

## Kunnostusojitustarpeen arviointi Pohjois-Suomessa

Evaluation of the need for ditch network maintenance in northern Finland.

Risto Lauhanen, Marja-Leena Piironen, Timo Penttilä & Eero Kolehmainen

*Risto Lauhanen, The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station, FIN-39700 Parkano, Finland*

*Marja-Leena Piironen, The Finnish Forest Research Institute, Muhos Research Station, FIN-91500 Muhos, Finland*

*Timo Penttilä, The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, FIN-96100 Rovaniemi, Finland*

*Eero Kolehmainen, Hopeatie 10 C 51, FIN-00440 Helsinki, Finland*

Factors affecting the need for ditch network maintenance in northern Finland were studied. In addition, the effect of ditch network maintenance on stand growth was estimated. A dataset containing ditch, tree stand, site type and climate variables was built up on the basis of the permanent sample plots (SINKA) on peatlands. Regression analysis as well as discriminant analysis were used to identify factors and criteria that could be used to identify sites that would respond to ditch network maintenance. Instead of the ditch condition class, ditch age and depth proved to be the variables reflecting the need for ditch network maintenance. The volume of the tree stand was influenced the most by the temperature sum and age of ditching. Stand volume growth was influenced the most by the volume of the tree stand. The site type index or the volume of the tree stand did not give useful information for the planning of ditch network maintenance. When ditch age was 10–40 years, complementary ditching increased stand growth of pine mires by 0.6–1.0 and 1.5–1.9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> on spruce-birch swamps.

Key words: complementary drainage, decision making, ditch cleaning, forest drainage, stand growth, tree stand

### JOHDANTO

Metsäojituksen tavoitteena on ollut soiden ja soistuneiden kankaiden puuntuotoksen lisääminen. Metsäojitustoiminta oli laajimmillaan 1960-luvun lopulla, jolloin soita kuivatettiin keskimäärin vajaa 300 000 hehtaaria vuodessa (Sevola 1996). Runsaan 5 miljoonan hehtaarin ojituksilla ja muulla metsänparannustoiminnalla suometsien vuotuisia hakkuumahdollisuuksia oli saatu lisättyä noin 10 miljoonaa kuutiometriä 1980–1990 lukujen

taitteeseen mennessä (Paavilainen & Tiihonen 1988). Nykyisin ojitettujen soiden puuston vuotuinen kasvu on 14,9 miljoonaa kuutiometriä eli vajaa 20 prosenttia maamme metsien kokoinaiskasvusta (Tomppo 1997).

Uudisojituksen jälkeen metsäojat mataloituvat ja niiden kuivatusteho heikkenee useista eri syistä (Multamäki 1934, Lukkala 1948). Muun muassa liettyminen, sammalet, ruohot ja heinät huonontavat ojien kuntoa ja toimivuutta. Heikuraisen (1957) mukaan ojat mataloituivat suhteessa sitä

enemmän, mitä syvemmiksi ne oli kaivettu. Myös tekotavan vaikutuksesta oijen kuntoon on keskusteltu. Timonen (1983) ei kuitenkaan löytänyt eroja kaivuri- ja auraojien mitoista pitkällä aikavälillä. Nykyisin myös koneellinen puunkorjuu vaurioittaa metsäojia (Ojitusalueiden... 1989).

Metsäojituksen painopiste on siirtynyt 1990-luvun alussa uudisojituksesta kunnostusojitukseen (Sevola 1996). Keltikankaan ym. (1986) laajan inventointitutkimuksen mukaan kunnostusojituksen tulisi painottua metsäojien perkaukseen. Koko maan kunnostusojitustarpeen on arvioitu olevan noin 100 000 hehtaaria vuodessa (Metsä 2000... 1985, Keltikangas ym. 1986). Käytännössä vuotuinen kunnostusojitusala on 1990-luvulla ollut noin 80 000 hehtaaria (Sevola 1996).

Kunnostusojitustarpeen toteamisen ja menettämävallinnan tueksi tarvitaan tutkimustietoa eri kunnostusojitustoimenpiteiden puuntuotannollisista vaikutuksista sekä kustannus-hyöty -suhteista. Kunnostusojitusinvestoinnin on laskettu tuottavan parhaimmillaan metsänomistajalle 9–10 prosentin sisäisen koron, mutta joissakin tapauksissa kunnostusojitus on ollut yksityistaloudellisesti kannattamatonta (Aarnio ym. 1997). Kunnostusojituksen kohdevalinnan suhteen on oltava entistä kriittisempiä myös siksi, että julkinen metsänparannusrahoitus on viime vuosina vähentynyt.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin ojitusalueiden nykytilaa ja kunnostustarvetta Keski-Pohjanmaalla sekä Oulun ja Lapin lääneissä. Tavoitteena oli oja- ja puustotunnusten sekä niiden välisten vuorosuhteiden perusteella etsiä käytännönläheisiä kriteereitä kunnostusojitustarpeen ja ajankohdan määrittämisen avuksi. Lisäksi vertailtiin puuston tilavuuskasvua kunnostusojitetuilla ja kunnostusojittamattomilla räme- ja korpikohteilla.

## AINEISTO JA MENETELMÄT

### Kasvupaikka- ja puustotunnukset

Tutkimusaineisto koostui kahteen kertaan, vuosina 1984–1994 inventoiduista suometsien pysyvistä kasvukoealoista eli SINKA-koealoista (Penttilä ja Honkanen 1986). VMI 7:n aineistoon pohjautuvien koealojen tärkeimmän ositteen muodostivat mäntyvaltaiset, metsänkasvatuskelpoiset ojitetut suot silloisilla Keski-Pohjanmaan, Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun, Lapin ja Koillis-Suomen piirimetsälautakuntien alueilla.

SINKA-tietoja on kerätty kolmella hierarkkisella tasolla, jotka ovat metsikkö, koeala ja puu (Penttilä & Honkanen 1986). Ojatiedot liittyvät koealatasoon. Kussakin SINKA-metsiköissä on kolme koealaa.

Kasvupaikkatunnuksista määritettiin inventointien yhteydessä mm. turvelaji, turpeen paksuus ja suotyypin lisämääreinen (Penttilä & Honkanen 1986). Laskennassa kasvupaikat luokiteltiin suotyyppien pääryhmiin eli rämeisiin, korpiin ja nevoihin kuten Heikuraisen (1957) tutkimuksessa. Yksittäisten suotyyppien tarkastelussa aineisto olisi pilkkoutunut liikaa. Lisäksi laskennassa käytettiin metsäojitusboniteettia (bon), joka jatkuvana muuttujana kuvaa kasvupaikan puuntuotoskykyä suotyypin viljavuusindeksin ( $v_i$ ) ja sen mahdollisen lisämääreen ja lämpösummaan (TS) perustuvan alueindeksin ( $a_i$ ) funktiona (yhtälöt 1 ja 2) (Heikurainen 1973).

$$\text{bon} = v_i \cdot a_i / 1000 \quad (1)$$

$$a_i = 112,5 \cdot 10^{-0,000000817 \cdot (\text{TS} - 1481,6)^2} \quad (2)$$

Hehtaarikohtaiset puustotunnukset laskettiin KPL-laskentaohjelmistolla metsikkökoealojen puiden luvun perusteella (Penttilä & Honkanen 1986, Heinonen 1994, Taulukko 1).

Viimeisen 10 vuoden aikana lannoitetut tai harvennetut metsiköt rajattiin pois laskentatietokannasta. Hakkuiden ja lannoitusten hyväksyminen olisi voinut vääristää oja- ja puustotietojen välisten vuorosuhteiden analysointia ja pelkän kunnostusojituksen kasvuvaikutusten tutkimista (ks. Heikurainen 1980, Laine 1986, Olkinuora 1990, Ahti & Päivänen 1997). Lisäksi tuhojen vaaamat metsiköt rajattiin pois. Käytännössä metsikkökoealan puuston tilavuuden tuli olla toisessa SINKA-inventoinnissa suurempi kuin ensimmäisessä inventoinnissa.

Rämemetsiköiden pääpuulaji oli yleisimmin mänty (95% metsiköistä), korpimetsiköiden taasen hieskoivu (61% metsiköistä) tai kuusi (27% metsiköistä). Nevat puolestaan olivat mäntyvaltaisia (56% metsiköistä). Puuston tilavuuden vaihtelu oli suurta. Ojitetuissa rämemetsiköissä puuston keskitilavuus oli  $68 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , korpimetsiköissä  $108 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ja nevoilla  $61 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Taulukko 1). Vastaavasti puuston tilavuuskasvu oli rämemetsiköissä keskimäärin  $2,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , korpimetsiköissä  $3,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ja nevametsiköissä  $2,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

## Ojatiedot

SINKA-inventoinnin yhteydessä ojista oli mitattu ojan kaltevuus, syvyys ja pintaleveys. Lisäksi oli määritetty ojatyypit (avo-oja, salaoja, piilo-oja, vesivako) ja ojan tehtävä (valtaoja, sarkaoja, niskaoja, pisto-oja, haarukkoja). Ojien ikä- ja kaivutiedot (lapio, aura, jyrsin, kaivuri) saatiin metsälautakuntien ojitussasiakirjoista (Penttilä & Honkanen 1986). Ojan kuntoluokka arvioitiin silmävaresesti inventointien yhteydessä Keltikankaan ym. (1986) esittämällä tavalla seuraavasti; kuntoluokka 1 = hyvä, 2 = jokseenkin hyvä, 3 = tyydyttävä, 4 = melko huono sekä 5 = huono (perkaustarve kiireellinen).

Laskenta-aineistoon otettiin mukaan avo-ojat, jotka oli inventoitu kahteen kertaan vuosina 1984–1994. Valtaojat ja luonnonpurot jätettiin aineistosta pois. Niiden sijaan keskityttiin varsinaisiin kuivatusojiiin, sillä niiden kuntoa ja mittoja oli seurattu aikaisemmissakin tutkimuksissa (Heikurainen 1957, 1980, Isoaho ym. 1993; vrt. Kokkonen

1923). Myös useat suometsien kasvu- ja tuotostutkimukset perustuvat kuivatusojiiin rajoittuviin koealoihin (Heikurainen 1980, Laine 1986, Ahti 1995, Ahti & Päivänen 1997).

Laskentaan otettiin mukaan ojat, joiden syvyys toisessa inventoinnissa oli enintään 100 cm (Taulukko 2). Koska alkuperäisistä kaivumitoista ei ollut varmaa tietoa, näin eliminoitiin mahdolliset ylisyvät kuivatusojat pois aineistosta (Metsänparannusohjeisto... 1993). Ojien enimmäisikä rajoitettiin 40 vuodeksi. Näiden osuus oja-aineistosta oli 95%. Toisaalta nykyisin mittavin perkaustarve on 20–30 vuotta vanhoilla ojilla (Keltikangas ym. 1986).

Ojitussasiakirjojen sekä maastomittausten perusteella ojat jaettiin alkuperäisiin uudisojiiin ( $n = 977$ , koko aineistosta 86,7%) sekä perkaus- ( $n = 28$ , 2,5%) ja täydennysojiiin ( $n = 122$ , 10,8%). Perkausojien vähäisyys johtui siitä, että metsäojien perkauksia päästiin tekemään valtion varoilla yksityismailla vasta vuonna 1987. Toisaalta osa vanhoista perkauksista saattoi jäädä havaitsematta

Taulukko 1. Ojitusmetsiköiden puusto- ja kasvupaikkatunnukset korpisoilla ( $n = 81$ ), rämeillä ( $n = 140$ ) ja nevoilla ( $n = 9$ ).  $n$  = havaintojen lukumäärä.

Table 1. Characteristics of the studied tree stands and sites (drained spruce swamps  $n = 81$ , pine mires  $n = 140$  and fens  $n = 9$ ).  $n$  = number of observations.

Muuttuja Variable	Symboli Symbol	Keskiarvo Mean	Vaihteluväli Range
<b>Korvet — Spruce swamps</b>			
Tilavuus, $m^3 ha^{-1}$ — Stand volume	V	108,3	22,7–221,9
Tilavuuskasvu, $m^3 ha^{-1} a^{-1}$ — Volume growth	$I_v$	3,8	0,9–9,6
Korkeus m.p.y., m — Elevation asl.	asl	91	2–280
Lämpösumma, dd°C — Temperature sum	TS	990	777–1057
Turvekerros, cm — Peat depth	peat	56	12–100
Boniteetti, (1–10) — Site type index	bon	6,3	3,4–8,3
<b>Rämeet — Pine mires</b>			
Tilavuus, $m^3 ha^{-1}$ — Stand volume	V	67,8	2,5–215,3
Tilavuuskasvu, $m^3 ha^{-1} a^{-1}$ — Volume growth	$I_v$	2,8	0,1–8,2
Korkeus mpy, m — Elevation asl.	asl	135	30–300
Lämpösumma, dd°C — Temperature sum	TS	958	735–1060
Turvekerros, cm — Peat depth	peat	59	8–100
Boniteetti, (1–10) — Site type index	bon	3,4	1,3–6,5
<b>Nevat — Fens</b>			
Tilavuus, $m^3 ha^{-1}$ — Stand volume	V	60,7	12,7–150,2
Tilavuuskasvu, $m^3 ha^{-1} a^{-1}$ — Volume growth	$I_v$	2,7	0,8–4,4
Korkeus mpy, m — Elevation asl.	asl	101	57–200
Lämpösumma, dd°C — Temperature sum	TS	987	940–1060
Turvekerros, cm — Peat depth	peat	90	63–100
Boniteetti, (1–10) — Site type index	bon	3,8	2,7–5,2

SINKA-koealoja perustettaessa. Suurin osa, noin 31% uudisojista oli Lapin metsälautakunnassa ja 27% Pohjois-Pohjanmaalla. Kaivuriojien osuus uudisojista oli 64,2%, auraojien 31,3% ja lapioojien 4,1%.

### Toimenpidesuosituksukset

Metsikkötason toimenpide-ehdotuksia arvioidessaan maastoryhmät olivat toimineet Tapion tai metsälautakuntien ohjeista riippumatta. Kunnostusojittamattomista metsiköistä 25% oli kasvatushakkuun tarpeessa. Taimikonhoitoa suositeltiin 7% metsiköistä. Suurimmalle osalle (59%) metsiköistä ei suositeltu lainkaan hoitotoimia. Ojan perkausta suositeltiin 17% ja täydennysojittamista 9% metsiköistä.

Koko aineiston metsiköistä 38% oli kunnostusojituksen tarpeessa. Suurin kunnostusojitustarve oli Kainuussa (45% metsiköistä) ja vähäisin Koillis-Suomessa (32%).

### Aineiston käsittely

Aineisto kuvattiin sekä tulokset laskettiin ja esitettiin kaikkien kaivutapojen osalta, jos ei toisin mainita. Osa tuloksista esitettiin myös kaivurilla

tehtyjen ojastojen osalta, koska konekaivu vakiinnutti asemansa metsäojituksessa 1960-luvun lopulla (Heikurainen 1984, Lauhanen 1992).

Tilastollisissa analyyseissä laskettiin muuttujien jakaumat regressioanalyysejä varten sekä muuttujien aritmeettiset keskiarvot ja hajonnat.  $X^2$ -testillä tutkittiin ojien kuntoluokkien muutosta inventointien välillä. Studentin t-testillä tutkittiin, erosivatko alkuperäisten uudisojien ja täydennysojien keskisyvyudet toisistaan (Ranta ym. 1989). Lisäksi t-testillä tutkittiin kaivutavan (aura vs. kaivuri) vaikutusta yli 20 vuotta vanhojen, alkupe-  
räisten uudisojien keskisyvyyteen. Samoin t-testillä verrattiin kunnostusojittamattomien ja täydennysojitettujen räme- ja korpipuustojen vuotuis-  
ta tilavuuskasvua. Tällöin ojan ikä oli vähintään 10 vuotta, rämeen metsäojitusboniteetti 2–5 ja korven 4–8, jotta tuloksia voitii verrata käynnissä ole-  
viin tutkimuksiin (Ahti 1995, Ahti & Päivänen 1997, Hökkä 1997).

Oja- ja puustotunnusten välisiä vuorosuhteita tutkittiin korrelaatioanalyyseillä. Uudisojitusalueita koskevat, yksinkertaiset ojan syvyyttä, puuston tilavuutta ja puuston kasvua selittävät regressiomallit laadittiin BMDP:n 9R (best subset) -ohjelmistolla. Multikollineaarisuusongelman (Ranta ym. 1989) vuoksi lämpösumma ja metsäojitusboniteetti tai puuston tilavuus ja pohjapinta-ala eivät saaneet olla selittävinä muuttujina samassa

Taulukko 2. Uudisojien ja täydennysojien syvyydet (cm) inventoinneittain (inventoinnin numero muuttujan nimen jäljessä) sekä ojan ikä (a) toisessa inventoinnissa korpisoilla, rämeillä ja nevoilla. (n = havaintojen lukumäärä, a = keskiarvo, b = keskihajonta ja c = vaihteluväli).

Table 2. Ditch depth (cm) in the first inventory and ditch depth (cm) and ditch age (a) in the second inventory material. The numbers 1 and 2 after variables indicate the inventory. (n = number of observations, a = mean, b = standard deviation, c = range).

	Ojan syvyys 1 Ditch depth		Ojan syvyys 2 Ditch depth		Ojan ikä 2 Ditch age	
	a ± b	c	a ± b	c	a ± b	c
<b>Korvet — Spruce swamps</b>						
Uudisojat (n = 296) — Initial ditches	57 ± 19	0–112	53 ± 18	0–99	21 ± 7	7–39
Täydennysojat (n = 45) — Complementary ditches	58 ± 16	32–92	53 ± 15	28–83	20 ± 8	7–30
<b>Rämeet — Pine mires</b>						
Uudisojat (n = 639) — Initial ditches	60 ± 17	0–115	56 ± 17	0–100	20 ± 6	6–39
Täydennysojat (n = 69) — Complementary ditches	59 ± 11	31–80	58 ± 11	30–77	21 ± 7	7–35
<b>Nevat — Fens</b>						
Uudisojat (n = 42) — Initial ditches	52 ± 17	22–88	50 ± 18	22–100	26 ± 6	17–32

regressiomallissa. Lisäksi puuston tilavuuskasvua tutkittiin malleilla, joissa uudis- ja täydennysojista käsiteltiin dummy-muuttujana.

Eteenpäin askeltavan erotteluanalyysin avulla tutkittiin, mihin kuntoluokkaan (ryhmään) yksittäinen oja kuului. Toisin sanoen ojatasolla tutkittiin, miten hyvin (oikein) ojan syvyys ja ikä, koealan metsäojitusboniteetti, turpeen paksuus sekä metsikön lämpösomma ja korkeus merenpinnasta luokittelivat toisessa inventoinnissa arvioitua ojan kuntoluokkaa (1–5). Analyysissa sovellettiin toisen inventoinnin tietoja. Vastaavasti metsikkötasolla analysoitiin, miten puusto- ja kasvupaikkatunnukset sekä ojitusalueen ikä luokittelivat metsikön kunnostusojitustarvetta (ojan perkaus, täydennysojitus vai ei mitään), kun luokittelun vertailukohtana olivat maastoryhmien tekemät ja käytännön ohjeista riippumattomat päätelmät kunnostusojitustarpeesta.

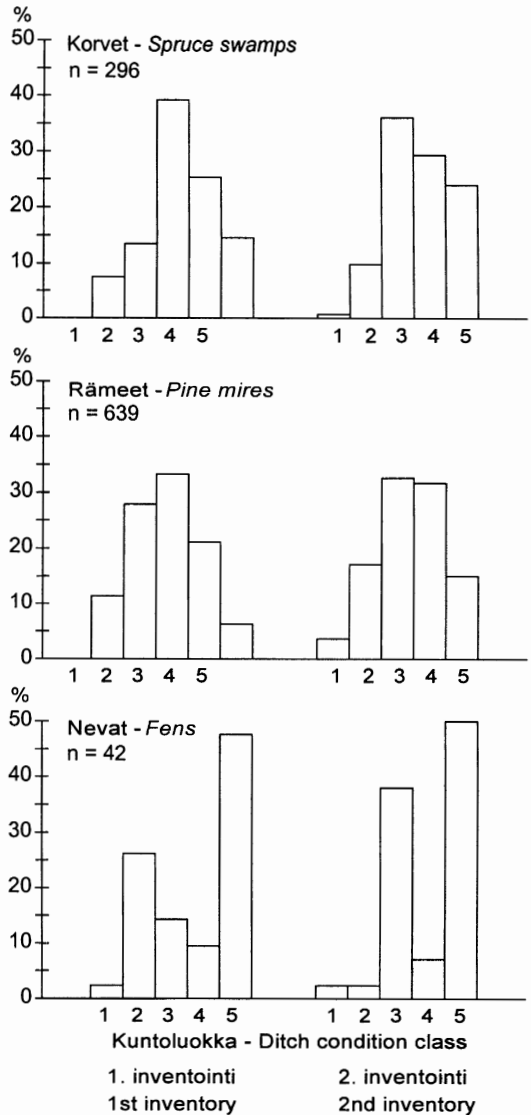
Erotteluanalyysissä eri muuttujista ( $X_i$ ) muodostettiin lineaarikombinaatioita ( $Z_i$ ), jotka erottelivat ryhmät (ojien kuntoluokat tai kunnostusojitusuusositukset) toisistaan ryhmien sisäisistä ja niiden välisistä keskineliöistä johdetun F-suhteen avulla (yhtälö 3). Lineaarikombinaation kertoimet ( $b_i$ ) eri muuttujille ( $X_i$ ) laskettiin siten, että F-suhde maksimoitui. Askeltava tekniikka minimoi kombinaatioon mukaan tulevien muuttujien lukumäärän. Erotteluanalyysin onnistumista mitattiin laskemalla, kuinka suuri osuus (%) ryhmien havaintoyksiköistä onnistuttiin luokittelemaan oikein erottelufunktioiden avulla (ks. esim. Ranta ym. 1989, BMDP... 1990, Hytönen & Ekola 1993).

$$Z_i = b_{i1} \cdot X_1 + b_{i2} \cdot X_2 + \dots + b_{ip} \cdot X_p \quad (3)$$

**TULOKSET**

**Ojien kunto**

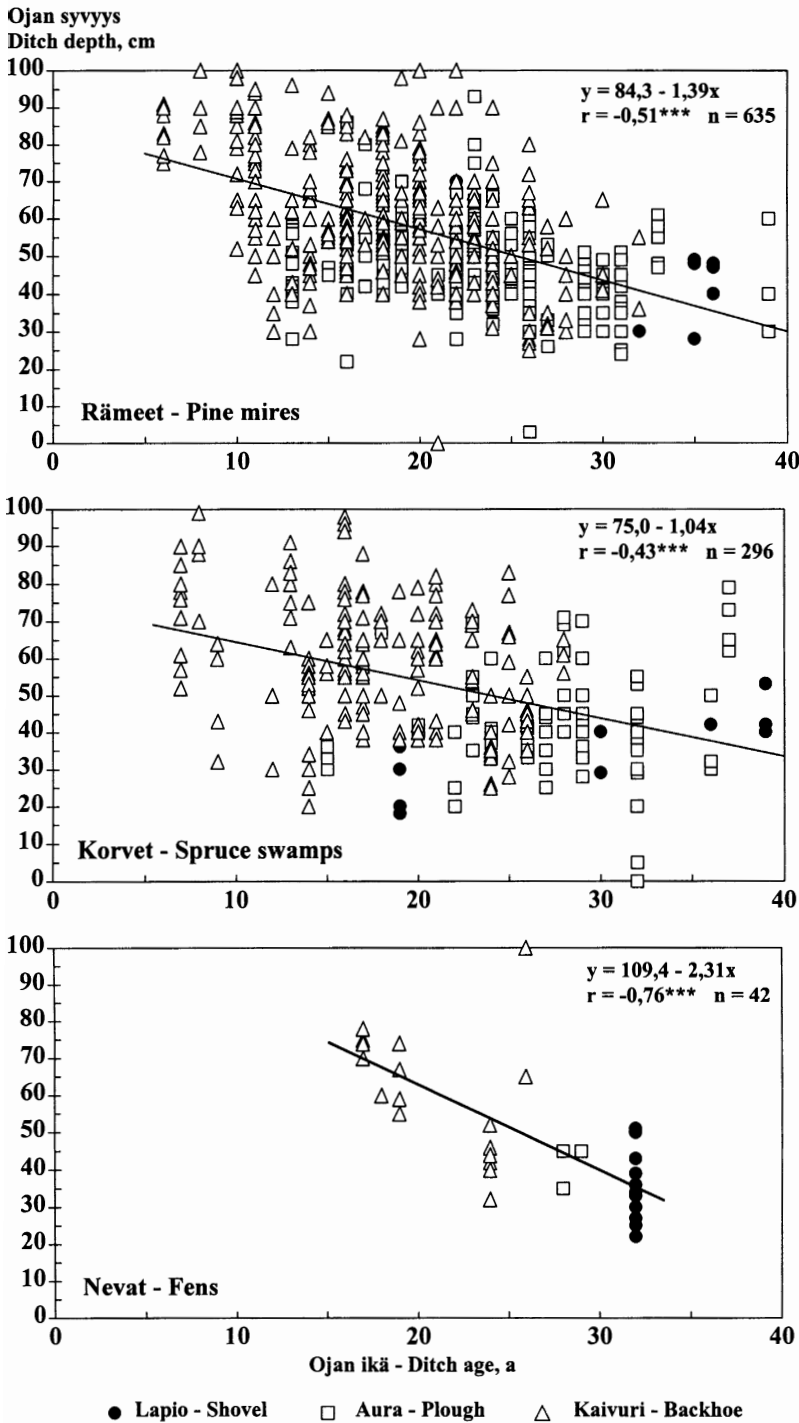
Sekä rämeillä ( $X^2 = 849,1$ ,  $p < 0,000$ ,  $n = 639$ ) että korpisoilla ( $X^2 = 375,7$ ,  $p < 0,000$ ,  $n = 296$ ) vanhojen uudisojien kunto oli huonontunut ensimmäisen ja toisen SINKA-inventoinnin välillä (Kuva 1). Rämeojista oli inventointien välillä mataloitunut 56% ja korpiojista 59%. Havaintojen vähäinen lukumäärä ei mahdollistanut  $X^2$ -testin käyttöä nevoilla, eikä toisalta minkään suotyypiryhmän perkaus- ja täydennysojien kuntokehityksen arvioinnissa.



Kuva 1. Uudisojien kuntoluokkajakauma (%) inventoinneittain eri suotyypien pääryhmissä. Kuntoluokat: 1 = hyvä, 2 = jokseenkin hyvä, 3 = tyydyttävä, 4 = melko huono sekä 5 = huono (perkaustarve kiireellinen). n = havaintojen lukumäärä.

Figure 1. The proportions of ditch condition classes of the initial ditches (%) by different peatland forest site types in the first and the second inventory. Ditch condition classes: 1 = good, class 2 = quite good, class 3 = satisfactory, class 4 = quite poor, and class 5 = poor in urgent need of ditch cleaning. n = number of observations.

Oja-, puusto- ja kasvupaikkatunnukset luokittelivat oikein 61% rämeojien kuntoluokasta huono



Kuva 2. Uudisojien syvyydet 2. inventoinnissa ojan iän suhteen eri suotyypin pääryhmissä. Selitykset: havainnot kaivutavoittain merkitty eri symboleilla. Oikealla ylhäällä regressioyhtälö ( $y$ ), Pearsonin korrelaatiokerroin ( $r$ ) sekä havaintojen lukumäärä ( $n$ ).

Figure 2. Depth of the initial ditches at the time of the 2nd inventory as a function of ditch age. Legend: different symbols describe the ditching method. Above right the regression equation ( $y$ ), Pearson's correlation coefficient ( $r$ ) with the number of observations ( $n$ ).

(luokka 5) ja 83% kuntoluokasta hyvä (luokka 1). Muiden kuntoluokkien osalta luokiteltiin oikein

20–47%. Korpjojen kuntoluokasta huono (luokka 5) analyysi luokitteli oikein 66% ja kuntoluokasta

hyvä (luokka 1) 100%. Muista kuntoluokista luokiteltiin oikein 42–56%. Rämellä erottelufunktioon tulivat mukaan ojan syvyys ( $F = 62,0$ ), ojan ikä ( $F = 12,0$ ), metsikkökoelan runkoluku ( $F = 6,5$ ), turpeen paksuus ( $F = 14,4$ ), boniteetti ( $F = 4,4$ ) sekä koelan puuston tilavuuskasvu ( $F = 6,5$ ). Korpisoiden erottelufunktiossa olivat mukana ojan syvyys ( $F = 43,4$ ), metsikkökoelan puuston pohjapinta-ala ( $F = 6,2$ ), turpeen paksuus ( $F = 5,6$ ), korkeus merenpinnasta ( $F = 6,0$ ), boniteetti ( $F = 6,6$ ) sekä ojitusikä ( $F = 5,5$ ).

### Ojien syvyys ja ikä

Alkuperäiset uudisojat mataloituivat ajan myötä kaikissa suotyypin pääryhmissä uudisojituksen jälkeen (Taulukko 2, Kuva 2). Syvyyden vaihtelu oli voimakkainta heti ojituksen jälkeisinä vuosina. Rämellä ojat mataloituivat 60 cm:n syvyyteen keskimäärin 17 vuoden kuluessa uudisojituksesta, korpisoilla 14 vuoden ja nevoilla 21 vuoden kuluessa uudisojituksesta (Kuva 2). Vastaavasti rämellä ojat mataloituivat 50 cm:n syvyyteen keskimäärin 25 vuoden, korpisoilla 24 ja nevoilla 26 vuoden kuluttua uudisojituksesta.

Erotteluanalyysiaineistossa rämellä tyydyttävän (kuntoluokka 3) ojan keskisyvyys oli 58 cm, melko huonon (kuntoluokka 4) 52 cm ja huonon (kuntoluokka 5) 43 cm. Huonon rämehoajan ikä oli keskimäärin 24 vuotta. Korpisoilla tyydyttävän ojan keskisyvyys oli 57 cm, melko huonon 51 cm ja huonon ojan 39 cm. Huonon korpiojan keskimääräinen ikä oli 25 vuotta.

Ojan kuntoluokan kasvaessa sen kunto siis huononi, ja samalla oja mataloitui. Rämellä ja korpisoilla uudisojan syvyyden ja kuntoluokan välinen Pearson'in yksinkertainen korrelaatiokerroin oli  $-0,54$ – $-0,50$  inventoinnista ja kaivutavasta riippuen. Nevoilla vastaava kerroin oli  $-0,88$ – $-0,83$ .

Sekä rämellä että korpisoilla enintään 40 vuotiiden täydennysojien ja uudisojien keskisyvytydet eivät poikenneet toisistaan merkitsevästi, (Taulukko 2). Rämellä 20–40 vuotiaat, alkuperäiset auraajat (46 cm) olivat matalampia ( $p < 0,001$ ) kuin vastaavan ikäiset kaivurioajat (55 cm). Myös korpisoilla auraajat (43 cm) olivat merkitsevästi ( $p < 0,001$ ) kaivuriojia matalampia (54 cm). Ne-

voilla vastaava tarkastelu ei ollut mahdollista aineiston vähäisyyden takia.

### Oja-, puusto- ja kasvupaikkatunnusten väliset suhteet

Kaivutavasta ja suotyypin pääryhmästä riippuen puuston tilavuustunnusten sekä uudisojia koskevien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet olivat itseisarvoltaan  $0,04$ – $0,25$  eli melko pienet. Täydennysojien osalta vastaavat kertoimet olivat  $0,02$ – $0,49$ .

Puusto- ja oja- ja kasvupaikkatunnusten välisiä vuorosuhteita kuvaavat regressiomallit olivat merkitseviä. Mallien selityksasteet olivat kaivuriojasto-ten osalta  $21$ – $48\%$  (Taulukko 3), ja kaikkien kaivutapojen osalta  $14$ – $42\%$ . Alkuperäisen uudisojan syvyyttä selittivät parhaiten ojan ikä ja turvekerroksen paksuus (Taulukko 3). Lämpösumma selitti puuston tilavuutta metsäojitusboniteettia paremmin. Ojan ikä oli merkitsevä puuston tilavuuden selittäjä. Puuston tilavuus selitti parhaiten puuston viiden vuoden tilavuuskasvua. Rämellä puuston kasvu alkoi taantua, kun se kaivuriojastoilla ylitti  $122 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Taulukko 3) ja koko aineistossa  $134 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ :n raja-arvon.

### Kunnostusojituksen vaikutus puuston tilavuuskasvuun

Täydennysojitetuilla rämekoaloilla puuston tilavuuskasvu ( $3,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) oli  $0,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  suurempi ( $p < 0,05$ ) kuin uudisojitetuilla koaloilla. Vastaavasti korpisoilla tilavuuskasvu oli täydennysojitetuilla koaloilla  $1,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  suurempi ( $p < 0,001$ ) kuin uudisojitetuilla koaloilla ( $3,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ). Kaivuriojastoissa täydennysojituskoalojen kasvu oli rämellä  $1,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ( $p < 0,05$ ) ja korpisoilla  $1,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ( $p < 0,001$ ) suurempi kuin uudisojitetuilla koaloilla.

Regressioanalyysin mukaan täydennysojitus lisäsi puuston kasvua korpisoilla (dummy-muuttujan regressiokertoimen  $t$ -arvo  $= 3,15$ ,  $p < 0,002$ ). Muutoin täydennysojituksen vaikutus puuston kasvuun oli regressioanalyysin perusteella suuntaa antavaa sekä kaikkien ojastojen että pelkkien kaivuriojastojen osalta.

### Kunnostusojitustarpeeseen vaikuttavat tekijät

Rämeiden täydennysojitustarpeesta erotteluanalyysi luokitteli oikein 27% ja perkaustarpeesta 51%, kun kaikki kaivutavat olivat tarkastelussa mukana. Ei kunnostusojitustarvetta -tapauksista luokiteltiin oikein 66%. Metsikön ojitusikä ( $F = 6,8$ ) luokitteli parhaiten rämeiden kunnostusojitustarvetta. Lämpösumma ( $F = 2,1$ ), turpeen paksuus ( $F = 3,5$ ) sekä puuston tilavuus ( $F = 0,3$ ) eivät tulleet erottelufunktion mukaan. Korpisoilla ei löytynyt merkitseviä metsikkötason muuttujia kunnostusojitustarpeen luokittelijoiksi. Ojitusikä ( $F = 3,4$ ) oli suuntaa antava luokittelija.

### TARKASTELU

Tutkimuksessa keskityttiin pohjoisen Suomen metsäojitusalueiden tilaan ja toimenpidetarpeeseen. Uudisojen kunto huononi ja ne mataloituivat

ajan suhteen, mikä on ilmennyt aikaisemmissakin tutkimuksissa (mm. Multämäki 1934, Lukkala 1948, Heikurainen 1957, 1980, Keltikangas ym. 1986). Perkausojien vähäinen lukumäärä rajoitti niiden kuntoluokkakehityksen luotettavaa tarkastelua. Myös täydennysojien kunnan huononemista on pidettävä viitteellisenä tuloksena (Kolehmainen 1997).

Pohjois-Suomessa alkuperäiset uudisojat mataloituivat 50–60 cm:n syvyyteen keskimäärin 14–26 vuodessa (Kuva 2). Erotteluanalyysin mukaan perkaustarpeessa ollut melko huono oja oli korpisoilla keskimäärin 51 cm ja rämeillä 52 cm syvä. Huono oja puolestaan oli korpisoilla 39 cm ja rämeillä 43 cm syvä. Ojat olivat tällöin keskimäärin 24–25 vuotta vanhoja. Heikuraisen (1980) mukaan vajaan 20 vuoden kuluttua uudisojituksesta rämepuuston kasvu alkaa taantua Etelä-Suomessa, kun 63 cm tai sitä matalammat ojat eivät enää toimi.

Taulukko 3. Uudisojan syvyyttä ( $S$ , cm), puuston tilavuutta ( $V$ ,  $m^3 ha^{-1}$ ) sekä puuston 5 vuoden tilavuuskasvua ( $I_v$ ,  $m^3 ha^{-1}$ ) selittävät regressiomallit. Muuttujat; age = ojan ikä, peat = turvekerroksen paksuus, TS = lämpösumma, bon = metsäojitusboniteetti.  $R^2$  = mallin selitysaste,  $F$  = mallin  $F$ -arvo,  $P$  =  $F$ -arvon merkitsevyys sekä  $df$  = mallin vapausasteet. Kunkin yhtälön alapuolella riippumattomien, yksittäisten selittävien muuttujien regressiokertoimien  $t$ -arvojen merkitsevyydet ( $p$ ). Kaivuriojat.

Table 3. Regression models explaining ditch depth ( $S$ ), stand volume ( $V$ ) and five-year stand growth ( $I_v$ ). Variables age = ditch age, peat = thickness of peat layer, TS = temperature sum, bon = site type index.  $R^2$  = coefficient of the determination of the model,  $F$  =  $F$ -value of the model, its significance =  $P$ , and  $df$  = degrees of freedom. The significances ( $p$ ) of the  $t$ -values of the individual regression coefficients given below the model. Initial ditches dug by excavators and backhoes.

Malli — Model	$R^2$	$F$	$P$	$df$
<b>Korvet — Spruce swamps</b>				
$S = 72,4 - 1,16 \cdot \text{age} + 0,14 \cdot \text{peat}$ $p < 0,000 \quad p < 0,000 \quad p < 0,000$	0,21	25,3	< 0,000	2,186
$V = - 355,3 + 1,70 \cdot \text{age} + 0,42 \cdot \text{TS}$ $p < 0,000 \quad p = 0,012 \quad p < 0,000$	0,24	30,8	< 0,000	2,191
$I_v = 17,1 - 0,10 \cdot \text{peat} + 0,095 \cdot V$ $p < 0,000 \quad p < 0,000 \quad p < 0,000$	0,26	31,5	< 0,000	2,183
<b>Rämeet — Pine mires</b>				
$S = 88,8 - 1,42 \cdot \text{age} + 0,10 \cdot \text{peat} - 2,21 \cdot \text{bon}$ $p < 0,000 \quad p < 0,000 \quad p < 0,000 \quad p = 0,013$	0,29	53,1	< 0,000	3,390
$V = - 264,5 + 1,23 \cdot \text{age} + 0,31 \cdot \text{TS}$ $p < 0,000 \quad p < 0,000 \quad p < 0,000$	0,37	118,0	< 0,000	2,405
$I_v = 6,05 - 0,04 \cdot S + 0,35 \cdot V - 0,00143 \cdot V^2$ $p < 0,000 \quad p = 0,031 \quad p < 0,000 \quad p < 0,000$	0,48	122,8	< 0,000	3,404



Tässä tutkimuksessa rämeillä ja korpisoilla 20–40 -vuotiaat alkuperäiset kaivuriojat olivat keskimäärin syvempiä kuin auraajat. Ojan tekotapa ei kuitenkaan välttämättä yksistään vaikuta ojajmittoihin ajan kuluessa (Timonen 1983). Enintään 40-vuotiaat täydennys- ja uudisojat olivat keskimäärin saman syvyisiä, mikä osoitti myös täydennysojien mataloituvan ajan suhteen (Taulukko 2).

Eri-ikäisten ojien kokonaisperkaustarve Keltikankaan ym. (1986) tutkimuksen pääalueella 1 oli ojituksen iästä riippuen 10,3–49,2% ja välitön perkaustarve (kuntoluokat 4 ja 5) 23,3%. Pääalueella 2 vastaavat luvut olivat 0,8–12,6% ja 4,2%. Tämän tutkimuksen mukaan perkaustarvetta oli vajaalla 20 prosentilla tutkituista kohteista, mutta suhdeluvut eivät ole suoraan vertailukelpoisia Keltikankaan ym. (1986) laajan inventointitutkimuksen kanssa.

Ojan kuntoluokka ei ollut erotteluanalyysin perusteella hyvä kunnostusojitustarpeen päätösmuuttuja. Vain luokat 1 ja 5 kyettiin selvästi erotamaan muista luokista. Subjektiiivinen ojan kuntoluokka voi yliarvioida ojien kunnostustarvetta (Keltikangas ym. 1986, Laine 1986). Tämän tutkimuksen rämeillä ojan syvyyden ja kuntoluokan väliset yksinkertaiset Pearson'in korrelaatiokerroimet olivat samaa suuruusluokkaa kuin Laineen (1986) rämeitä koskevassa tutkimuksessa ( $-0,52 < r < -0,40$ ). Kertoimet olivat siis negatiivisia, koska ojan kuntoluokka kasvoi ojan kunnan huonontuessa. Heikuraisen (1980) vastaava korrelaatiokerroin oli itseisarvoltaan suurempi kuin muissa tutkimuksissa ( $-0,80 < r < -0,78$ ). Heikuraisen (1980) ja Laineen (1986) Etelä- ja Keski-Suomea koskevissa tutkimuksissa puustotunnusten ja uudisojia koskevien muuttujien välille on saatu voimakkaammat riippuvuussuhteet kuin tässä inventointitutkimuksessa. Aineiston vähäisyys rajoitti täydennysojien ja puuston välisten riippuvuussuhteiden tarkastelua.

Korpisoilla puuston keskimääräinen tilavuuskasvu oli täydennysojituskoaloilla  $1,5\text{--}1,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  suurempi kuin kunnostusojittamattomilla koaloilla. Kunnostusojituksen vaikutuksesta korpi- puustojen kasvuun ei ole olemassa julkaistua tietoa ennen tätä tutkimusta. Rämeillä vastaava tilavuuskasvuero oli kaivutavasta riippuen  $0,6\text{--}1,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Tulos tukee aikaisempia tutkimuksia (Ahti 1995, Ahti & Päivänen 1997, Hökkä 1997). Ahdin (1995) sekä Ahdin ja Päiväsen (1997) mukaan täy-

dennysojitus lisäsi selvästi koepuiden sädekasvua vajaassa 10 vuodessa kunnostusojittamattomaan tilanteeseen verrattuna Pohjois-Suomen pienipuustoisilla rämemuuttumilla. Hökkän (1997) esittämien laskelmien perusteella kunnostusojituksen aikaan saama 15 vuoden tilavuuskasvuero kunnostusojittamattomaan tilanteeseen verrattuna oli Pohjois-Suomen rämeillä  $0,3\text{--}1,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  lähtöpuustosta riippuen.

Erotteluanalyysin avulla ei kyetty luokittelemaan korpisoiden kunnostusojitustarvetta. Sen sijaan ojitusikä luokitteli parhaiten rämeiden kunnostusojitustarvetta, kun oikeina pidettiin mittausryhmän maastossa tekemää arvioita. Rämeillä metsäojitusboniteetin tai puuston tilavuuden ja kunnostusojitustarpeen välillä ei ollut selvää yhteyttä erotteluanalyysin mukaan. Suotyypin ja metsäojitusboniteetin määrittämiseen liittyvän subjektiiivisuuden takia puuston tilavuus on selvästi mitattava päätösmuuttuja. Puuston määrä kuvaa epäsuorasti myös kasvupaikan ravinteisuutta. Toisaalta puuston tilavuus kasvoi metsikön ojitusiän aikana (Hökkä 1997). Rämeillä tervettä ja elpymiskykyistä puustoa pitää olla vähintään  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , jotta kohde on kunnostusojituskelpoinen (Metsänparannusohjeisto... 1993). Myös haihdunnallaan suon kuivatuksen hoitavasta puuston tilavuudesta on keskusteltu, vaikkakin selviä tutkimukseen perustuvia tilavuusestimaatteja ei ole olemassa (Laine 1986, Olkinuora 1990, Hökkä 1997). Tämän tutkimuksen rämeillä puuston kasvu alkoi taittua, kun tilavuus ylitti  $122\text{--}134 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Kunnostusojitus voi kuitenkin parantaa puuston kasvua myös tilavuudeltaan suurissa metsiköissä varsinkin saiteina kasvukausina (Aarnio ym. 1997). Puuston tilavuus ei kuitenkaan yksin selitä metsikön kunnostusojitustarvetta. Päätöksenteko riippuu oja- ja kasvupaikkatietojen lisäksi puuston kasvusta, käsittelyistä sekä metsänparannusrahoituksen ehdoista (Ahti ym. 1988, Lauhanen 1992). Tässä tutkimuksessa harvennetut puustot jätettiin laskennasta pois. Käytännössä puuston käsittelyn jälkeen kunnostusojitus on yleensä tarpeen, koska ojat vaurioituvat ja puustopääoman pienentyessä suon pohjavesipinta kohoaa (Heikurainen & Päivänen 1970, Olkinuora 1990, Aarnio ym. 1997).

Käytännössä kunnostusojitustarvetta on tarkasteltava metsikön koko kiertoajan puitteissa osana sen kasvatusohjelmaa. Kunnostusojitusten lukumäärälle ja toimenpidevaihtoehdoille metsikön

kiertoajan suhteen ei ole olemassa kenttämittaustietoa. Esimerkiksi Hökän (1997) esittämän mukaan 1–2 kunnostusojitusta suomet-sikön kiertoaikana riittäisi.

Kunnostusojitustarpeen arviointi erilaisten suomet-siköiden koko kiertoajan tarpeisiin on tulevaisuudessa mahdollista SINKA-koalojen sekä muiden pitkäaikaisten kenttäkokeiden avulla.

Kunnostusojitustarpeen arviointiin metsiköiden määrä ei ollut riittävä, ja toimenpidearvioita onkin pidettävä tämän tutkimuksen sekundäärituloksina. Ojatunnusten välisistä vuorosuhteista saatiin tukea kunnostusojitustarpeen määrittämiseen erityisesti alkuperäisen uudisojan iän ja syvyyden suhteen, mutta puuston kasvun ja ojatunnusten väliset vuorosuhteet vahvistivat vain aikaisempia tutkimustuloksia muuttujien merkityksestä suomet-säekosysteemissä (ks. Hökkä 1997). Rämöiden osalta tutkimus antoi tukea kunnostusojituksen vaikutuksesta puustoon kasvuun (Olkinuora 1990, Ahti & Päivänen 1997, Hökkä 1997). SINKA-koalojen ja käynnissä olevien kenttäkokeiden avulla asian tutkimista on tarpeen jatkaa. Erityisesti puuston tilavuuden alaraja kunnostusojituksen päätöksenteossa on tarpeen selvittää. Sama koskee myös puuston tilavuutta, joka haihdunnallaan ylläpitää suomet-sikön kuivatuksen.

## KIITOKSET

Metsäntutkimuslaitoksen kunnostusojitus-, puuvarojen vaaka- ja syväkäyttö ja suomet-sien kasvututkimusten osana tehty tutkimus toteutettiin Metlan Parkanon, Kannuksen, Muhoksen ja Rovaniemen tulosyksiköissä. MMT Hannu Hökkä, fil. yo Jouni Karhu sekä FM Pekka Leskinen konsultoivat tilastolaskennassa. Ohjelmoija Keijo Polet, toimistos sihteeri Tuire Kilponen sekä tutkimusavustaja Tauno Suomilampi viimeistelivät tutkimuksen kuvamateriaalin. Tohtori Michael Starr tarkasti englanninkielisen tekstin. Tohtorit Erkki Ahti ja Jyrki Hytönen tekivät toimituksen valitsemien ennakkotarkastajien lisäksi varteen otettuja parannusehdotuksia käsikirjoitukseen. Kaikille edellä mainituille parhaimmat kiitokset.

## KIRJALLISUUS

Aarnio, J., Ahti, E., Hytönen, L. A. & Lauhanen, R. 1997. Kunnostusojitus. Julkaisussa: Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.). Kannattava puuntuotanto. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. s. 102–108.

Ahti, E. 1995. Kunnostusojituksen vaikutus pohjavesipin-

nan syvyyteen ja männyn pohjapinta-alan kasvuun karuhkoilla rämömuuttumilla. Teoksessa (toim. Hytönen, J. & Polet, K.): Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540: 49–58.

- Ahti, E. & Päivänen, J. 1997. Response of stand growth and water table level to maintenance of ditch networks within forest drainage areas. In: Trettin, C. C., Jurgensen, M. F., Grigal, D. F., Gale, M. R. & Jeglum, J. K. (eds.). Northern Forested Wetlands: Ecology and Management. CRC Press Inc.; Lewis Publishers, s. 449–457.
- Ahti, E., Päivänen, J. & Vuollekoski, M. 1988. Kunnostusojitus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308: 46–55.
- BMDP PC-90 User's Guide. 1990. BMDP Statistical Software, Inc. Los Angeles. 102 s.
- Heikurainen, L. 1957. Metsäojien pintaleveyden ja syvyyden muuttuminen sekä ojien kunnon säilyminen. Summary: Changes in depth and top width of ditches and the maintaining of their repair. Acta Forestalia Fennica 65(5). 45 s.
- Heikurainen, L. 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä. Summary: A method for calculation of the suitability of peatlands for forest drainage. Acta Forestalia Fennica 131: 1–35.
- Heikurainen, L. 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago. Acta Forestalia Fennica 167. 39 s.
- Heikurainen, L. 1984. Metsäojituksen alkeet. Gaudeamus. Helsinki. 284 s.
- Heikurainen, L. & Päivänen, J. 1970. The effect of thinning, clear cutting, and fertilization on the hydrology of peatland drained for forestry. Seloste: Harvennuksen, avohakkuun, ja lannoituksen vaikutus ojitetun suon vesioloihin. Acta Forestalia Fennica 104. 23 s.
- Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.
- Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsätetyillä pelloilla. Summary: Soil nutrient regime and tree nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland. Folia Forestalia 882: 1–32.
- Hökkä, H. 1997. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 651. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 651. 45 s. + 3 osajulkaisua.
- Isoaho, P., Lauhanen, R. & Saarinen, M. 1993. Metsäojien jatkuvan kunnossapidon vaikutus ojitusalueiden tilaan Keski-Pohjanmaalla. Abstract: Effects of continuous ditch network maintenance on the condition of forest drainage areas in Central Ostrobothnia district. Suo 44(2): 33–41.
- 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.
- Kokkonen, P. 1923. Tutkimuksia viemärien kuntoon vaikut-

- tavista seikoista. Summary: Studies of the circumstances affecting the condition of drainage canals. *Acta Forestalia Fennica* 27. 220 s. + 16 kuvaliitettä.
- Kolehmainen, E. 1997. Kunnostusojitusalueiden ojien kunto ja siihen vaikuttavat tekijät. Helsingin yliopisto. Suomensäätieteen tutkimus. 71 s.
- Laine, J. 1986. Kuivatustekniikan, kuivatussyvyyden ja puuston kasvun välisiä vuorosuhteita 25-vuotta vanhoilla rämeojitusalueilla. Tutkimussopimushankkeen "Metsäojitettujen soiden ekologia" loppuraportti. 24 s. + 25 kuva- ja taulukkoliitettä.
- Lauhanen, R. 1992. Kunnostusojituksen ongelmat ja tutkimustarpeet. Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 409. 45 s.
- Lukkala, O. J. 1948. Metsäojien kunnossapito. Referat: Die Instandhaltung der Waldgräben. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 36(1). 64 s.
- Metsänparannusohjeisto. 1993. Metsäkeskus Tapio. 24. 5. 1993. Moniste. 85 s. + 4 liitettä.
- Metsä 2000 -ohjelman pääraportti. 1985. Talousneuvosto. Valtion painatuskeskus. 189 s.
- Multamäki, S. E. 1934. Metsäojien mittojen ja muodon muuttumisesta. Referat: Über die Grössen- und Formveränderungen der Waldgräben. *Acta Forestalia Fennica* 40. 59 s.
- Ojitusalueiden puunkorjuun ja metsänparannustöiden yhteensovittaminen. 1989. Metsäteho. Helsinki. 40 s.
- Olkinuora, M. 1990. Kunnostusojituksen vaikutus pohjavesipinnan tasoon ja puuston kasvuun. Tutkielma. Helsingin yliopisto. 54 s.
- Paavilainen, E. & Tiuhonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951–1984. Summary: Peatland forests in Finland in 1951–1984. *Folia Forestalia* 714. 29 s.
- Penttilä, T. & Honkanen, M. 1986. Suometsien pysyvien kasvukoalojen (SINKA) maastotyöohjeet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 226. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 226. 98 s.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1989. Biometria. Tilastotiedettä ekologeille. Yliopistopaino. Helsinki. 569 s.
- Sevola, Y. (toim.). 1996. Metsätalastollinen vuosikirja 1996. Yearbook of forest statistics 1996. *Metsäntutkimuslaitos*. SVT, maa- ja metsätalous 3. 352 s.
- Timonen, E. 1983. Havainnot aurauksen- ja kaivurioiden mitoista ja kunnosta soilla. Summary: The size and condition of ditches made by ploughs and tractor diggers in drained peatlands. *Suo* 34(2):29–39.
- Tomppo, E. 1997. Suometsät inventointien valossa, kasvu ja toimenpiteet. Esitelmä Metsäpäivillä Tampereella 27. 11. 1997. *Moniste*. 5 s.

## SUMMARY

### Evaluation of the need for ditch network maintenance in northern Finland

Factors affecting the need for ditch network maintenance in northern Finland were studied. In addition, the effect of ditch network maintenance on stand growth was estimated. The ditches and tree stands in the areas of Central Ostrobothnia, Northern Ostrobothnia, Kainuu, North-East Finland and Lapland Private Forestry Boards were studied. A dataset containing ditch, tree stand, site type and climate variables was built up on the basis of the permanent sample SINKA plots on peatlands (Penttilä & Honkanen 1986; Table 1). There were 977 initial ditches, 122 complementary ditches and 28 cleaned ditches in the present database. About 65% of the ditches were on pine mires, 31% on spruce-birch swamps and 4% on fens.

Chi-square test was applied in order to test if there had been a significant change in ditch condition classes between the first and the second SINKA inventories (Ranta ym. 1989). The factors affecting ditch depth, stand volume and stand growth were investigated with the aid of the corre-

lation and regression analysis (Ranta ym. 1989). Differences in stand growth between plots with complementary ditching and plots with initial ditching only, as well as differences between ditch depths given by digging methods, were tested with Student's t-test. A discriminant analysis was carried to identify variables that could be used to classify the need of stand-level ditch network maintenance and the ditch-level ditch condition classes (see Hytönen & Ekola 1993).

The condition of the initial ditches decreased with time since ditching. There was a significant decrease in ditch condition between the two SINKA inventories (Fig. 1, Multamäki 1934, Heikurainen 1957, 1980, Kolehmainen 1997). A decrease in the condition of the complementary ditches was also indicated. On pine mires, the mean ditch depth was 50 cm 25 years after the initial ditching. On spruce swamps, the mean depth was 50 cm 24 years and on fens, 26 years after the initial ditching (Fig. 2).

For the ditches of 20–40 years age, those dug

by excavators or backhoes were deeper (the present ditch depth) than those dug by ploughs ( $p < 0.001$ ). On pine mires and spruce swamps there was no difference between the depth of initial ditches and the depth of complementary ditches for ditches  $\leq 40$  years old, if all ditching methods were considered (Table 2).

Rather than ditch condition class, ditch age and current ditch depth were better variables describing the need for ditch network maintenance. According to regression analysis, stand volume was affected the most by the temperature sum and the age of initial ditching. Volume growth was affected the most by stand volume (Table 3). Tree stand or site type index were not so good in predicting the ditch network maintenance as the ditch variables did.

The mean volume of the tree stand on old drainage areas was  $68 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  on pine mires,  $108 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  on spruce-birch swamps and  $61 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  on pine fens. There was great variation in stand volume however. For ditch network maintenance the minimum stand volume of the growing stock should be  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . On the other hand, on pine mires stand growth began to decrease, if the volume of the tree stand exceeded  $122 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  on areas drained by tractor or excavator (see also regression equation in Table 3).

The mean tree stand growth was  $2.8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

for pine mires,  $3.8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  for spruce-birch swamps and  $2.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  for fens (Tab. 1). On pine mires, complementary ditching increased stand growth significantly ( $p < 0.05$ ) by  $0.6\text{--}1.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  compared to sites with only initial ditching, if the age of the ditching was 10–40 years and the site type index varied from 2 to 5. The increase in stand growth by ditch network maintenance was about of the same level as simulated in a study by Hökkä (1997). On spruce-birch swamps, complementary ditching increased stand growth by  $1.5\text{--}1.9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ( $p < 0.001$ ) compared to sites with initial ditching, if the age of the ditch was 10–40 years and site type index varied from 4 to 8. The ditching method affected the growth results.

About 17% of the sites needed ditch cleaning. The need of complementary ditching was about 9%. The need for ditch network maintenance in northern Finland has been estimated at about the same level as earlier (Keltikangas et al. 1986). About 25% of the sites needed thinning cuttings.

On drained pine mires, the discriminant analysis classified right 27% of the sites as needing complementary ditching and 51% of the sites in need of ditch cleaning. The age of the ditching, however, was the only one variable classifying the need of ditch network maintenance. The need for ditch network maintenance in spruce-birch stands did not use stand-level variables at all.

*Received 8. 4. 1998, accepted 20. 8. 1998*