kPa (Rummukainen 1985). Osa pienraktoreista on kumitela-alustaisia nk. telamaastureita.

Mäkelän (1989a ja 1989b) mukaan pienraktoreiden tuottavuustaso ensiharvennuksissa on kivennäismailla noin 60 % keskikokoisten metsätraktoreiden tuottavuustasosta. Ero johtuu pääasiassa alhaisemmasta kuorma- ja purkunopeudesta sekä pienemmästä kuormasta. Metsätehon tutkimuksessa (Mäkelä 1990) pienraktoreiden tuottavuustaso turvemilla oli n. 10 m³ tehottunnissa, mikä on 75...80 % metsätraktoreiden tuottavuustasosta. Käyttötuntikustannukset puolestaan ovat pienraktoreilla 10...15 % alhaisemmat kuin tavanomaisilla metsätraktoreilla. Laskennalliset yksikkökustannukset muodostuvat pienraktoreilla siten 5...20 % korkeammiksi kuin metsätraktoreilla. Toisaalta on muistettava, että varsinkin tela-alustaiset pienraktorit selviytyvät pyörätraktoreita paremmin huonosti kantavissa oloissa.

Sirénin ym. (1987) mukaan kuormatraktoreiden liikkuvuuteen vaikuttavat lähinnä vetovoima, massa, painojakauma sekä rengas- ja tela-

varustus. Massa/teho- ja massa/vetovoimasuhteilla sekä pyöräkoolla on suuri merkitys lumesa ajettaessa. Vetovoiman osalta ratkaisevaa ei välttämättä ole sen maksimiarvo, vaan sen suuruus käytetyllä ajonopeudella. Painojakauman merkitys korostuu ojien ylityksessä, jolloin raskaskeulainen traktori pyrkii puskemaan ojan vastapenkkaan. Raiteenmuodostus lisääntyi erällä pyörätraktorilla selvästi, kun etuakselin osuus kuormatun traktorin kokonaispainosta kasvoi 34 prosentista 40 prosenttiin (Ala-Ilomäki & Högnäs 1987).

Testeissä kahdeksanpyöräisten kuormatraktoreiden maastokelpoisuus havaittiin kuusipyöräisiä koneita paremmaksi. Parhaat kuusipyöräiset olivat hyvän painojakauman ja voimansiirtojärjestelmän vuoksi kuitenkin maastokelpoisuudeltaan kahdeksanpyöräisten veroisia. Käytettäessä etuteloja kahdeksanpyöräisten koneiden pintapaineet alenivat, vetovoima kasvoi ja ojanylityskyky parani. (Sirén ym. 1987).

Suometsissä käytettävissä keskikokoisissa kuormatraktoreissa tulisi olla vähintään 600 mm:n levyiset renkaat, jolloin kulkualustaan kohdistuva laskennallinen pintapaine on kuormattunakin alle 60 kPa (Sirén ym. 1987). Jos metsätraktori työskentelee lähes yksinomaan huonosti kantavilla mailla, pintapainetta on syytä alentaa 700 mm:n levyisillä renkailla tai suoteloidilla (Högnäs 1986). Metsätraktorin maastokelpoisuutta pehmeillä mailla parantavien erikoisvarusteiden etuja ja haittoja on arvioitu taulukossa 5. Etenkin 1980-luvulla maastokelpoisuutta on parannettu myös kuormatraktoreiden rakenteita ja raaka-aineita muuttamalla.

Kumpuniemi (1985) on selvittänyt metsätraktorin telojen vaikutusta korjuuvaurioihin. Suolahkeimmat raiteet tulivat ajettaessa ilman teloja. Sen sijaan telamallien välillä ei havaittu eroja raiteiden syvyydessä. Maan pinta rikkoutui nopeimmin, kun telamatto oli harva ja telalaput kapeat. Ajettaessa mäntyrangetta tehtyjen lavojen yli ilman teloja tai käytettäessä polyuretaanista valmistettuja moccasinteloja ei rankojen puuaine vahingoittunut. Terästelöjä käytettäessä puuvaurioiden syvyys oli 1...5 mm ensimmäisen ajokerran jälkeen ja 5...11 mm kahdeksannen ajokerran jälkeen. Terästelöistä pienimmät puuvauriot tulivat suuren kantopinnan ja pienet liukuesteet omaavilla ns. superkantavilla teloilla. Tärkeimpinä syinä eroihin pidettiin moccasintelojen osalta suurta kantopintaa ja pehmeää materiaalia ja terästelöjen osalta eroja kantopinnoissa ja liukuesteissä. Jos metsätraktoria käytetään niin upottavissa oloissa, että sy-

Taulukko 5. Metsätraktorin suomeksiin soveltuvien lisävarusteiden edut ja haitat (Vilkko 1986).

Table 5. Advantages and disadvantages of forwarder accessories suitable for peatland forests (Vilkko 1986).

Lisävaruste	Edut	Haitat
Ylileveät renkaat	Suuri kantopinta Rakenteen keveys Joustava rakenne	Yksikön suuri kokonaisleveys Korkea hinta Kyseenalainen kestävyys
Paripyörät	Suuri kantopinta Kohtuullinen hinta Helppo asentaa	Yksikön suuri kokonaisleveys
Levikepyörät	Suuri kantopinta Halpa hinta Helppo asentaa	Yksikön suuri kokonaisleveys
Telat telipyörissä	Suuri kantopinta Kohtuullinen hinta Helppo asentaa	Suuri massa Rikkoo maanpintaa Suuri kulkuvastus
Yhden pyörän tela	Suurehko kantopinta Kohtuullinen hinta Helppo asentaa	Suurehko massa Rikkoo maanpintaa Epäsymmetrinen rakenne
Apupyörän kautta kulkeva tela	Suuri kantopinta Sopii myös lumitelalle	Suuri massa Rikkoo maanpintaa Suuri kulkuvastus
<i>Accessory</i>	<i>Advantages</i>	<i>Disadvantages</i>
<i>High-floatation tyres</i>	<i>Large contact area Light structure Flexible structure</i>	<i>Large total width High price Questionable durability</i>
<i>Wide additional rims and tyres</i>	<i>Large contact area Moderate price Easy installation</i>	<i>Large total width</i>
<i>Narrow additional rims and tyres</i>	<i>Large contact area Cheap price Easy installation</i>	<i>Largish total width</i>
<i>Bogie tracks</i>	<i>Large contact area Moderate price Easy installation</i>	<i>Heavy mass Ground disturbance High motion resistance</i>
<i>One-wheel tracks</i>	<i>Moderate contact area Moderate price</i>	<i>Heavish mass Ground disturbance Asymmetric</i>
<i>Small extra wheel and tracks</i>	<i>Large contact area Also suitable for winter tracks</i>	<i>Heavy mass Ground disturbance High motion resistance</i>

viä raiteita muodostuu joka tapauksessa, ei telavalinnalla ole merkitystä puustovaurioiden kannalta. Ratkaisevaa on tällöin koneen liikkumiskyky.

Hyviä tuloksia on saatu etupyöriin asennettavista levikepyöristä ja leveistä suoralappuisista takateloista (Vilko 1986, kuvat 7 ja 8). Asennettaessa 600 mm:n etupyörien rinnalle 240 mm leveät maataloustraktorin renkaat aleni laskennallinen pintapaine 51 kPa:sta 39 kPa:iin. Viiden tonnin kuormalla pintapaine takana oli ilman teloja 60 kPa, L-teloilla 32 kPa ja leveillä teloilla 26 kPa. Käytännössä pintapaineiden aleneminen näkyi raiteenmuodostuksessa. Levikepyörillä ja leveillä teloilla varustetun koneen raiteiden syvyys oli n. 60 % normaalivarusteisen koneen (L-telat ja kittaketjut) raiteiden syvyydestä. Ilman teloja ja ketjuja ajettaessa raiteiden syvyys oli 12...47 % suurempi kuin normaalivarusteista konetta käytettäessä. Huonosti kantavalla maalla erikoisvarusteinen kone oli selvästi normaalivarusteista konetta nopeampi. Nopeudet olivat 8,5 ja 5,9 km/h. Tiellä ero erikoisvarustellun koneen eduksi oli pienempi. Nopeudet olivat 16,0 ja 15,3 km/h. Koneen kokonaisveys nousi levikepyörien vuoksi 2540 mm:stä 3080 mm:iin.

Levikepyörien hinta oli vuoden 1986 hintatasolla 11 000 mk pari, ja leveät telat maksoivat 18 000 mk pari. Levikepyörien kestävyys on tosin tähänastisissa kokeissa osoittautunut verraten huonoksi.

Kanadassa ja Yhdysvalloissa on käytetty 1980-luvun alusta alkaen laahusjuontotraktoreissa erittäin leveitä (0,9...1,3 m), matalapaineisia (50...80 kPa) renkaita. Näiden renkaiden kulutuspinna muistuttaa pohjoismaisten kuormatraktoreiden rengaskuvioita. Koska juontotraktorit ovat yleensä kaksiakselisia, ei niissä käytetä teloja. Ylileveiden renkaiden kanssa ei myöskään käytetä ketjuja.

Kanadalainen tutkimuslaitos FERIC testasi leveitä renkaita neljän vuoden aikana (Mellgren & Heidersdorf 1984). Pehmeiden maapohjien lisäksi kokeita tehtiin myös rinteillä, joissa työturvallisuus lisääntyi parantuneen stabiiliteetin ansiosta. Upottavissa olosuhteissa traktoreiden liikkumiskyky parani. Samalla maanpinnan vaurioituminen ja maan tiivistyminen vähenivät. Näiden voittopuolisesti hyvien kokemusten vuoksi ovat erikoisleveät renkaat yleistyneet nopeasti Pohjois-Amerikassa avohakkuuolosuhteissa.



Kuva 7. Metsätraktorin etupyöriin asennetut levikepyörät (Kuva: T. Heikka).

Figure 7. Extra wheels attached to the front wheels of forwarder (Photo: T. Heikka).



Kuva 8. Metsätraktorin erikoisleveät takatelat (Kuva: T. Heikka).
Figure 8. High flotation tracks for forwarder bogie (Photo: T. Heikka).

Byl & Högnäs (1985) tekivät katsauksen pohjois-amerikkalaisten kokemuksista ylileveiden renkaiden käytöstä metsäkoneissa. Samalla he arvioivat niiden käyttömahdollisuuksia Suomessa. Koska suometsiemme puu korjataan ensivaiheessa harvennuksista, leveimmät renkaat eivät ole käyttökelpoisia sellaisenaan. Noin 80...90 cm leveiden renkaiden käyttö voisi heidän mukaansa olla perusteltua 6-pyöräisen kuormatraktorin etuakselilla, jossa ne lisäisivät huomattavasti kantavaa pinta-alaa pienellä oman massan lisäyksellä. Helposti purettavat lisälaiteratkaisut (esim. pari- tai levikepyörät) voivat olla koneen käytön kannalta edullisempia.

Nelivetoisen, vetävällä perävaunulla varustetun maataloustraktorin maasto-ominaisuudet riittävät mainiosti urakointikäyttöön myös pehmeillä mailla ja syvässä lumessa. Sen sijaan takavetoisen maataloustraktorin ja ilman voimansiirtoa oleva perävaunun yhdistelmä soveltuu vain helpoihin kuljetusoloihin (Sirén ym.

1987). Vähälumisena aikana maan ollessa rouhdassa voidaan viimeksi mainitulla yhdistelmäläkin ajaa puuta suometsistä, kun ojien ylitystä helpotetaan ojaan kasatun puutavaran, siltojen tai ojapenkkojen luiskauksen avulla.

Sotkamolainen Suokone Oy aloitti kumimattoisen, maataloustraktorin pyörien tilalle asennettavan telaston kehittelyn vuonna 1981. Myöhemmin yhtiö kehitti vastaavalla telastolla varustetun perävaunullisen *telatraktorin* suopuun metsäkuljetukseen. Ensimmäinen prototyyppi rakennettiin Fiat-maataloustraktorista. Koneen lumessakulkuominaisuudet olivat hyvät (Sirén ym. 1987).

Tämän Meri Trackmo -telatraktorin toinen prototyyppi rakennettiin Valmet-maataloustraktorista. Työntutkimuksessa kantavuudeltaan 9 tonnin koneen kuljetuskyky pehmeällä turvealustalla oli erinomainen. Leveiden kumitelosten vuoksi laskennallinen pintapaine on kuormattunakin alle 30 kPa. Telaston huonon kestävyuden vuoksi koneen tekninen käyttöaste on jäänyt verraten alhaiseksi (Heikka 1985, Hänninen & Mustonen 1988).

Kuormauslaitteiden puute ja työskentelyn rajoittuminen talvikauteen ovat pitäneet *mootorikelkkojen* ammattimaisen käytön puunajossa vaatimattomalla tasolla. Ruotsissa mekaanisia kuormauksen apuvälineitä (ks. esim. Geijer 1983) on ollut tarjolla. Useimpia mootorikelkkoja ohjataan yhden tai kahden ohjauksen avulla, joten niillä voidaan ajaa paljaalla maalla vain poikkeustapauksissa.

Pyörä- ja tela-alustaiset *muut maastoajoneuvot* soveltuvat metsävarusteltuina lähinnä oma-toimiseen puunkorjukseen harvennuksissa. Lähikuljetus voidaan suorittaa joko hakkuutyön yhteydessä tai erillisenä työvaiheena (Takalo & Myllymäki 1984, Ryyänen & Mutikainen 1991). Kuvassa 9 on Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusasemalla kehitelty Proto-maastoajoneuvo.

Ruotsissa pienten *telajuontureiden* käyttö on kasvanut vuodesta 1982 lähtien voimakkaasti. Vuonna 1986 näitä 3...5 kW:n tehoisia, noin 1 m³:n kuorman kuljettavia pieniä telakoneita myytiin noin tuhat kappaletta (Trulson 1987). Telajuontureita ohjataan koneen edellä kävellen.

Telajuontureita käytetään puutavaran lähikuljetuksessa sekä esikasauksessa varsinaisen ajouran varteen joko hakkuutyön yhteydessä tai erillisenä työvaiheena. Hakkuutyön ja esikasauksen tuottavuus oli Nordfjellin (1988) mukaan mäntyvaltaisissa ensiharvennuksissa 0,6 m³/h, kun poistettavien runkojen keskiläpimitta rin-



Kuva 9. Puutarhatraktorista kehitetty maastoajoneuvon prototyyppi (Kuva: S. Takalo).
 Figure 9. Prototype forwarder based on garden tractor (Photo: S. Takalo).

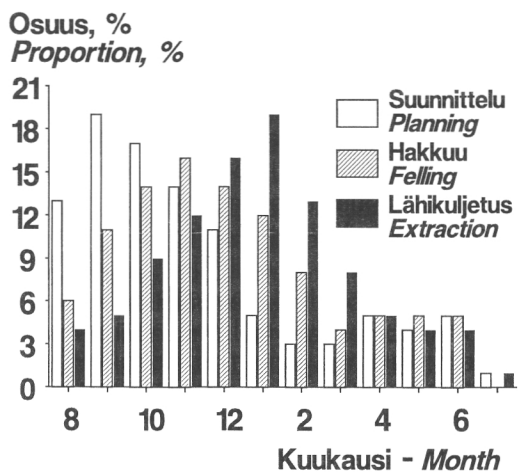
nankorkeudelta oli 11 cm ja keskikuljetusmatka 60 m. Kuusivaltaisissa ensiharvennuksissa vastaavat luvut olivat 0,5 m³/h, 12 cm ja 95 m. Kun metsuri hoiti sekä hakkuun että esikasauksen, kuljetustyön tuottavuus oli noin 60 m:n ajomatkalla 2,3 m³/h. Perinteisen hakkuutyön kasausvaihe korvautuu tässä työmenetelmässä telajuonturin kuormauksella. Käytettäessä juonturia työpenkinä hakkuussa karsinta ja tyvipölkkyjen kuormaus helpottuvat. Pelkässä kuljetustyössä 100...120 m:n matkalla tuottavuus oli 1,2 m³/h. Suomessa tämäntyyppisillä koneilla ei ainakaan toistaiseksi ole käytännön merkitystä.

62. Korjuumenetelmät

Hakkuu suometsissä tehdään yleensä miestyönä. Työvälineenä on moottorisaha, joka voidaan pienipuustoisissa leimikoissa siirtelykaatomenetelmää käytettäessä varustaa kaatokahvalla. Tavaralajimenetelmällä hakkuun tuottavuus on harvennuksissa 7 m³/pv ja avohakkuissa 9 m³/pv. Käytettäessä siirtelykaato- ja osapuumenetelmiä, joissa puiden karsinta metsässä jää pois, työn tuottavuus nousee yli kaksinkertaiseksi (Eeronheimo 1986).

Suometsien hakkuu miestyönä on edullisim-

millaan silloin, kun maa on roudassa (työehtosopimuksen mukainen hakkuun maastoluokka paranee), mutta lunta on alle 15 cm (lumen aiheuttama kausikorotus jää pois). Lähikuljetus puolestaan painottuu talvikauteen (kuva 10), joka



Kuva 10. Korjuun suunnittelun, hakkuun ja lähikuljetuksen ajoittuminen suometsissä (Eeronheimo 1986).
 Figure 10. The timing of logging planning, felling and extraction in peatland forests (Eeronheimo 1986).

on myös kivennäismaiden korjuussa kiireisintä aikaa. Korjuun työvaiheiden eriaikaisuus rajoittaa työmittausta- ja korjuuvaihtoehtoja, esimerkiksi pinomittauksen ja osapuumenetelmän käyttöä, sekä pakottaa hakkuussa lisätöihin, kuten liputukseen eli puutavaran kouraisuyksiköiden merkitsemiseen.

Mikäli uudis- ja täydennysojitettavien alueiden puusto ei edellytä koko alueen käsittelyä hakkuin, avataan ainoastaan 5...6 metriä leveät ojalinjat. Jäätäneen maan aikaan puut voidaan kuljettaa pois niin maatalous- ja metsätraktoreilla kuin telamaastureillakin. Tela-alustaisilla koneilla korjuu sujuu myös roudattomana aikana. Korjuu on kallista, koska kuljetusmatka on pitkä ja taksaperusteena oleva tavaralajitiheys (puutavaralajeittain kuutiometreinä laskettu puumäärä sataa ajourametriä kohden) jää alhaiseksi.

Harvennushakkuu voidaan suunnitella pitkäulotteisella kuormaimella varustettua keskikoista metsätraktoria tai telatraktoria varten. Pitkän kuitupuun (pölkyn ohjepituus 5 m) *kasaus palstalle* on korjuukustannusten kannalta edullisinta, mutta se edellyttää pysty- tai metsurimitausta sekä korkeintaan 30 metrin ajouraväliä. Kuormaimen ulottuvuuden on oltava noin 10 m.

Vyöhykekasauksessa tukit ja kuitupuukasat sijoitetaan alle 10 metrin etäisyydelle ajouran keskiviivasta. Tarvittaessa voidaan käyttää pitopuumenetelmää, jossa runkoa katkaistaessa pölkkyjä yhdistämään jätetään pitopuu. Täten vyöhykkeen ulkopuolelle muuten jäävät järeät pölkkyt voidaan vetää metsätraktorin kuormaimella lähemmäksi. Pitopuu on helppo murtaa kuormausvaiheessa. Pysty- tai metsurimitausta käytettäessä pölkyn ohjepituus on useimmiten 5 m. Kun turvaututaan muihin mittausten menetelmiin, kolmen metrin ohjepituus on yleisin vaihtoehto. Pienipuustoisissa harvennuksissa palsta- ja vyöhykekasauksen ajanmenekki erot saattavat jäädä vähäisiksi. Esimerkiksi Mikkosen (1988b) mukaan pitkän kuitupuun kasaus palstalle vastaa ajanmenekiltään lyhyen kuitupuun vyöhykekasaus, kun rungon keskikoko on alle 0,16 m³.

Osapuumenetelmässä puita ei karsita hakkuuvaiheessa, vaan karsimaton pitkä kuitupuu kuljetetaan välivarastolle oksineen. Puut kasataan yleensä palstalle. Menetelmän yhteydessä käytetään yleensä metsurimitausta. Hakkuumies voi myös ainoastaan kaataa puut, jolloin ne katkotaan lähikuljetusvaiheessa metsätraktorin kuormaimen kouran yhteyteen sijoitetulla katkotasahalla. Suomessa käytössä olevissa osapuumenetelmissä luovutaan metsässä tapahtuvasta kar-

sinnasta yleensä vain osittain, jolloin esimerkiksi rungon tukkiosa ja rinnankorkeusläpimitaltaan yli 15 cm:n vahvuisten kuitupuurunkojen tyvipölkky karsitaan (Kuitto 1987). Tyypillistä on myös se, että tukit katkotaan määräpituuksille. Esimerkiksi ojitusalueen koivikossa osapuumenetelmällä tehdyn harvennustyön ajanmenekki oli hakkuussa alle puolet, mutta lähikuljetuksessa kaksinkertainen tavaralajimenetelmään verrattuna (Korpilahti 1986). Osapuumenetelmät ovat korjuukustannuksiltaan edullisia, mutta soveltuvat huonosti talvikorjuuseen. Osapuiden käsittely tehtaalla vaatii lisäksi suurehkoja investointeja.

Kun pitkäulotteista kuormainta ei ole käytettävissä, pölkkyt *kasataan ajouran varteen*. Kasauksen ajanmenekki on tällöin noin neljänneksen suurempi kuin vyöhykekasauksessa (Metsä- ja uittoalan... 1990). Mikkosen (1988a) mukaan ero oli eräässä kokeessa jopa 30 %. Samassa selvityksessä vyöhykekasaus 40 metrin uravälillä todettiin 20 % nopeammaksi kuin kasaus ajouran varteen 30 metrin ajouravälillä.

Tela-alustaisia koneita käytettäessä maaston kantavuus ei yleensä tuota ongelmia. Pientraktoreita käytettäessä ajourat ovat niin kapeita ja maastovauriot (ks. luku 7) niin vähäisiä, että 15...20 metrin välein kulkevat urat eivät vaaranna metsikön puuntuotoskykyä. Sijoitettaessa 3 metrin levyiset ajourat 20 metrin välein kasauksen ajanmenekki on sama kuin käytettäessä 4 metrin ajouraleveyttä ja 30 metrin uraväliä (Mikkonen 1988a).

Telamaastureiden seurantatutkimuksen mukaan (Eeronheimo & Heikka 1987) lyhytulotteisella kuormaimella varustettuja telamaastureita joudutaan käyttämään myös vyöhykekasatun puutavaran lähikuljetuksessa, kun työmaan kantavuus ei ennakkoarvioista poiketen riitäkään metsätraktorille. Tällaisissa tapauksissa työn tuottavuus jää luonnollisesti melko vaatimattomalle tasolle.

Suometsien harvennuksissa metsätraktorin ajourien sijoittelu poikkeaa jonkin verran kivennäismaiden käytännöstä. Sulan maan aikaan ajourista tehdään leveämpiä juuristovaurioiden välttämiseksi. Ajourat pyritään sijoittamaan 10...15 m etäisyydelle ojista. Yli 55 m leveillä saroilla tarvitaan lisäksi kolmas, saran keskellä kulkeva ajoura. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös ajourien sijoittelu alueella myöhemmin suoritettavissa harvennushakkuissa.

Puuntuotannolliselta kannalta saran keskellä oleva ajoura olisi paras, koska siellä maapohjan puuntuotto kyky on alhaisin. Tämä johtaa kui-

tenkin pitkiin kasausmatkoihin, jos sarkaleveys on yli 35 m. Sulan maan aikaan tapahtuvaa lähikuljetusta varten ajouralle tulisi saada runsaasti hakkuutähteitä kantavuuden parantamiseksi, mikä on saran harvapuustoisella keskiosalla vaikeaa.

Kunnostusojituksen yhteydessä voidaan tiettyissä oloissa ajaa myös ojan päällä. Sarkaleveyksillä 40...50 m tarvitaan lisäurat, jotka kulkevat 10...13 m etäisyydellä ojista. Tätä leveämmillä saroilla lisäuran paikka on saran keskellä. Ajouran ollessa ojan päällä on hakkuutähteiden joutumista ojaan kuitenkin vaikeaa välttää, mikä lisää joko hakkuu- tai kaivukustannuksia riippuen siitä, vaaditaanko metsuria pitämään ojat auki vai korvataanko kaivutyön vaikeutumisen ojitajalle. Ojien sortumisesta voi myös aiheutua lisäkustannuksia perkausvaiheessa.

Ojanpenkalla sijaitseva ajoura kulkee puuston painopisteiden kautta, ja sen kantavuus on yleensä hyvä. Ajouraa varten joudutaan kuitenkin kaatamaan suuri osa ojitusalueen parasta puustoa,

ja ojien aukkipidosta aiheutuu lisätyötä. Tämä vaihtoehto tuleeekin kysymykseen yleensä vain hyvää kantavuutta vaativien kokoojaurien kohdalla.

Lähikuljetuksen suorittajan tulisi saada käyttöönsä palstakartta, johon on merkitty myös ojas- to ja ajourat. Kunnostusojituksen yhteydessä erityisesti perkaamatta jätettävien ojien on erotuttava selvästi, jotta niiden varominen olisi mahdollista (Ojitusalueiden... 1989). Kantavuudeltaan epävarmoissa oloissa kaikki puutavara kannattaa ajaa varastolle sekakuormina, jolloin ajokertojen lukumäärä yhdellä uralla saadaan niin pieneksi kuin mahdollista. Ajourien suunnittelussa ja lähikuljetuksen toteutuksessa tulee suosia silmukan muotoisia ajoreittejä (Högnäs 1986).

Avohakkuissa ajouraväli on yleensä 15...20 metriä. Työmenetelmistä yleisin on likipituisen kolmimetrisen tai pitkän kuitupuun kasaus palsalle.

7. Erikoiskaluston käyttökokemuksia

7.1. Telamaasturit

Telamaastureiksi kutsutaan tela-alustaisia pien- traktoreita, jotka alunperin pohjautuivat lumikelkan rakenneratkaisuihin. 1970-luvulla valmistettiin kaksitelamattoinen Terri-telamaasturi, jota ohjattiin suksien sijasta telamattojen nopeuserolla. 1980-luvulla koneeseen asennettiin työkäyttöön kaksitahtimoottoria paremmin soveltuva dieselmoottori. Metsäntutkimuslaitoksen kenttämestari Sauli Takalo kehitti yhdessä laitevalmistajien kanssa tälle koneelle soveltuvan hydraulisen kourakuormaimen sekä teliperävaunun (Takalo & Väyrynen 1982). Teliperävaunu mahdollisti hydraulisen runko-ohjauksen käytön isompien kuormatraktoreiden tapaan. Terrin uusin versio painaa vajaat 1,9 t ja kantavuutta on 1,7 t. Perävedolla varustetun koneen vetovoima on 22,5 kN (Voutilainen 1990).

Pienten, kantavuudeltaan 1,7 tonnin Terri-telamaastureiden suosio oli hyvä yksityisten metsänomistajien keskuudessa. Tästä rohkaistuneena konevalmistajat kehittivät kantavuudeltaan suurempia koneita, joissa kuljettajan työskentelyolosuhteet soveltuvat paremmin ammattimaiseen, ympärivuotiseen puunajoon. Samalla koneiden hankintahinta kuitenkin moninkertaistui.

Vuonna 1984 esitelty 2,5 tonnia kantava Farmi Trac (kuva 11) yleistyi nopeasti koko maassa, ja muidenkin konevalmistajien kiinnostus telamaastureihin lisääntyi. Myöhemmin näiden koneiden koko on edelleen kasvanut (Rieppo 1986a, 1986b ja 1986c). Pääosin tämä on tapahtunut käyttäjäkunnan vaatimuksesta.

Vuoden kestäneessä seurantatutkimuksessa pyrittiin selvittämään telamaastureiden käyttöalue, käytännön suoritus- taso ja työllisyys (Eeronheimo & Heikka 1987). Seurantaan osallistui 13 urakoitsijaa, joista kahdeksan oli mukana koko vuoden.

Telamaasturit ohjautuivat pienemmille työmaille kuin metsätraktorit. Kahalan & Kuiton (1986) mukaan metsätraktoriyömaiden keskikoko on 360 m³. Telamaasturiyömaiden keskikoko oli 200 m³ (Eeronheimo & Heikka 1987). Keskimääräisissä siirtomatkoissa ei ollut huomattavia eroja metsätraktoreiden (19 km) ja telamaastureiden (22 km) välillä.

Metsäkuljetusmatkat telamaasturiyömailla olivat seurantatutkimuksen mukaan koneen kuormakokoon nähden pitkät. Puumäärillä painotettu keskimääräinen ajomatka oli 426 m. Ojalinjatyömaat sekä puiden kuljetus saarista ja soiden metsäsaarekkeista nostivat keskimääräisen ajo-

matkan tälle tasolle. Taulukosta 6 selviävät hakkuutavoittaiset tuotokset, ajomatkat ja maastoluokat. Luvut ovat kuljetetuilla puumäärillä painotettuja keskiarvoja.

Telamaastureiden työllisyys oli vuosina 1986–1987 hyvä. Työmaan päättyessä urakoitsijalla oli lähes aina tiedossa seuraava työmaa. Työllisyysasteeksi muodostui 99 % (Eeronheimo & Heikka 1987). Kilkin (1986) suorittaman koneurakoitsijaliiton työllisyyskyselyn mukaan metsäkuljetuksessa jäsenten työllisyysaste oli 67 % vuonna 1986. Seisokkiviikkoja oli keskimäärin 13. Seurantatutkimukseen osallistuneiden telamaastureiden työtilanne oli siis hyvä metsäkuljetusalan yleiseen tilanteeseen verrattuna.

Pyöräkoneisiin verrattuna telamaastureille oli helpompi järjestää työtilaisuuksia ympäri vuoden, koska upottavuus ei haitannut työskentelyä. Lisäksi niiden pienempi kuormakoko ja tuottavuus mahdollistavat täystyöllisyyden suhteellisen alhaisilla vuosikuljetusmäärillä (Eeronheimo & Heikka 1987).

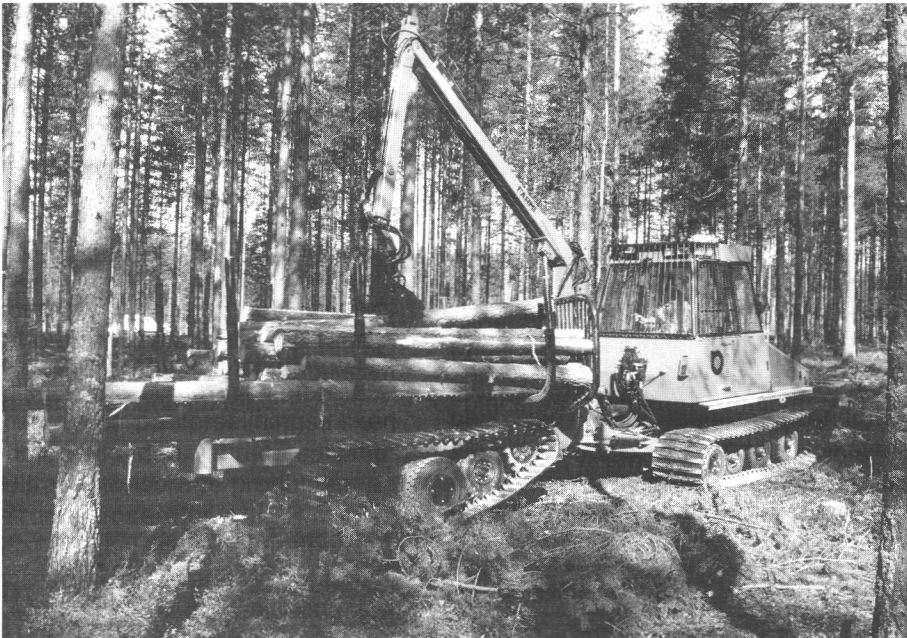
Eeronheimo & Heikka (1987) kyselivät lisäksi telamaastureista saatuja käyttökokemuksia 19 työnjohtajalta. Työnjohtajista 75 % ilmoitti ajon sujuneen odotusten mukaisesti. Työn sujumista hidastivat muiden vastaajien mukaan mm. kannot sekä tekniset vaikeudet. Työjälkeä palstalla

Taulukko 6. Telamaastureiden keskimääräinen tuottavuus, ajomatka ja maastoluokka hakkuutavoittain seurantatutkimuksessa.

Table 6. The average productivity, transport distance and terrain class by type of cutting in follow-up study of light forwarders.

Hakkuutapa <i>Type of cutting</i>	Tuottavuus <i>Productivity</i> m ³ /h	Ajomatka <i>Extraction distance</i> m	Maastoluokka <i>Terrain class*</i>
Ensiharvennus <i>First thinning</i>	4,1	344	1,3
Muu harvennus <i>Other thinning</i>	4,1	397	1,3
Siemen- ja suoju- puiden poisto <i>Cutting of hold-overs</i>	2,6	759	1,2
Avohakkuu <i>Clearcutting</i>	4,4	541	1,4
Ojalinjatyömaa <i>Ditch line cutting</i>	3,4	627	1,6
Muu puunajo <i>Other extraction</i>	4,4	658	1,4

* Terrain classes:
1 = Easy
2 = Difficult
3 = Very difficult



Kuva 11. Farmi Trac -telamaasturi (Kuva: H. Kalaja).

Figure 11. Farmi Trac light tracked forwarder (Photo: H. Kalaja).

pidettiin hyvänä, mutta kuormaimen lyhyt ulottuvuus aiheutti joskus varastolla tilaongelmia. Kaksi kolmasosaa vastaajista painotti, että telamaastureilla ajettavat työmaat tulee suunnitella nimenomaan telamaastureita varten. Viiden vastaajan mielestä telamaastureiden käyttö helpotti korjuun suunnittelu- ja työnjohtotöitä, koska maaston huono kantavuus ei aiheuttanut ongelmia. Telamaasturit viipyivät työmailla suurempia koneita pitempään, jolloin työn valvonta ja työmaiden ketjutus helpottui. Kahden vastaajan mielestä työnjohtajan tehtävät vaikeutuivat, kun täytyi miettiä, mitä konetta käytetään milläkin työmaalla. Loput 12 vastaajaa katsoivat, että telamaastureiden käyttö ei vaikuttanut työnjohtotyön ajanmenekkiin (Eeronheimo & Heikka 1987).

Lumi haittasi työnjohtajien mielestä telamaastureiden liikkumista vain silloin, kun pehmeää pulverilunta oli yli 50 cm. Vastamäet, joiden jyrkkyys oli yli 20 %, vaikeuttivat työtä selvästi. Liikkumiskykyä lumessa ja rinteillä paransi huomattavasti vetävä perävaunu. Seurannan koneista vain osa oli varustettu perävedolla (Eeronheimo & Heikka 1987). Sirénin ym. (1987) mukaan pienimmillä telamaastureilla voi olla vaikeuksia ojien ylityksessä, varsinkin jos kuljetettavien pölkkyjen pituus on yli 3 m.

Työnjohtajien mukaan metsänomistajat olivat erittäin halukkaita saamaan telamaasturin ajokoneeksi metsäänsä, useissa tapauksissa se on ollut jopa kaupan ehtona. Teollisuuden edustajat pitivät telamaastureiden käyttöä lähinnä kilpailuvalttina puun ostossa. Toisaalta he kuitenkin totesivat teollisuuden puunkieppon lyhentyneen ja tuoreen puun tarpeen lisääntyneen, mikä voisi olettaa kasvattavan telamaastureiden käyttötarvetta. Teollisuuden kannalta käyttöä rajoittivat lähinnä alhainen tuottavuustaso sekä pelko korkeista yksikkökustannuksista (Eeronheimo & Heikka 1987).

Telamaastureita käytettäessä hakkuukustannukset muodostuvat verrattain suuriksi, koska ei voida käyttää vyöhykekesausta eikä vähentää metsässä tapahtuvaa karsintaa. Toisaalta kasojen liputuksesta aiheutuvat kustannukset jäävät pois.

Telamaasturien korjuujälkeä tutkittiin kymmenellä harvennusleimikolla, joilta puutavara oli ajettu sulan maan aikaan (Eeronheimo & Heikka 1987). Inventoiduissa telamaasturileimikoissa keskimääräinen vaurioprocentti oli vain 1,0. Sirénin (1981) mukaan maataloustraktorilla kesäaikaan korjatuissa leimikoissa puuston vaurioprocentti vaihteli männiköiden 3,4:stä kuusi-

koiden 2,1:een ja metsätraktorilla vastaavasti 1,2:sta 1,8:aan. Sekapuustoissa, joita maataloustraktoriaineistoon ei sisällynyt, nousi vaurioprocentti metsätraktorikuljetuksessa 4,5:een. Vaurioiden määrä on siten telamaasturityömaille pienempi kuin maatalous- ja metsätrakturityömaille.

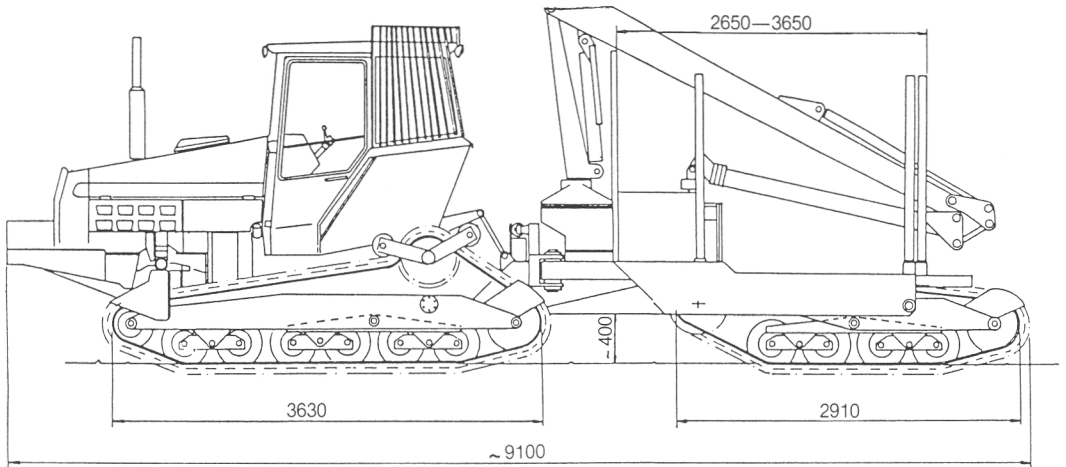
Telamaastureiden aiheuttamat vauriot ovat liksäsi lievempiä kuin vauriot metsä- ja maataloustraktoreita käytettäessä. Eeronheimon & Heikan (1987) mukaan telamaasturityömaille vauriopiissa oli yleensä vain yksi kolhu puuta kohden. Esimerkiksi kasan lähellä olleista puista saattoi kuitenkin löytyä 4...5 vauriota. Kolme neljänestä kolhuista oli pintavaurioita, joissa kuori oli irronnut mutta puuaines säilynyt vahingoittumattomana. Sirénin (1981) tutkimuksessa noin puolet sekä maatalous- että metsätraktorikorjuussa syntyneistä vaurioista oli syvävaurioita.

Kuljetusta varten avattavien ajourien osuuden metsikön pinta-alasta olisi kasvutappioiden välttämiseksi oltava mahdollisimman pieni. Lillebergin (1986) korjuujälki-inventoinnissa ajourien osuus leimikoiden pinta-alasta oli metsätraktoreilla 17...18 % ja telamaastureilla 12 %. Eeronheimon & Heikan (1987) vaurioinventoiduissa telamaasturileimikoissa vastaava osuus oli 10 %. Tämä johtui suoleimikoiden harvasta ajouravälisestä, joka nousi inventoiduissa leimikoissa keskimäärin 29 metriin.

Kaiken kaikkiaan näyttää siltä, että harvennuksessa puusto ja maanpinta jäävät telamaastureiden jäljiltä selvästi parempaan kuntoon kuin muita konetyyppejä käytettäessä.

72. Suotelatraktori

Sotkamolainen Suokone Oy kehitti maataloustraktorin pyörien tilalle asennettavan kumimattoisen telaston lähinnä turvetuotannon tarpeisiin 1980-luvun alussa. Traktoriin rakennettiin vastaavalla telastolla varustettu perävaunu suomensien puunkorjuuseen. Metsävarusteisena konetyyppi ei kuitenkaan edennyt sarjavalmistukseen. Heikka (1985) on tutkinut kyseisen Meri Trackmo -telatraktorin prototyyppejä (kuva 12) kahdella työmaalla sulan maan aikaan. Korpiuusikon väljennyksessä, jossa hakkuukertymä oli 70 m³/ha (pääasiassa n. 3 m kuitupuuta) ja kuljetusmatka 340 m, Meri Trackmon käyttötuotanto oli 9,7 m³. Samaa suuruusluokkaa, 9 m³/h, tuottavuus oli myös rämemännikön harvennuksessa, kun hakkuukertymä oli 117 m³/ha



Kuva 12. Meri Trackmo -telatraktori.
Figure 12. Meri Trackmo tracked forwarder.

ja kuljetusmatka 420 m. Molemmissa leimikoissa maasto oli lähikuljetuksen kannalta vaikea (maastoluokka III-IV). Alle 15 minuutin mitaisten keskeytysten osuus käyttöajasta oli toisella työmaalla 6,5 ja toisella 4,1 %. Teknisten ja työkeskeytysten osuus oli tavanomaisiin metsätraktoreihin (Kahala 1979) verrattuna 2...3 kertainen. Telatraktorin yksikkökustannukset arvioitiin tutkimuksessa keskikokoiseen metsätraktoriin verrattuna noin 5...13 % korkeammiksi (Heikka 1985).

Rämeellä sijainneella työmaalla inventoitiin myös korjuuvauriot. Vaurioituneiden puiden osuus runkoluvusta oli 3,7 %. Vaurioista 86 % kohdistui runkoon ja 14 % juuristoon. Paria runkovauriota lukuun ottamatta vauriot olivat pintavaurioita, joissa kuori oli irronnut, mutta puuainees säilynyt vahingoittumattomana. Kolme neljäsosaa vaurioista syntyi kuormattaessa ja kuormaa purettaessa. Merkillepantavaa oli, ettei katkenneita juuria pehmeästä kulkualustasta ja pinnallisesta juuristosta huolimatta silmävaraisessa tarkastelussa löytynyt.

Suotelatraktori osallistui myös 80 päivää kestäneeseen seurantatutkimukseen huhti-marraskuussa 1985. Puutavaraa kuljetettiin yhteensä 5707 m³, josta tukkia oli 1464 m³ ja kuitupuuta 4242 m³. Kuorman keskikoko oli 8 m³. Työmaita oli kaikkiaan 13, joista ensiharvennuksia oli 9 ja avohakkuita 4. Työmaiden keskikoko oli 439 m³. Ojitetuilla soilla oli 8 työmaata, luonnontilaisilla soilla 2 ja kivennäismailla 3 työmaata. Metsäkuljetusmatkojen keskiarvo oli 320 m, puumäärillä painotettuna 230 m.

Seurantatutkimuksessa käytettiin Kienzle 2100-50 tärinäkelloa, jonka piirturi voidaan sähköisesti kytkeä toimimaan kahdella eri säteellä. Ohjausvirtana käytettiin kuormaimen kaksivipujärjestelmän sähköistä esiohjausta, jolloin piir-

Taulukko 7. Telatraktorin tehoajan jakautuminen.
Table 7. Distribution of the effective working time of Meri Trackmo.

Työvaihe Work phase	Teho aika Effective time	Osuus tehoajasta Share of effective time	
		seurannassa follow-up study	seurannassa follow-up study
	h	%	%
Ajo tyhjänä Driving unloaded	105	20	24
Kuormausajo Driving while loading	93	18	30
Kuormaus Loading	140	26	19
Kuormattuna ajo Driving loaded	93	18	12
Purkuajo Driving while unloading	23	4	
Purku Unloading	76	14	15
Yhteensä Total	530	100	100

turi siirtyi pienemmälle säteelle aina kuormainta käytettäessä. Piirturin kiekolta voitiin siten erotella ajo tyhjänä, kuormausajo, ajo kuormatuna ja kuorman purku sekä arvioida kuormaimen käyttöajan osuus kuormausajossa ja kuorman purkutyyssä. Lähikuljetuksen tehoajaksi saatiin piirturikiekoista 530 tuntia, jonka jakautuminen työvaiheisiin on esitetty taulukossa 7. Kone siirrettiin lavetilla työmaalta toiselle 8 kertaa siirtomatkan vaihdellessa välillä 5...74 km. Keskimääräinen siirtoetäisyys oli 34 km.

Työmaalla pienempiin huoltoihin kului 20 tuntia ja korjauksiin 77 tuntia. Pajalla traktoria kor-

jattiin 34 tunnin ajan. Korjauskertoja oli työmaalla 49 ja korjaamolla 5. Korjauksista 74 % kohdistui telastoon ja 26 kuormaimen. Peruskonetta ei seurannan aikana korjattu.

Telaston aiheuttamien keskeytysten määrä oli suuri, noin puolet kaikista teknisistä keskeytyksistä. Perusongelmana näytti olevan se, että telasto oli suunniteltu alunperin turvesoiden tasaisiin, liikkumista haittaavia esteitä vaille oleviin olosuhteisiin. Kivennäismailla kivet ja kannot aiheuttivat telaston rikkoutumisia. Niitä syntyi usein myös sivukaltevalla ajettaessa. Telasto rajoitti selvästi koneen käyttöaluetta.

8. Kehittämismahdollisuudet

Metsänparannustöiden, puunkorjuun ja metsänhoitotöiden yhteensovittaminen on suometsissä erittäin tärkeää. Mahdolliset metsätiehankkeet on käynnistettävä ajoissa, jotta ne eivät viivästytä muita toimia. Keskitettyjen puukauppojen avulla voidaan korjuun kustannuksia alentaa. Julkaisussa "Ojitusalueiden puunkorjuun ja metsänparannustöiden yhteensovittaminen" (1989) on annettu aihepiiriin liittyviä yksityiskohtaisia ohjeita. Ajankohtainen tutkimusaihe olisi esimerkiksi ojien luiskauksen vaikutus ojien kuntoon ja puunkorjuun ajanmenekkiin metsä-, maatalous- ja pientraktoreita käytettäessä.

Puunkorjuun tutkimukseen ja käyttöön olisi löydettävä käyttökelpoisia laitteita ja menetelmiä maaston kulkukelpoisuuden arviointiin silmävaraisen arvioinnin tueksi. Metsätutkimuslaitoksessa kehitettävä BEVA-menetelmään perustuva laitteisto tarjoaa jatkokehittelymahdollisuuksia, samoin kaukokartoitustekniikan kehittyminen.

Korjuukoneiden pintapaineiden arviointimenetelmiä tulisi myös kehittää. Rummukaisen (1985) mukaan esimerkiksi Wismerin & Luthin (1973) esittämällä kaavalla saadaan teloin varustetuille metsätraktoreille huomattavasti suurempia teoreettisia pintapainearvoja kuin Suomessa yleisesti käytössä olevalla laskentakaavalla (Mikkonen & Wuolijoki 1975). Viimeksi mainittu kaava toisaalta "sallii" suuripyräisille koneille syvemmät raiteet pienipyräisiin verrattuna, koska laskennallinen painuma on suoraan verrannollinen renkaan halkaisijaan. Ala-Ilomäki & Saarilahti (1990) ovat todenneet, että yksinkermaisella standardikaavalla laskettu renkaan kosketuspinta-ala on mitattua alaa suurempi, jolloin

teoreettinen pintapaine muodostuu pehmeällä suopellolla 12...36 % todellista alhaisemmaksi. Kaikki edellä luetellut pintapaineiden arviointimenetelmät ovat staattisia. Niissä ei oteta huomioon todellista painejakaumaa kosketuspinnalla eikä ajotilanteen tai kaltevuuden vaikutusta.

Valtaosa suometsien leimikoista suunnitellaan pitkäulotteisella kuormaimella varustettuja kuormatraktoreita varten. Kuten metsäteollisuuden toteuttamassa puunkorjuussa yleensäkin, lähikuljetuksessa pyritään käyttämään tavoiteansiosopimuksen tehneitä urakoitsijoita ja vakiokalustoa. Metsäkuljetuskaluston ylikapasiteetti pitää huolen siitä, että kalustoa saadaan lyhytaikaisiin töihin tarvittaessa lisää. Osa lisäkalustosta ei kokonsa eikä varustuksensa puolesta kuitenkaan sovellu suometsien lähikuljetustehäviin. Mikäli korjuupiirin alueella suometsien merkitys on suuri, erikoisvarusteltuja metsätraktoreita tai suometsiin suunniteltua erikoiskalustoa voidaan helposti työllistää piirikohtaisina koneina. Erikoiskoneiden käyttö metsäkuljetuksessa on todennäköisesti mahdollista organisoida myös maantieteellisin perustein, jolloin urakoitsija työskentelee suppealla alueella koordinoitusti useiden työnantajien palveluksessa. Näinhän menetellään jo nyt maanmuokkauskaluston kohdalla.

Viimeaikainen kehitystyö on parantanut metsätraktoreiden maastokelpoisuutta huomattavasti. Raiteenmuodostus on 1980-luvun loppupuolisella markkinoille tulleilla koneilla selvästi vähäisempi kuin vanhemmilla malleilla (Sirén ym. 1987). Puunkorjuuorganisaatioiden tulisi osallistua nykyistä aktiivisemmin kaluston, lisävarusteiden ja korjuumenetelmien jatkokehittelyyn.

Kirjallisuus – References

- Ahtiainen, M. 1990. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Referat: Kalhuggningens och skogsdikningens effekter på skogsbäckarnas vattenkvalitet. Abstract: The effects of clear-cutting and forestry drainage on water quality of forest brooks. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja. Sarja A, 45. 122 s. ISSN 0786-9592, ISBN 951-47-3631-1.
- Ala-Ilomäki, J. & Högnäs, T. 1987. Painonjakauman vaikutus kuusipyöreäisen kuormatraktorin raiteenmuodostukseen turvemaalla. Metsähallitus, kehittämisjaosto, koeselostus 246. 10 s.
- & Saarihahti, M. 1990. Rut formation on peat soil. Experiences from a forced-slip wheel tester. Proceedings of 10th International Conference of the International Society for Terrain-Vehicle Systems. Kobe, Japan, August 20–24, 1990. s. 457–466.
- Backlund, C., Högnäs, T., Lilleberg, R. & Silander, S. 1984. Ojitusalueiden puunkorjuun kehittäminen. Metsätehon moniste. 19 s.
- Bekker, M.G. 1969. Introduction to terrain-vehicle systems. The University of Michigan Press. 846 s.
- Byl, M. & Högnäs, T. 1985. Kokemuksia ylileveiden renkaiden käytöstä metsäkoneissa Pohjois-Amerikassa. Metsähallitus, kehittämisjaosto, koeselostus 225. 18 s. + 5 liites.
- Eeronheimo, O. 1985. Suomensien hakkuumahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 188. 23 s.
- 1986. Tarvitaanko suometsien puunkorjuussa vaihtoehtoja? Teollisuuden metsäviesti 1: 8–11.
- & Heikka, T. 1987. Kokemuksia telamaastureiden käytöstä metsäkuljetuksessa. Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Kokkolassa 13.3.1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 250: 18–35.
- Geijer, S. 1983. Virkestransport med snöskoter. Summary: Timber transport with snowmobile. The Swedish University of Agricultural Sciences. Dept. of Operational Efficiency. Report 151. 62 s.
- Hanneliuss, S. 1975. Ojitusalueiden kulkukelpoisuudesta puunkorjuussa. Summary: On the trafficability of drained peatlands in harvesting. *Silva Fennica* 9(3): 181–211.
- Heikka, T. 1985. Meri Trackmo -telatraktori suopuuston harvennuksessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 207. 38 s.
- Heikurainen, L. 1955. Rämëmännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. *Acta Forestalia Fennica* 65(3). 84 s.
- 1961. Metsäojituksen vaikutuksesta puuston kasvuun ja poistumaan. *Acta Forestalia Fennica* 71(8). 71 s.
- Huikari, O., Muotiala, K. & Wäre, E. 1964. Ojitusopas. Helsinki. 2. painos. 244 s.
- Hänninen, T. & Mustonen, J. 1988. Kokemuksia Meri Trackmo 100 -suotelatraktorista. Metsähallitus, kehittämisjaosto, tiedote 3/1988. 4 s. ISSN 0875-5311
- Högnäs, T. 1986. Ojitusalueiden puunkorjuu. Ongelmana huono kantavuus. Koneurakoitsija 6: 12–14.
- Kahala, M. 1979. Puutavaran kuormatraktorikuljetus ja siihen vaikuttavat tekijät. Metsätehon tiedotus 355. 30 s.
- & Kuitto, P.-J. 1986. Puutavaran metsäkuljetus keskikokoisella kuormatraktorilla. Metsätehon moniste 25.4.1986. 26 s.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930–1978 metsäojitetut suot: Ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930–1978: Results from field surveys of drained areas. *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.
- Kilkki, R. 1986. Koneurakoitsijat osa-aikayrittäjiä? Koneurakoitsija 8: 10–11.
- Korpilahti, A. 1986. Ojitusalueen koivikon korjuu osapuuna. Metsätehon katsaus 3. 4 s.
- Kuitto, P.-J. 1987. Osapuiden metsäkuljetus. Metsätehon katsaus 10. 4 s.
- Kumpuniemi, P. 1985. Metsätraktorin telan vaikutus korjuuvaurioihin. Metsähallitus, kehittämisjaosto, tutkimusselostus 143. 57 s.
- Kuusela, K. & Salminen, S. 1983. Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979–1982 sekä koko Suomessa 1977–1982. Summary: Forest resources in the six northernmost forestry board districts of South Finland 1979–1982 and in the whole South Finland 1977–1982. *Folia Forestalia* 568. 79 s.
- , Mattila, E. & Salminen, S. 1986. Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982–1984. Summary: Forest resources in North Finland by forestry board districts 1982–1984. *Folia Forestalia* 655. 86 s.
- Laiho, R. 1989. Metsäojituksen vaikutus soiden routaan-tumiseen. Metsänhoitotieteen tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. Helsingin yliopisto. 32 s.
- Lappalainen, E., Stén, C.-G. & Häikiö, J. 1984. Turvetutkimusten maasto-opas. Geologian tutkimuskeskus, opas n:o 12. 62 s.
- Lilleberg, R. 1985. Harvennushakkuiden korjuuolosuhteet 1990-luvulla. Metsätehon katsaus 14. 4 s.
- 1986. Harvennushakkuuimikoiden korjuujälki kehittyneempiä menetelmiä käytettäessä. Metsätehon katsaus 12. 4 s.
- Mellgren, P.G. & Heidersdorf, E. 1984. The use of high flotation tires for skidding in wet and/or steep terrain. Forest Engineering Research Institute of Canada. Technical Report 57. 48 s.
- Metsä- ja uittoalan työehtosopimus ja sen mukaiset metsätyöpalkkojen taulukot 1.3.1990–29.2.1992. 1990. Metsä- ja uittoalan työehtosopijapuolet. 128 s.
- Metsähallituksen soiden metsätalouskäyttö -projekti 1982–1983. 1984. Metsähallitus. 65 s.
- Metsänhoitosuositukses. 1989. Keskusmetsälautakunta Tapio. 55 s.
- Metsätalostollinen vuosikirja 1989. 1990. Yearbook of forest statistics 1989. *Folia Forestalia* 760. 246 s. ISSN 0015-5543, 0359-968X, 0784-8404, ISBN 951-40-1107-4.

- Mikkonen, E. & Wuolijoki, E. 1975. Pikatestausten suoritusmekaniikka. Summary: The technique of short-term testing. Metsätehon katsaus 9. 5 s.
- Mikkonen, T. 1988a. Ojitusalueiden hakkuu tavaralajimenetelmällä. Metsähallitus, kehittämisjaosto, tutkimusselostus 153. 48 s.
- 1988b. Pitkän puutavaran valmistus ojitusalueella. Metsähallitus, kehittämisjaosto, tiedote 2/1988. 4 s. ISSN 0875-5311
- Mäkelä, M. 1989a. Koneellinen puunkorjuu männikön ensimmäisessä harvennuksessa. Metsätehon katsaus 2. 6 s.
- 1989b. Koneellinen puunkorjuu kuusikon ensimmäisessä harvennuksessa. Metsätehon katsaus 10. 6 s.
- 1990. Turvemaiden koneellinen puunkorjuu kesäaikaisissa ensiharvennuksissa. Metsätehon katsaus 4. 6 s.
- Niskanen, M. 1985. Puunkorjuu ojitusalueemetsistä. Koneurakoitsija 8: 30–31.
- Nordfjell, T. 1988. Minilunnare användare och driftserfarenheter 1987. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsteknik. Stencil 96. 23 + 4 s.
- Ohjekirje soiden metsätaloudellisesta käytöstä. 1987. Metsähallitus. N:o Tmh. 906. 12 + 6 s.
- Ojitusalueiden puunkorjuun ja metsänparannustöiden yhteensovittaminen. 1989. Metsätehon opas. 40 s. ISBN 951-673-113-9.
- Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951–1984. Summary: Peatland forests in Finland in 1951–1984. Folia Forestalia 714. 29 s. ISBN 951-40-0810-3, ISSN 0015-5543.
- Parviainen, R. 1989. Routaantumisen ja roudan vaikutus suon kantavuuteen. Metsäteknologian pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 56 s.
- Peltonen, A. 1986. Metsien uudistaminen turvemaiden kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Summary: Forest regeneration on peatlands in the six southernmost forestry board districts of Finland. Folia Forestalia 679. 26 s.
- Pohjola, T. 1983. Puuston vaihtelu ojitusalueiden nuorissa kasvatusmetsissä. Metsähallituksen kehittämisjaosto, tutkimusselostus 137. 10 s.
- Päivänen, J. 1982. Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen. Summary: The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area. Folia Forestalia 516. 19 s. ISBN 951-40-0568-6, ISSN 0015-5543.
- 1990a. Suometsät ja niiden hoito. Kirjayhtymä. Helsinki. 231 s. ISBN 951-26-3059-1.
- 1990b. Pohjoisen havumetsävyöhykkeen suot ja niiden metsätaloudellinen hyväksikäyttö. Silva Fennica 24(2): 261–266. ISSN 0037-5330.
- Rantonen, H. & Päivänen, J. 1989. Kasvatusmetsien metsänhoidollinen tila ojitusalueilla puunkorjuun jälkeen. Summary: Silvicultural condition of tree stands after thinning on peatlands. Silva Fennica 23(1): 33–50. ISSN 0037-5330.
- Rieppo, K. 1986a. Uusi Farmi Trac -telamaasturi. Metsätehon katsaus 16. 4 s.
- 1986b. Telakarhu 2000 -telamaasturi. Metsätehon katsaus 17. 5 s.
- 1986c. Uusia ja uudistettuja metsäkoneita. Metsätehon katsaus 20. 2 s.
- Rummukainen, A. 1982. Suon fysikaaliset ominaisuudet ja maaperätutkan soveltuvuus niiden tutkimiseen. Metsäteknologian pro gradu -työ. Helsingin yliopisto. 93 s.
- 1984. Peatland properties and their evaluation for wood harvesting. Tiivistelmä: Suon ominaisuudet ja niiden tutkiminen puunkorjuun kannalta. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksen tiedonantoja 45. 119 s. ISBN 951-45-3314-5, ISSN 0355-1148.
- 1985. Turvemaiden kulkukelpoisuuteen vaikuttavien tekijöiden inventointi. Metsänarvioimistieteen sivulaudaturtyö. Helsingin yliopisto. 44 s.
- Ryytänen, S. & Mutikainen, A. 1991. Minimaster 4x4 WD -pienetraktori ensiharvennuksessa. Summary: Minimaster 4x4 WD mini-tractor in first thinning. Työtehoseuran metsätiedote 10. 4 s. ISSN 0782-6818.
- Saarilahti, M. 1978. Suon kantavuuden määrittäminen metsätien rakentamista varten. Summary: Determining the bearing capacity of peat soil in forest road planning. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksen tiedonantoja 37. 98 s.
- 1981. Koneiden uppoaminen suometsien puunkorjuussa. Silva Fennica 15(3): 323–331.
- 1982. Tutkimuksia radioaalto menetelmien soveltuvuudesta turvemaiden kulkukelpoisuuden arviointiin. Summary: Studies on the possibilities of using radar techniques in detecting the trafficability of peatlands. Acta Forestalia Fennica 176. 105 s.
- Scholander, J. 1976. Några jämförande konpenetreringsförsök på elementarmark. Summary: Some comparative cone penetrometer tests on different types of organic soil (muskeg). Samarbetsorganisationen för Fordon-Markforskning, Stockholm. Meddelande 22: 31–36.
- Seuna, P. 1988. Effects of clear-cutting and forestry drainage on runoff in the Nurmes study. In: Symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions. Suomen Akatemian julkaisu 4: 122–134.
- Sirén, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa. Summary: Stand damage in thinning operations. Folia Forestalia 474. 23 s.
- 1990. Pienet hakkuukoneet varhaisissa harvennushakkuissa. NSR-tutkimus. Summary: Small multi-function machines in early thinning operations. A joint Nordic NSR-study. Folia Forestalia 743. 29 s. ISBN 951-40-1084-1, ISSN 0015-5543.
- , Ala-Ilomäki, J. & Högnäs, T. 1987. Harvennuksiin soveltuvan metsäkuljetuskaluston maastokelpoisuus. Summary: Mobility of forwarding vehicles used in thinnings. Folia Forestalia 692. 60 s. ISBN 951-40-0784-0, ISSN 0015-5543.
- Säteri, L. 1991. Metsäkoneiden myyntitilasto 1990. Metsätehon moniste. 9 s.
- Takalo, S. & Myllymäki, T. 1984. Honda-puutarhaktori kuormajuonnossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 161. 34 s. ISBN 951-40-0938-X, ISSN 0358-4263.
- & Väyrynen, S. 1982. Terri-telamaasturi puutavaran maastokuljetuksessa. Summary: Terri light crawler in timber transport. Folia Forestalia 538. 21 s. ISBN 951-40-0594-5, ISSN 0015-5543.
- Trulsson, B. 1987. Marknadsutveckling för småskalig skogsutrustning under åren 1980–1986. Summary:

The sales of small-scale forestry equipment 1980–1986. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsteknik. Uppsatser och resultat 109. 25 + 5 s. ISSN 0282-2377, ISBN 91-576-3259-6.

Vilkko, J. 1986. Metsätraktorin suokelpoisuuden parantaminen. Metsähallitus, kehittämisjaosto, koelostus 237. 27 s.

Voutilainen, J. 1990. Terri kulki vetten päällä. Koneviesti 21: 39–41.

Wismer, R. D. & Luth, H. J. 1973. Off-road traction prediction for wheeled vehicles. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 17 (1): 8–10, 14.

Wong, J.Y. 1989. Terramechanics and off-road vehicles. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. 251 s. ISBN 0-444-88301-0.

Total of 76 references

Summary

Forest harvesting on peatlands

In Finland there are 9 mill. ha of peatlands classified as forestry land. About half of the peatlands have been drained for higher wood production. Of the total forest area — 20 mill. ha, with a mean annual growth of more than 1 m³/ha — peatland forests account for a quarter. The regional variation in land class distribution is illustrated in Fig. 1. The classification of peatland forests is presented in Table 1.

The importance of peatland forests is increasing. The allowable cut in peatland forests has been increased from about 5 mill. m³ per annum to about 9 mill. m³/a through drainage and intensified silvicultural measures.

Growth rate is used as a criteria for determining rotation period instead of biological age in peatland forests. Natural regeneration is often preferred to artificial one. Silvicultural measures often carried out in peatland forests are site preparation, precommercial thinning and fertilizing with potassium and phosphate.

According to national forest inventory the allowable area to be harvested annually in peatland forests is 157 000 ha. The share of first commercial thinnings is 40 % while other commercial thinnings, clear-cut or cutting of standovers, and other cuttings have a share of 25, 30 and 5 %, respectively.

Detailed information on cutting potential in privately owned peatland forests is given in Figures 2 and 3 as well as in Table 2. Information on peatland forests managed by National Board of Forestry is presented in Table 3.

The logging conditions in peatland forests are often unfavourable. The bearing capacity of the ground is poor most of the year and difficult to determine, which complicates felling and extraction practices. According to forest harvesting specialists there should be either a frost layer of at least 20 cm or, when there is no frost, a snow cover of 40 cm or more to facilitate extraction with medium-sized forwarders. Some examples of theoretical length of transporting season for forwarders in peatland

forests based on snow and frost depth measurements are given in Figure 4. Other factors affecting forest harvesting include the ditch network, low timber volume to be harvested, uneven density of stands (Fig. 5), superficial root system of the trees as well as the unavailability of forests roads due to the high construction costs, which results in long extraction distances.

The trafficability of a site is mostly determined by the eye. The thickness of the peat layer and the distance between surface and ground water level may be measured, but more accurate, easy-to-use devices and methods are currently not available for practical forest operations. Several methods like vane shear test (Fig. 6), Cone Index, BEVA, radio wave probe, radiometer, subsurface interface radar, etc. have been used for experimental and research purposes (see Rummukainen 1984 and Wong 1989 for details).

In peatland forests the cutting is mostly done manually with a chainsaw. The productivity in manual cutting of shortwood is 7 m³ per day in thinnings and 9 m³ per day in regeneration cuttings. Productivity can be doubled by omitting the delimiting of pulpwood.

Small harvesters are less than 2 m wide and have a mass of 5 to 7 tonnes. The engine has less than 60 kW, and the reach of the crane is 5.5 to 7.5 m. The most popular makes are Farmi Trac, Nokka, Finntrac and Motokärppä which are priced in the range of 600 000 to 800 000 FIM (1 USD = 4.10 FIM, September 1991). The 2.5 to 2.8 m wide medium-sized harvesters with 75 to 115 kW engines and 8.5. to 9.5 m cranes weigh 9 to 13 tonnes. The prices range from 1 to 1.5 mill. FIM. See Table 4 for cost and productivity data.

Majority of extraction in peatland forests is carried out with medium-sized forwarders with a carrying capacity of 10 to 12 tonnes. The 6 or 8 wheel machines measure 2.5 m in width and 8.5 m in length and have 70 to 90 kW engine as well as a 10 m loader. The prices are around 1 mill. FIM and the hourly costs in the range of

270 FIM. In thinnings on peatlands the productivity is about 80 m³ per day. The ground pressure loaded is 90 kPa without tracks and 50 kPa with tracks.

Light forwarders weigh 6 to 9 tonnes and have a carrying capacity of 3 to 8 tonnes. The machines cost 360 000 to 850 000 FIM while operating costs are 230 to 250 FIM/h. The ground pressure of the wheeled models are equal to those of the medium-sized ones, while for the tracked light forwarders the figure is about 35 kPa. The productivity of light forwarders is 75 to 80 per cent of that of medium-sized ones. As the operating costs are only 10 to 15 per cent lower, the cost per m³ with the light forwarders is 5 to 20 per cent higher compared to medium-sized forwarders. By using light forwarders on sites not trafficable for heavier machines savings can be gained through reduced interest expenses for wood and reduced deterioration of wood.

Forwarder accessories (Table 5) may be utilized in order to minimize ground pressure. E.g. by using narrow extra wheels on the front axle and high flotation tracks on the bogie (Figs. 7 and 8), the ground pressure was reduced to 39 kPa (by 24 %) on the front axle and to 26 kPa (by 23 %) on the bogie axle. The rut depth was reduced by 40 % compared to conventionally equipped forwarder (chains and conventional tracks).

Four-wheel-drive agricultural tractors with self-propelled trailers have also been found suitable for professional use in peatland forests under winter conditions. All-terrain vehicles (Fig. 9) may also be useful especially in delivery sales carried out by forest-owners themselves.

Harvesting is entirely based on shortwood method. Strip roads are normally located some 10 to 15 m from the ditch, and the distance between the strip roads is 20 to 30 m. The logs and pulpwood piles must usually lie within 10 m from the strip road for medium-sized forwarders. A narrower timber zone and a more dense strip road network are required when using light forwarders. Timing of logging operations is illustrated in Figure 10.

Delimiting may sometimes be limited to sawlog-size timber only. The undelimited pulpwood may be chipped at the landing or transported to the mill and delimiting in a modified debarking drum.

A follow-up study of rubber-tracked light forwarders (Fig. 11), in which 13 contractors were involved, revealed that these machines were sometimes operating in stands originally planned to be harvested with conventional forwarders, but were untrafficable for them. See Table 6 for productivity data. As discussed earlier, the unit cost for light forwarder is higher than that of medium-sized forwarder. The unit cost actually paid for the contractor is, however, equal to or even less than that of a forwarder in similar conditions.

Meri Trackmo tracked forwarder (Fig. 12), a prototype specialized machine for extraction in peatland forests was studied at two operations. The productivity was about 9 m³/h in thinnings, when the removal was 70...110 m³/ha and the extraction distance 300...400 m. Afterwards, the machine was followed up for 80 work days. In this study the average productivity in first thinnings (9 stands) and clear cuts (4 stands) was 10 m³/h for the mean extraction distance of 320 m. The distribution of the effective working time is presented in Table 7. The hourly cost was 5 to 13 % higher compared to that of a medium-sized forwarder. Three of the 13 stands were on mineral soils on which stones and stumps caused breakdowns in track system. The vulnerability of the track system clearly limited the potential use of the machine. The machine has been used more in peat production. It has never been in serial production for forestry use.

In peatland forests it is most important to carefully coordinate all operations, e.g. forest road construction, ditching and harvesting. Research should be carried out especially in estimating trafficability. Good cooperation between machine manufacturers, harvesting organizations and research institutions is essential for promoting the development of suitable machines, accessories and working methods for forest harvesting on peatlands.

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) 82 912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 5331 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 51 381

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

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

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* PL 16
96301 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 336 411

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 1514 000

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoebasema
Ruotsinkylä Field Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420



- No 770 Lipponen, Katriina: Juurikäävän kantotartunta ja sen torjunta ensiharvennusemetsiköissä.
Stump infection by *Heterobasidion annosum* and its control in stands at the first thinning stage.
- No 771 Selander, Jukka & Immonen, Auli: Lannoituksen vaikutus männynntaimen tuhonalttiuteen tukkimiehentäille.
Effect of fertilization on the susceptibility of Scots pine seedlings to the large pine weevil, *Hyllobius abietis*.
- No 772 Sirén, Matti (toim.) Flerträdsteknik och skonsamma maskiner i förstagallring. Slutrapport från ett av Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd (NSR) genomfört forskningsprojekt, 1987 – 1989.
Puiden joukkokäsittely ja kevyt teknologia ensiharvennuksissa. Yhteispohjoismaisen NSR-projektin loppuraportti, 1987 – 1989.
Multi-tree processing and light technology in first thinnings.
Final report for a research project of the Nordic Research Council on Forest Operations (NSR), 1987 – 1989.
- No 773 Hakki, Pentti: Hakkuupoistuman latvusmassa.
Crown mass of trees at the harvesting phase.
- No 774 Korhonen, Kari T.: Sekamallitekniikalla laadittujen runkokäyramallien käyttö metsäinventoinnissa.
Using taper curve models based on mixed linear models in forest inventory.
- No 775 Oja, Seppo & Salonen, Tommi (toim.): Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1990.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1990.
- No 776 Mielikäinen, Kari & Valkonen, Sauli: Harvennustavan vaikutus varttuneen metsikön tuotokseen ja tuottoihin Etelä-Suomessa.
Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands in southern Finland.
- No 777 Tamminen, Pekka: Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu.
Expression of soil nutrient status and regional variation in soil fertility of forested sites in southern Finland.
- No 778 Kaunisto, Seppo: Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla.
Soil analysis as a means of determining the nutrient regime on some afforested peatland fields at Alkkia.
- No 779 Eeronheimo, Olli: Suometsien puunkorjuu.
Forest harvesting on peatlands.