

METSÄOJIEN SYVYYDEN JA PINTA-
LEVEYDEN MUUTTUMINEN SEKÄ OJIEN
KUNNON SÄILYMINEN

LEO HEIKURAINEN

SUMMARY

*CHANGES IN DEPTH AND TOP WIDTH OF FOREST DITCHES
AND THE MAINTAINING OF THEIR REPAIR*

HELSINKI 1957

Alkusanat

Käsillä olevan tutkimuksen aineisto on kerätty kesällä 1955 Keskusmetsäseura Tapion v. 1930—1939 toteuttamilta metsäojituksilta. Työ liittyy osana vanhojen metsäojitusten nykyistä tilaa ja tuloksia selvitteleviin tutkimuksiin, joita allekirjoittanut on suorittanut osaksi Keskusmetsäseura Tapion, osaksi metsähallituksen toimeksiannosta.

Mieluisa velvollisuuteni on kiittää mainittujen virastojen monia toimihenkilöitä, joiden neuvot ja tuki on tehnyt mahdolliseksi tämän julkaisun syntymisen. Erittäin lämpimänä kiitollisuuteni kohdistuu Tapion metsänparannusosaston johtajaan, metsäneuvos Antti Kaivolaan.

Kenttätöissä on avustanut metsänhoitaja Allan Nousia, ja laskentatyössä on ollut apuna useita henkilöitä, joista haluan erikseen mainita metsänhoitaja Yrjö Puttosen. Englanninkielisen käännöstyön on suorittanut metsänhoitaja Päiviö Riihinen.

Samoin kiitän Kyösti Haatajan Rahastoa sekä Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiötä, jotka ovat merkittävästi tukeneet työn rahoittamista ja Suomen Metsätieteellistä Seuraa, joka on ottanut julkaisuni sarjaansa.

Helsingissä 30. 3. 1957

LEO HEIKURAINEN

Sisällys

Johdanto	5
Tutkimuksen perusteista ja mittausten suorituksesta	7
Aineisto	9
Tulokset	12
Kunnon säilyminen	12
Syvyyden muuttuminen	15
Muuttuminen eri suotyypeillä	15
Ojien mataloituminen	17
Aineiston käsittelyn perusteita	17
Turvekerroksen syvyyden vaikutus	18
Kaivussyvyyden vaikutus	21
Ojan putouksen vaikutus	26
Ojien syventyminen	28
Pintaleveyden muuttuminen	31
Muuttumisen suuruus	31
Muuttumisen syitä	33
Tiivistelmä ja päätelmät	37
Kirjallisuus — <i>References</i>	40
<i>Summary</i>	42

Johdanto

Metsäojien kuntoa ja siihen vaikuttavia tekijöitä sekä metsäojien mittojen muuttumista on etenkin meillä Suomessa tutkittu runsaasti. Samoin on useissa tutkimuksissa kiinnitetty huomiota maanparannustöiden valtaojien kunnon säilymiseen. Yleisintä näyttää olevan kaivettujen ojien pieneneminen, mutta päinvastainenkaan ilmiö, ojien suureneminen, ei ole harvinaista.

KOKKONEN (1923) selvitteli valtaojien kuntoon vaikuttaneita tekijöitä ja ryhmitteli ne meillä ensimmäisenä. Tärkeimpinä tekijöinä hän pitää ojan kaivun aiheuttaman maanpaineen häiriöistä johtuvia ilmiöitä, liettymistä eli veden kuljettaman maan laskeutumista ojaan sekä kasvillisuuden tukkivaa vaikutusta.

MULTAMÄKI (1934) toteaa laajan aineistonsa perusteella, että metsäojien mataloituminen on ollut varsin voimakasta, samoin pintaleveyden pieneneminen, mutta pohjaleveys oli sen sijaan suurentunut. Hän esittää turpeen painumisen eräksi vaikuttavimmista tekijöistä.

LUKKALA (1948) on jaotellut ojat kuntoluokkiin ja selvittänyt mitkä tekijät ovat ojien kuntoon vaikuttaneet. Hän totesi, että iän kasvaessa niiden kunto huononi ja että ojan putous vaikutti selvästi kunnon säilymiseen. Yleisimpinä metsäojien kunnon huonontajina hän piti vesottumista, murtumista ja kasvillisuuden vaikutusta.

Ojien syöpymistä ovat tutkineet mm. KOKKONEN (1916) ja SAARINEN (1935) sekä hietamaihin kaivettujen valtaojien liettymis- ja syöpymisilmiöitä TULKKI (1949). Kaikissa näissä tutkimuksissa todetaan, että syöpymistä esiintyy lähinnä kivennäismaihin kaivetuissa ojissa, joissa veden virtaamisnopeus on liian suuri ja liettymistä, kun virtaamisnopeus on liian pieni.

Alan oppikirjoissa annetaan turpeen painumiselle jopa ratkaiseva merkitys esitettäessä niitä tekijöitä, jotka määräävät ojan syvyyden (esim. HALLAKORPI 1932, LUKKALA 1940, TANTTU 1943), näin varsinkin metsä-

ojien kyseessä ollen. Kuivatuksen aiheuttamaa turvekerroksen painumista on tutkittu runsaasti (esim. KOKKONEN 1923, 1931, STENBERG 1935, HALLAKORPI 1936, LUKKALA 1949, KAITERA 1954 ja AGERBERG 1956). Kysymystä on kuitenkin tutkittu etupäässä viljelystarkoituksiin kuiva-
tuilla ja viljellyillä turvemaidella, vain LUKKALAN (em.) tutkimus koskee varsinaisesti metsäojitetujen turvemaiden painumista, vaikka useista muistakin tutkimuksista löytää tätä koskevia mainintoja. Turvekerroksen painumista koskevissa tutkimuksissa on yleisesti todettu, että painuminen on sitä suurempi mitä syvempi ja märempi turvekerros on. Painuminen on voitu pukea kaavan muotoon, jossa se on suoraan riippuvainen turvekerroksen paksuudesta (HALLAKORPI 1936, s. 102) tai painuminen on esitetty graafisina kuvaajina, joissa se on turpeen syvyydestä riippuvana (yleensä) suoraviivaisena muuttujana (AGERBERG 1956). Turpeen syvyyden lisäksi on mainittu useita muitakin painumiseen vaikuttavia tekijöitä, esim. suotyyppejä tai turvelaji, kuivatuksen ikä ja kuivatussyvyys (KAITERA 1954). Varsinkin viimeksi mainittua on käsitelty useissa tutkimuksissa ja päädytty mielenkiintoisiin, osaksi ristiriitaisiltakin näyttäviin tuloksiin. Edelleen on todettu, että myöskin ojan pohja saattaa painua, mutta toisaalta on voitu osoittaa, että eräissä tapauksissa ojan pohja on päinvastoin kohonnut (vrt. KOKKONEN 1923, s. 98).

Turvemaihin kaivettujen ojien muuttumista ja muuttumisen syitä, etenkin turvekerroksen painumista on siis tutkittu runsaasti. Kuitenkaan ei ole vielä selvitetty välittömästi metsäojien mittojen muuttumista siten, että eri tekijöiden vaikutuksen suuruus olisi voitu määrällisesti ilmaista. Käsillä oleva tutkimus pyrkii selvittämään, miten metsäojien kunto ja mitat, lähinnä ojan syvyys ja pintaleveys, ovat eri tekijöiden vaikutuksesta muuttuneet n. 20 vuoden kuluessa. Tutkitut ojat ovat lapiotyönä kaivettuja ojia, joista valtaosa on ollut ns. sarkaojia. Sarkaojiksi kutsutaan tässä kaikkia niitä ojia, jotka eivät ole ns. valtaojia siis vesiä kokoavia ja poisjohtavia ojia. Täten sarkaojiksi on kutsuttu varsinaisten sarkaojien lisäksi niskaojia, haarukkojia jne. Edellä mainitut lukuisat tutkimukset muodostavat tälle tutkimukselle perustan, jota ilman varsinkin syy-yhteyksien tulkinta olisi ollut vaikeaa.

Tutkimuksen perusteista ja mittausten suorituksesta

Mittaukset tehtiin eräiden muiden tutkimustehtävien ohella. Ennakkolta sattumanvaraisesti määrätty suokuvio muodosti näiden tehtävien perusyksikön, jonka ojista mittaukset tehtiin. Tutkittuja kuvioita oli kaikkiaan 262. Ennen maastotöiden alkua määrättiin kuvioilta sattumanvaraisesti 2—6 ojaa. Näistä ojista otettiin edelleen mitattavat kohdat siten, että esim. ojan alkupäästä otettiin kohdat 40 m, 80 m, 120 m jne. tai ojien loppupäästä vastaavasti tietyt, maastossa helposti tarkoin määritettävät kohdat. Mittauskohtaa ei koskaan otettu ojien risteyskohdan läheltä.

Koska jokaisesta ojasta oli käytettävissä pituusleikkauspiirros sekä ojien kustannusarvio, saatiin kustakin mittauskohdasta selvitettyksi ojan alkuperäinen putous, turpeen syvyys, pohjamaan laatu, turpeen laatu ja suotyyppejä sekä ojan kaivumitat, sivuluiska, pohjaleveys, syvyys ja pintaleveys. Kaikki nämä tekijät poimittiin maastotöitä varten laadittuun lomakkeeseen jo ennen kenttätöiden alkua. Samoin saatiin asiakirjoista ojan kaivuvuosi.

Maastossa selvitettiin ensin mittauskohta, joka useissa tapauksissa oli tarkoin määritettävissä vielä löytyvän ojapaalun avulla, ja niissäkin tapauksissa, jolloin paalua ei löytynyt, mittauskohta voitiin mittauksilla paikallistaa n. 2 metrin tarkkuudella. Ojan syvyys mitattiin siten, että n. 50 cm ojan reunojen yli ulottuva riuku asetettiin ojan päälle ja näin määräytyvästä tasosta suoritettiin mittaus ojan pohjaan desimetrin tarkkuudella sekä samoin ojan pintaleveys. Toisin sanoen mittaus tulokset luokitettiin 10 senttimetrin luokkaväleihin. Mittauksen yhteydessä määritettiin vielä kuntoluokka sekä tarkistettiin jo asiakirjoista poimitut edellä mainitut seikat. Edelleen selvitettiin suoritettujen perkaukset, joista yleensä oli jo asiakirjojen yhteydessä jälkitarkastusmaininnat, mutta jotka maastossa vielä pyrittiin varmentamaan.

Näin saatiin aineisto, jossa kustakin ojan mittauskohdasta on tie-

dossa ojan kaivumitat ja nykyiset mitat sekä joukko tekijöitä, joiden voidaan olettaa tavalla tai toisella vaikuttaneen ojan säilymiseen tai muuttumiseen.

Aineisto on kerätty Keskusmetsäseura Tapion v. 1930—39 toteutetuilla ojituksilla kahdeksassa eteläisimmässä metsänparannuspiirissä. Aineisto jakaantuu näinollen tasaisesti koko etelä- ja keski-Suomen osalle.

Aineisto

Mittauksia suoritettiin yhteensä 1315 kohdassa. Näistä oli perattuja tapauksia 21 % eli 276 ja perkaamattomia 79 % eli 1039. Peratuista oli kuitenkin 121 sellaista, joissa perkaus oli ollut niin lievä, etteivät ojan mitat olleet sanottavasti muuttuneet. Nämä tapaukset hyväksyttiin aineistoon mukaan, mutta muut peratut mittauskohdat on tässä tutkimuksessa poistettu. Täten nyt käsiteltävässä aineistossa on 1160 mittauskohtaa, joissa kaikissa voidaan katsoa ojan muuttumisen saaneen tapahtua kaivun jälkeen häiriintymättä.

Aineiston jakaantuminen suotyyppiryhmiin on seuraava: korpia 439, rämeitä 362 ja nevoja 360. Nevojen ryhmässä on n. 150 mittausalunperin hyvin vetisiltä ja vähäpuisilta sararämeiltä. Tämä yhdistäminen katsottiin asialliseksi siitä syystä, että sararämeiden turve ja niiden vesitalous ovat lähempänä nevoja kuin varsinaisia rämeitä. Yksityiskohtaisempaan tyyppiäotteluun ei ole ollut syytä, koska aineisto tällöin hajaantuisi liiaksi.

Turvesyvyys on luokitettu 10 cm luokkaväleihin ja mittauskohtien jakaantuminen turvesyvyyden perusteella on eri suotyyppiryhmissä seuraava:

	turpeen syvyys, m — thickness of peat layer, m					
	0.1—0.4	0.5—0.8	0.9—1.2	1.3—1.6	1.7—2.0	2+
	mittauskohtia turvesyvyysluokissa, % relative number of measuring points, %					
korvet — spruce-broadleaved tree swamps	51.7	23.3	10.9	2.5	1.6	10.0
rämeet — bogs with ericaceous subshrubs	22.2	15.8	14.0	10.1	4.4	33.5
nevat — wet, treeless, oligotrophic bogs	20.2	20.9	12.8	7.5	3.4	35.1
koko aineisto — entire material	32.8	20.2	12.5	6.4	3.0	25.1

Asetelma osoittaa, että korpiojat on kaivettu matalimpaan turvekerrokseen ja nevaajat syvimpään. Edelleen asetelmasta nähdään, että viimeinen syvyysluokka, 2+ m on huomattavan suuri, toisin sanoen tässä on luokkaväli ilmeisesti suurempi kuin muissa luokissa. Voi myöskin olla mahdollista, että asiakirjoissa, joista turpeen syvyys on poimittu, on 2+ luokkaan merkitty todellisuudessa matalampiturpeisiakin oja, esim. 1.3—2.0 m turvesyvyysluokkia. Tämä on tietysti aineiston heikkous, mutta kuten myöhemmin osoittautuu, ei tällä seikalla ole tulosten merkitsevyyteen sanottavaa vaikutusta.

Jakaantuminen pohjamaan laadun mukaan on seuraava niissä tapauksissa, joissa turvekerros on ollut ohut (0.1—0.4 m).

savi-hiesu	hieta-hiekka	sora
clay—silt	fine sand—sand	gravel
38.0 %	29.0 %	33.0 %

Maalajitteen mukaisessa luokittelussa ei katsottu voitavan käyttää esitettyä ryhmitystä tarkempaa jaottelua, jotta aineisto ei hajaantuisi liikaa.

Ojan kaivussyvyys on luokiteltu 5 cm luokkaväleihin ja aineiston jakaantuminen kaivussyvyyden perusteella on eri suotyypiryhmissä seuraava:

kaivussyv. cm—originally
dug ditch depth, cm... 40—55 60—75 80—95 100—115 120—135 140—155 160—175

	mittauskohtia kaivussyvyysluokissa, % relative number of measuring points, %						
korvet — spruce-broad-leaved tree swamps	10.5	45.6	26.2	12.8	4.9	0.5	0.5
rämeet — bogs with ericaceous shrubs	8.6	17.7	31.6	28.0	13.0	1.1	0.0
nevat — wet, treeless, oligotrophic bogs	4.0	21.3	30.7	29.3	12.1	2.3	0.3
koko aineisto — entire material	7.9	29.5	29.3	22.6	9.3	1.2	0.3

Asetelmasta voimme todeta, että nevojen ojat on kaivettu keskimäärin syvimpiä ja korpien matalimmiksi. Korpiojen syvyys on 78 cm ja nevaoiden 94 cm. Korpiojat siis eroavat muista tässä suhteessa selvästi.

Ojan pohjan kaltevuus eli putous on luokiteltu yleensä 1 m luokkaväleihin ja aineiston jakaantuminen on seuraava:

putous, 1/1000 — gradient, 1/1000 . . . 0.1—1.5 1.6—3.0 3.1—5.0 5.1—8.0 8.1—15.0 15.1—

	mittauskohtia putousluokissa, % relative number of measuring points, %					
korvet — spruce-broadleaved tree swamps	6.8	36.2	12.3	12.3	11.9	20.5
rämeet — bogs with ericaceous shrubs	11.3	40.3	13.6	15.5	9.9	9.4
nevat — wet, treeless, oligotrophic bogs	13.7	47.9	12.5	8.1	7.2	10.6
koko aineisto — entire material	10.3	41.1	12.8	12.0	9.8	14.0

Asetelma osoittaa, että korpiojen putous on ollut selvästi suurin. Pienin putous on ollut nevaajoilla. Koska ojien pituusleikkauspiirroksissa ei ole jyrkkien putouksien kyseessä ollen läheskään aina merkitty näkyviin putouksen suuruutta, on se näissä tapauksissa pyritty määrittämään pituusleikkauspiirroksista, mutta useissa tapauksissa ei liene punnittu edes suon pinnan kaltevuutta, se on piirretty vain arvioiden. Tästä johtuu, että suurimmissa putouksissa on aineistossa epätarkkuuksia, mutta kuten myöhemmin nähdään, ei tämäkään aineiston heikkous vaikuta ainkaan oleellisesti tuloksiin.

Jakaantuminen käytetyn sivuluiskan mukaan on seuraava:

sivuluiska	1:0.5	1:0.6	1:0.7	1:0.8	1:1.0
% tapauksista	4.5	43.5	40.8	11.1	0.1

Sivuluiskat 1:0.6 ja 1:0.7 ovat olleet yleisimmin käytettyjä, myöskin sivuluiska 1:0.8 on melko yleinen. Aineiston jakaantumisesta sivuluiskan suhteen on sanottava, ettei se ole tutkimuksen kannalta mitenkään antoisa, varsinkin kun sivuluiska on ainakin karkeasti ottaen kulloinkin valittu tarkoitusta vastaavalla tavalla.

Jakaantuminen käytettyjen pohjaleveyksien mukaan on vielä pienempää, 0.3 metrin pohjaleveyttä on nimittäin käytetty ylivoimaisesti eniten: 83.9 % ja 0.4 m pohjaleveyttä 15.5 % sekä 0.6 m pohjaleveyttä vain 0.6 % mitatuista tapauksista. Tässä mielessä ei aineisto tarjoa suuriakaan käsittelymahdollisuuksia. Mutta toisaalta aineisto on varsin yhtenäinen.

Tutkittujen ojien ikä vaihteli 25 vuodesta 16 vuoteen, siten että 16—20 vuoden ikäisiä oja oli 54.2 % ja 21—25 vuoden ikäisiä 45.8 %. Keskimäärin voimme siis sanoa ojien olleen 20 vuoden ikäisiä.

Tulokset

Kunnon säilyminen

Ojien kunnon määrittämisessä käytettiin kolmea luokkaa. Luokitus on sama kuin Tapion jälkitarkastuksissa käyttämä (KAIVOLA 1939, TANTTU 1941). Mainittakoon vielä, että LUKKALA (1948) käytti viittä luokkaa.

Tilastoa metsäojien nykyisestä kunnosta on jo aikaisemmin julkaistu (vrt. ILVESSALO 1956 ja HEIKURAINEN 1956). Tässä esitetään vain eräitä tuloksia, jotka valaisevat ojien kuntoon vaikuttavia syysuhteita.

Seuraava asetelma osoittaa miten eri kuntoluokan ojat ovat jakaantuneet ojan iän perusteella.

kuntoluokka repair class	16—20 v. years	21—25 v. years
% kuntoluokan ojista Percentage of ditches in each repair class		
I	55.7	44.3
II	56.6	43.4
III	47.0	53.0

Tulos on luonnollinen: vanhojen ojien kunto on keskimäärin huonompi kuin nuorempien (vrt. myös LUKKALA 1948, s. 12).

Taulukosta 1 nähdään, miten ojien kaivussyvyys on vaikuttanut ojien kuntoon. Taulukon luvut osoittavat, ettei ojan kaivussyvyydellä ole ollut kovinkaan suurta merkitystä kunnon säilymiseen. On kuitenkin muistettava, että kaivussyvyys on tietysti pyritty valitsemaan mahdollisimman tarkoituksenmukaiseksi, joten taulukon lukujen ei välttämättä tarvitse merkitä sitä, ettei kaivussyvyydellä olisi merkitystä kunnon säilymiseen. LUKKALAN (em., s. 12) tulokset ovat hyvin samantapaisia.

Taulukko 1. Eri kuntoluokan ojien jakaantuminen kaivussyvyyden mukaan.
Table 1. Ditches of different repair by originally dug ditch depth.

Kunto- luokka Repair class	Ojan kaivussyvyys, cm Originally dug ditch depth, cm							Yhteensä Total
	40—55	60—75	80—95	100—115	120—135	140—155	160—175	
% kaivussyvyysluokissa Percentage in each original depth class								
I	7.8	25.2	33.7	24.1	6.7	2.1	0.4	100.0
II	9.0	29.5	28.6	23.3	8.1	1.1	0.4	100.0
III	7.6	36.3	32.2	17.4	6.5	0.0	0.0	100.0

Taulukko 2 osoittaa, että turvesyvyys on ilmeisesti vaikuttanut ojien kuntoon. Tulos näkyy vielä selvempänä, jos yhdistämme turpeen syvyysluokat 0.1—0.5 m ja 0.6—1.0 m sekä 1.6—2.0 m ja 2+ m. Kuntoluokasta I on silloin ohutturpeisia 54.5 % ja syväturpeisia 36.6 %; kuntoluokasta III on ohutturpeisia huomattavasti enemmän, kokonaista 68.2 % ja syväturpeisia vain 24.1 %. Tulos merkitsee sitä, että syvään turvekerrokseen kaivetut ojat ovat säilyneet paremmin. Sen sijaan ei ole lainkaan varmaa, että juuri turpeen syvyys olisi tuloksen todellinen aiheuttaja, yhtä hyvin sen ovat voineet vaikuttaa muut tekijät, jotka ovat vain riippuvuus-suhteessa turpeen syvyyteen. Tällainen tekijä lienee ennen kaikkea maan laatu. Syväturpeisissa soissa on oja kaivettu useimmiten vähän maatu-neeseen ja hyvin koossapysyvään turpeeseen, kun taas ohutturpeisissa soissa oja on useimmiten kaivettu maatu-neeseen turpeeseen ja usein osaksi mineraalimaahankin.

Taulukko 2. Eri kuntoluokan ojien jakaantuminen turvesyvyyden mukaan.
Table 2. Ditches of different repair by thickness of peat layer.

Kunto- luokka Repair class	Turpeen syvyys, cm Thickness of peat layer, metres					Yhteensä Total
	0.1—0.5	0.6—1.0	1.1—1.5	1.6—2.0	2 +	
% turpeen syvyysluokissa Percentage in each peat-thickness class						
I	36.6	17.9	8.9	5.8	30.8	100.0
II	40.7	23.4	9.7	3.6	22.6	100.0
III	41.8	26.4	7.7	2.3	21.8	100.0

Taulukko 3. Ohueen turvekerrokseen (0.1—0.5 m) kaivettujen eri kuntoluokan ojien jakaantuminen maan laadun mukaan.

Table 3. Ditches of different repair, dug in thin (0.5—0.1 metre) peat layer, by type of soil.

Kunto- luokka Repair class	Maan laatu — Type of soil			Yhteensä Total
	Sr Gravel	Hk—Ht Sand—Fine sand	Hs—Sv Silt—Clay	
	% maalajiryhmissä Percentage in each soil-type group			
I	31.8	51.6	16.6	100.0
II	34.9	30.6	34.5	100.0
III	29.9	21.2	48.9	100.0

Taulukko 3 antaa selvän kuvan siitä, miten pohjamaan laatu vaikuttaa ojan kuntoon silloin kun oja on kaivettu pääasiassa mineraalimaahan. Karkealajitteisiin maalajeihin kaivetut ojat ovat säilyneet huomattavasti paremmin kuin hienolajitteisiin maalajeihin kaivetut.

Taulukko 4 osoittaa, mikä vaikutus ojan putouksella on ollut kunnan säilymiseen. Taulukossa on käsitelty erikseen korvet ja yhdessä rämeet ja nevat. Molemmissa tyyppiryhmissä on tulos samansuuntainen: kuta suurempi ojan putous on ollut sen paremmin on ojan kunto säilynyt (vrt. myös LUKKALA 1948, s. 12). Liian suuri putous tosin saattaa myöskin aiheuttaa ojan kunnan huononemista, kuten mm. TULKIN (1949, s. 91) tutkimukset ovat osoittaneet. Näin kuitenkin tapahtuu etupäässä valtaojissa. Sen sijaan on todettu, että metsäojissa suuri putous ei yleensä alenna ojan kuntoa (vrt. esim. SAARINEN 1935), vaikka siitä olisikin seurauksena ojan syöpyminen.

Edellä esitetyllä tavalla on koetettu löytää muitakin riippuvuussuhteita, mutta vain edellä esitetyissä voitiin sellainen havaita. Yhteenvedona ojan kuntoon vaikuttaneista esille tulleista seikoista on todettava, että ojan ikä, turpeen syvyys, pohjamaan laatu ja ojan putous ovat selvästi vaikuttaneet ojan kuntoon. Iän mukana ojien kunto heikkenee, ohueen turvekerrokseen kaivetut ojat ovat säilyneet huonommin kuin syvään turvekerrokseen kaivetut. Mineraalimaata leikkaavissa ojissa on ojan kunnan säilyminen riippunut maalajista. Pieniputouksiset ojat ovat huonompikuntoisia kuin jyrkkäviettoiset.

Taulukko 4. Eri kuntoluokan ojien jakaantuminen ojan putouksen mukaan.
Table 4. Ditches of different repair by gradient of ditch bottom.

Kunto- luokka Repair class	Ojan putous 1/1000 Ditch gradient, 1/1000				Yhteensä Total
	—2.0	2.1—6.0	6.1—15.0	15.1—	
	Korvet, % putousluokissa Tree swamps, percentage in each gradient class				
I	23.9	27.5	20.3	28.3	100.0
II	20.5	40.2	21.5	17.8	100.0
III	20.7	46.4	18.3	14.6	100.0
	Rämeet ja nevat, % putousluokissa Ericaceous subshrubs and wet, treeless, bogs, per cent in each gradient class				
I	24.8	34.9	18.3	22.0	100.0
II	29.1	43.0	17.8	10.1	100.0
III	33.4	40.6	15.5	10.5	100.0

Syvyyden muuttuminen Muuttuminen eri suotyypeillä

Taulukosta 5 nähdään ojien syvyyden muuttuminen suotyypiryhmittäin. Luvut osoittavat ensinnäkin, että nevaajat ovat mataloituneet useammin kuin korpiojat. Oheinen asetelma havainnollistaa vielä tulosta.

	syventynyt deepened	säilynyt maintained	mataloitunut bottom filled up
% korpiojista — % of ditches on spruce-broadleaved tree swamps	8.7	11.4	79.9
% rämeojista — % of ditches on bogs with ericaceous subshrubs	7.7	7.5	84.8
% nevaajista — % of ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs	5.6	6.1	88.3

Asetelma osoittaa myöskin, että syventyneitä oja on ollut eniten korvissa ja vähiten nevoilla, samoin on kaivussyvyytensä säilyttäneiden ojien kohdalla. Kun jätämme syventyneet ojat pois, ovat korpiojat mataloi-

Taulukko 5. Ojien syvyyden muutos eri suotyypiryhmissä.
Table 5. Change of ditch depth in different bog-type groups.

Suotyypiryhmä Bog-type group	Ojan syvyyden muutos, dm — Change of ditch depth, decimetres																							
	+12	+11	+10	+9	+8	+7	+6	+5	+4	+3	+2	+1	±0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	
	% tapauksista — Percentage of total frequency																							
Korpi ¹	0.2	0.2	—	0.5	—	0.5	—	0.5	—	0.9	1.8	4.1	11.4	18.7	19.8	18.0	12.9	6.8	2.1	1.4	0.4	—	—	
Räme ²	0.6	—	0.6	0.3	—	—	0.6	—	0.3	—	1.4	3.9	7.5	9.1	16.0	16.1	16.0	13.6	8.6	3.6	0.8	1.0	—	
Neva ³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.8	2.0	2.8	6.1	10.3	13.4	17.0	16.8	15.6	8.7	4.2	1.4	0.3	0.6

¹ Spruce-broadleaved tree swamps

² Bogs with ericaceous subshrubs

³ Wet, treeless, oligotrophic bogs

tuneet keskimäärin 24 cm, rämeojat 34 cm ja nevaajat 36 cm. Kun palautamme mieliin ojien keskisyvyydet, saamme asetelman, joka osoittaa mikä on ojien nykyinen keskisyvyys eri suotyypiryhmissä.

	kaivussyvyys originally dug ditch depth	mataloitunut filling up of ditch bottom	nykyinen syvyys present depth
korpiojat — ditches on spruce-broadleaved tree swamps	78 cm	24 cm	54 cm
rämeojat — ditches on bogs with ericaceous subshrubs	92 »	34 »	58 »
nevaajat — ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs	94 »	36 »	58 »

Asetelman luvuissa kiinnittää erikoisesti huomiota se, että alunperin huomattavasti matalammat korpiojat ovat nyt melkein saman syvyisiä kuin räme- ja nevaajat. MULTAMÄKI (1934) sai tutkimuksessaan tulokseksi, että ojat olivat mataloituneet keskimäärin 75 prosenttiin alkuperäisestä syvyydestä. Tässä tutkimuksessa olisi korpiojien vastaava prosenttiluku 69, rämeojien 63 ja nevaajien 62. Tulosten ero selittyyneen siten, että MULTAMÄEN tutkitut ojat ovat olleet keskimäärin huomattavasti nuorempia.

Ojien mataloituminen

Aineiston käsittelyn perusteita

Seuraavassa pyritään selvittämään mikä osuus eri tekijöillä on ojan mataloitumiseen. Koska ojan syveneminen eli syöpyminen on luonteeltaan aivan toinen tapahtuma ja sen aiheuttavat toiset tekijät kuin ojan mataloitumisen, jätetään syöpyneet ojat tästä käsittelystä pois. On tietysti selvää, että yksityisessä ojassa saattaa vaikuttaa yhtäaikaan sekä ojaa syventäviä että sitä mataloittavia voimia (vrt. TULKKI 1949), mutta jättämällä syöpyneet ojat pois eliminoiduu myöskin syöpyneistä aiheuttavien tekijöiden vaikutus ainakin niin, etteivät ne sanottavasti häiritse mataloitumisen syiden tutkimista.

Ojien kuntoa ja niiden mittojen muuttumista sekä turvekerroksen painumista koskevista tutkimuksista voidaan päätellä, että ojan mataloitumiseen ilmeisesti vaikuttaa merkittävästi turvekerroksen, eritoten ojan reunan turvekerroksen painuminen, johon saattaa liittyä ojan pohjankin painumista mutta eräissä tapauksissa nousemistakin (vrt. mm. KOKKONEN 1931, STENBERG 1935, LUKKALA 1949 ja AGERBERG 1956).

Kuivatuksen vaikutuksesta tapahtuvaan turvekerroksen painumiseen on puolestaan todettu vaikuttavan seuraavat tekijät: turvekerroksen paksuus, suotyyppi, pohjaveden korkeus ennen kuivatusta ja kuivatuksella aikaansaatu pohjaveden aleneminen sekä aika, jonka suo on ollut kuivatuna (KAITERA 1954, s. 534). Aika voidaan tässä tutkimuksessa jättää käsittelyn ulkopuolelle, koska ojien ikä ei vaihtele kovin paljon. Jäljelle jää tällöin turvekerroksen paksuus, kuivatussyvyys, joka voidaan tässä samastaa ojan kaivussyvyyden kanssa ja suotyyppi, joka puolestaan kuvastaa myöskin pohjaveden korkeutta ennen ojitusta.

Ojan syvyyden muutokseen vaikuttaa myöskin ratkaisevasti veden kuljettaman maan painuminen ojan pohjaan sekä kasvillisuuden esiintyminen ojan pohjassa ja luiskilla, samoin ojan reunojen erilaiset särkimisilmiöt (vrt. mm. KOKKONEN 1923, MULTAMÄKI 1934 ja LUKKALA 1948). Valtaosaltaan nämä tekijät ovat riippuvaisia virtaavan veden nopeudesta, johon puolestaan vaikuttaa pääasiassa ojan pohjan kaltevuus eli putous. Tietysti edellä mainittuihin ilmiöihin vaikuttaa muitakin tekijöitä kuten maalaji, suotyyppi, ojan mitat ja muoto sekä tasausviivan erilainen asettelu.

Edellä esitetyn perusteella näyttäisivät siis turvekerroksen paksuus,

ojan kaivussyvyys ja ojan putous olevan sellaisia tekijöitä, joiden vaikutuksen tutkiminen ojan mataloitumiseen olisi aiheellista, samoin suotyppi ja maalaji.

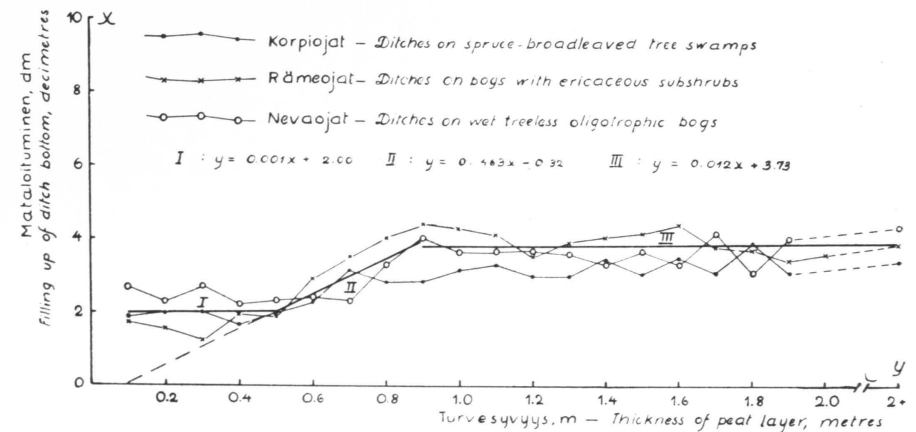
Turvekerroksen syvyyden vaikutus

Ojan syvyyden muuttumisen riippuvuutta turvekerroksen syvyydestä ei ole ennen varsinaisesti tutkittu. MULTAMÄKI (1934) tosin mainitsee, että »nimenomaan ojien syvyyden muuttumiseen vaikuttaakin pääasiassa turpeen painuminen». Ja LUKKALA (1949) on esittänyt, että turvekerroksen paksuus ja ojan reunojen painuminen ovat suorassa riippuvuussuhteessa. Näin siis ojan mataloituminen olisi suoraan riippuvainen turvekerroksen paksuudesta. Tätä riippuvuussuhdetta häiritsee kuitenkin kuivatussyvyys, kuten useista tutkimuksista voidaan päätellä (vrt. esim. KOKKONEN 1931, s. 7 ja 47, STENBERG 1935, s. 182, LUKKALA 1949, s. 49, KAITERA 1954, s. 535 ja AGERBERG 1956, s. 31).

Kuvasta 1 nähdään ojan mataloitumisen riippuvuus turvesyvydestä koko aineiston valossa. Kuvan mukaan ei ohutturpeisissa tapauksissa (0.1—0.5 m) turpeen syvyydellä näytä olevan mitään vaikutusta ojan mataloitumiseen. Turvesyvyyden ollessa 0.5—0.9 m todetaan sensijaan selvä riippuvuussuhde siten, että kun turvekerros syvenee 10 cm, ojan mataloituminen lisääntyy n. 5 cm. Tilastollisesti riippuvuussuhde on erittäin merkitsevä ($T = 5.936^{***}$). Turvekerroksen ylitettyä 0.9 m:n syvyyden ei sillä enää näytä olevan selvää vaikutusta ojan mataloitumiseen.

Eri tyyppiryhmien vastaavia riippuvuussuhteita esittävät kuvassa 1 tasoittamattomat keskiarvomurtoviivat. Pääpiirteissään on murtoviivojen kulku kaikissa tyyppiryhmissä samanluontoinen, mutta yksityiskohdissa on tyyppiryhmien välillä kuitenkin melko selviä eroja. Selvimmin poikkeaa toisista korpiojien murtoviiva. Keskellä oleva nousu on pienempi kuin räme- ja nevaajien murtoviivoissa ja murtoviivan loppupää kulkee alempana kuin toisten kuvaajien. Myöskin rämeojien murtoviivan alkupää ansaitsee huomiota. Se näyttää kulkevan melko suoraviivaisesti kohti nolaa, vasta 0.1 ja 0.2 m syvyyksissä turvesyvyyden vaikutus lakkaa.

Esitetty tulos on selitettävissä seuraavasti. Turvekerroksen painumisesta johtuva turpeen syvyyden mukainen ojan mataloituminen suureni vain ojan kaivussyvyyteen asti. Turpeen syvyyden vaikutushan loppui n. 0.9 m syvyydessä, eli samassa syvyydessä kuin ojien pohja on ollut kai-



Kuva 1. Ojan mataloitumisen riippuvuus turvekerroksen syvyydestä. — Figure 1. The dependence of the filling up of ditch bottom on the thickness of peat layer.

vettaessa. Tätä päätelmää tukevat tyyppiryhmien väliset erotkin. Korpiojien kuvaajassa turpeen syvyyden vaikutus loppui jo 0.7 metrissä ja korpiojat oli alunperin kaivettu matalammiksi kuin muiden tyyppiryhmien ojat.

Se että mataloituminen näytti loppuvan samassa turvesyvyydessä kuin mihin ojien pohja oli ulottunut, ei tarvitse ehdottomasti merkitä sitä, että myöskin turvekerroksen painuminen olisi tässä turvesyvyydessä lakannut. Turvekerroksen painumista on kyllä saattanut jatkaa vielä mainitun rajan jälkeenkin, mutta tällöin on myöskin ojan pohjan täytyntä painua samassa määrin (vrt. esim. LUKKALA 1949, s. 54 ja AGERBERG 1956, s. 31—32).

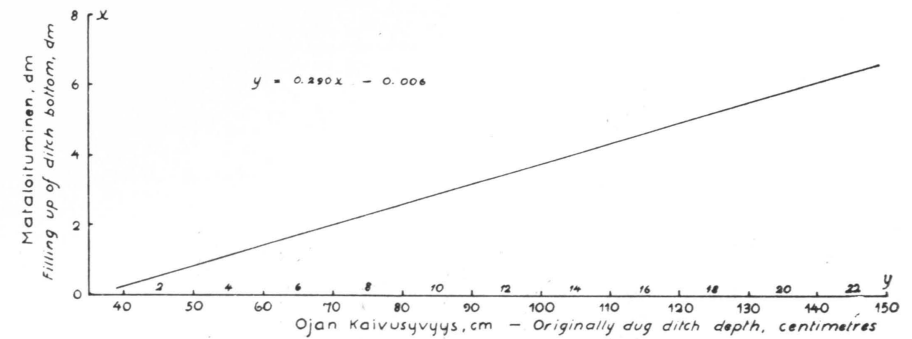
Oman mielenkiintonsa esitettyä tulosta selitettäessä ansaitsevat STENBERGIN (1935, s. 186) tulokset, joissa hän totesi, että turvekerroksen painumista oli tapahtunut vain 0.60—1.40 m kerroksessa. Sikäli kun tämä päätelmä on oikea, se selittäisi myös nyt saadun tuloksen. Pintaturvekerros ei siis olisi painunut eikä siten mataloitannut oja ja turvekerros 0.5—0.9 m olisi painunut ja aiheuttanut todetun ojien mataloitumisen, kun taas sitä syvemmät turvekerrokset olisivat säilyneet painumatta. Tämän tutkimuksen ja Stenbergin tutkimuksen raja-arvojen erokin on hyvin selitettävissä, koska viimeainitussa tutkittiin salaojitetun ja viljellyn suon painumista. Stenbergin tulosta on meillä selittänyt HALLA-

KORPI (1936 s. 106) ja todennut, että tulos merkitsisi sitä, että yleisesti esitetty toteamus painumisen ja turpeen paksuuden välisestä suorasta riippuvuussuhteesta ei pitäisikään paikkaansa. Voidaan kuitenkin olettaa, että pintaturve ei kuivatuksen vaikutuksesta sanottavasti painukaan, koska sen vesimäärä jo luonnontilaisena on pienempi kuin alempana olevien turvekerrosten, eivätkä sitä myöskään paina ylempänä olevat turvekerrokset kuten syvempiä turvekërroksia.

Saatu tulos osoittaa kuitenkin, että ojat ovat mataloituneet ohuessa-kin turvekerroksessa keskimäärin n. 20 cm. Ilmeisesti turpeen syvyyden vaikutus olisikin 0.9 m asti suoraviivainen, jos olisi ollut mahdollista eliminoida muut ojan mataloittamista aiheuttavat tekijät. Tässä esitetyn tuloksen onkin todennäköisesti aiheuttanut se, että mineraalimaahan kaivetuissa ojissa ovat ojan reunojen särkymisilmiöt madaltaneet ojaa, ja niiden vaikutus on ollut sitä suurempi mitä enemmän oja on ulottunut mineraalimaahan. Eli kuten kuva 1 osoittaa, ellei mineraalimaan ojaa mataloittavaa vaikutusta olisi, kulkisi kuvaajan alkupää melkein suoraviivaisesti nolllaan. Tätä päätelmää tukee myöskin rämeojien murtoviivan kulku. Ohueen turvekerrokseen kaivetut rämeojat leikkaavat yleensä hyvin koossapysyvää soraa, joten mineraalimaan häiritsevä vaikutus on rämeojien kohdalla vähäinen.

Yhteenvetona ylläolevasta voidaan sanoa, että turpeen syvyys vaikuttaa ojan syvyyteen siten, että sen kasvaessa ojan mataloituminen lisääntyy: 10 cm:n lisäys turpeen syvyydessä merkitsee melkein 5 cm:n mataloitumista. Turpeen syvyyden vaikutus ulottuu kuitenkin vain niin syvälle kuin ojan pohja turpeessa ulottuu. Sillä turvekerroksella, joka on ojan pohjan alapuolella ei ole vaikutusta ojan mataloitumiseen. Eri tyyppiryhmien välillä on eroja siten, että korpiturpeessa ojan mataloituminen on heikointa.

Tulos tuntuu luonnolliselta ja tulkinta ymmärrettävältä, mutta turveysyvyden vaikutuksen suuruus on liian suuri. LUKKALAN (1949, s. 48) mukaan ojan reunojen turvekerroksen painuminen on ollut n. 40 % ojan syvyydestä 20 vuoden kuivatuksen jälkeen. Tämän tutkimuksen tulos edellyttäisi melkein 50 % painumista. Ero johtunee siitä, että ojan kaivussyvyys on myöskin jonkin verran lisääntynyt turvekerroksen syvyydessä ja kuten seuraavassa tulemme näkemään, on ojan kaivussyvyyden ja ojan mataloitumisen välillä selvä riippuvuussuhde.



Kuva 2. Ojan mataloitumisen riippuvuus ojan kaivussyvyydestä. — Figure 2. The dependence of the filling up of ditch bottom on the originally dug ditch depth.

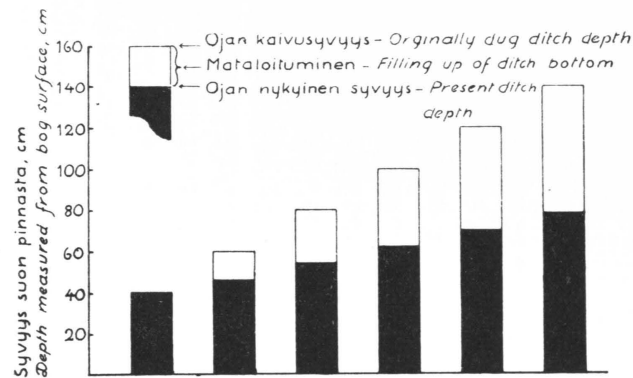
Kaivussyvyyden vaikutus

Melkein kaikissa turvekerroksen painumista käsittelevissä tutkimuksissa todetaan, että kuivatussyvyys vaikuttaa turvekerroksen painumiseen siten, että tehokkaasti kuivattu suo painuu enemmän kuin vähemmän tehokkaasti kuivattu (esim. KOKKONEN 1931, s. 7, LUKKALA 1949, s. 47—48, KAITERA 1954, s. 534 ja AGERBERG 1956, s. 31). Tämän mukaan siis ojan syvyyden pitäisi pienentyä sitä enemmän, mitä syvemmäksi oja kaivetaan. Päätelmää sekoittaa kuitenkin ojan pohjan painuminen, jonka useat tutkijat ovat todenneet (vrt. s. 6). Ojan kaivussyvyyden ja ojan mataloitumisen välistä riippuvuutta ei liene suoranaisesti tutkittu.

Kuva 2 esittää ojan mataloitumista ojan kaivussyvyydestä riippuvana koko aineiston valossa. Ensinnäkin todetaan, että riippuvuussuhde on suoraviivainen ja edelleen, että kun ojan kaivussyvyys suurenee 10 cm, ojan mataloituminen lisääntyy n. 6 cm. Regressio on tilastollisesti erittäin merkitsevä ($T = 30.526^{***}$).

Kuva 3 esittää havainnollisesti, miten alkuaan eri syvyiset ojat ovat 20 vuoden kuluessa muuttuneet. Todettakoon tässä vain, että esim. 60 cm:n ero kaivussyvyydessä on nyt supistunut 24 cm:ksi.

Eri tyyppiryhmille lasketut regressiosuorat ovat kaikki suurin piirtein toistensa kaltaisia, kuten seuraava asetelma osoittaa.



Kuva 3. Eri syvyisten ojen mataloituminen. — Figure 3. The filling up of bottom in ditches of different depth.

korpiojat — ditches on spruce-broadleaved tree swamps	$y = 0.265 X + 0.15$
rämeojat — ditches on bogs with ericaceous subshrubs	$y = 0.322 X - 0.35$
nevaajat — ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs	$y = 0.271 X - 0.35$

Ensinnäkin kaikki ovat suoraviivaisia, samoin osoittautui, että regressio on kaikissa erittäin merkitsevä (rämeojat: $T = 20.563^{***}$, nevaajat: $T = 13.416^{***}$ ja korpiojat: $T = 16.879^{***}$).

Suorien suunnassa on kuitenkin eroja. Erot eivät kuitenkaan ole erikoisen merkittäviä kuten oheinen asetelma, jossa on esitetty regressio-kertoimet ja niiden keskivirheet, osoittaa.

rämeojat — ditches on bogs with ericaceous subshrubs	0.322 ± 0.016
nevaajat — ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs	0.271 ± 0.020
korpiojat — ditches on spruce-broadleaved tree swamps	0.265 ± 0.016

Lisäksi on todettava, että suorien kulku on muutenkin melkoisesti toisistaan poikkeava, mutta tämäkään erilaisuus ei ole tilastollisesti merkitsevä, kuten havaintojen hajonta regressiosuoran ympärillä osoittaa.

jäännösvariassi — residual variance

rämeojat, — ditches on bogs with ericaceous subshrubs	1.37
nevaajat, — ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs	1.62
korpiojat, — ditches on spruce-broadleaved tree swamps,	1.28

LUKKALAN (1949, s. 49) esittämä ojan reunan turpeen painumisen riippuvuus ojan syvyydestä tarjoaa hyvän vertailuaineiston. Kuvasta 4 näemme, että yhdenmukaisuus on melko suuri. LUKKALAN mukaan ojan reunan turpeen painumisen riippuvuus ojan syvyydestä ei tosin ole suoraviivainen, vaan ojan reunan turpeen painuminen on matalien ojen reunoilla suhteellisesti vähäisempää kuin syvien ojen reunoilla. Mainittakoon vielä, että Lukkalan luvut ovat 10 vuoden kuivatuksen jälkeen saatuja ja näinollen Lukkalan lukuja olisi vielä suurennettava, jotta ne olisivat tässä tutkimuksessa saatujen lukujen kanssa rinnastettavia. Lisäys ei olisi kuitenkaan kovin suuri, sillä pääasiallinen painuminen tapahtuu kohta kaivun jälkeen, kuten LUKKALA on todennut.

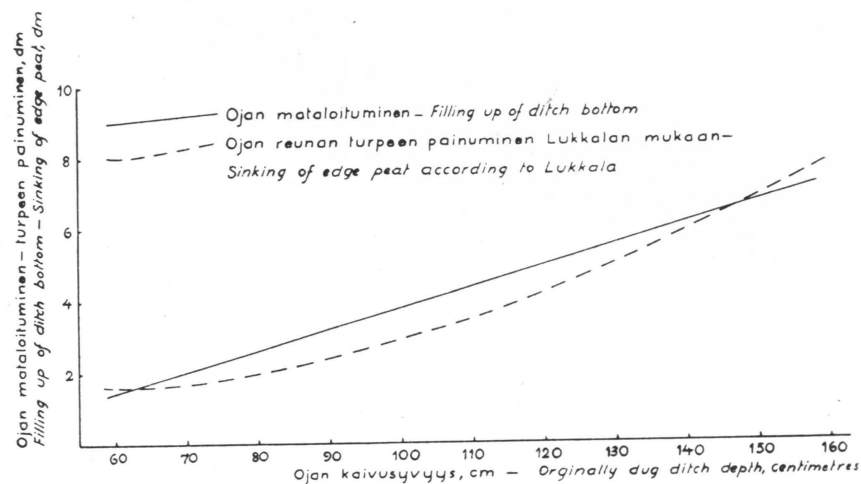
Esitetystä vertailusta voidaan tehdä se johtopäätös, että saatu tulos johtuu turpeen painumisesta, joka on sitä suurempi mitä syvämpi oja kaivetaan. Tosin ei ole voitu selvittää LUKKALAN esittämän turpeen painumisen kuvaajan erilaisuutta verrattuna tässä saatuun ojan mataloitumisen kuvaajaan, mutta Lukkalan lukuarvot ovat kuitenkin niin samantyyppisiä kuin tulokset saatu ojan mataloituminen, että esitetty päätelmä näyttää hyvin luotettavalta.

Koska osa ojista on kaivettu melkein kokonaan kivennäismaahan, haluttiin erikseen tutkia näitä tapauksia. Käsiteltäväksi otettiin vain ne ojat, joissa turvesyvyys oli 0.1—0.4 m. Kuva 5 esittää tuloksia. Siinä on kukin maalajiryhmä, savi-hiesu, hieta-hiekka ja sora käsitelty omana ryhmänään, jotta maalajin vaikutus saataisiin esille.

Myöskin tässä tapauksessa on voitu osoittaa, että riippuvuuden kuvaaja on ollut suora. Erikoisesti on syytä panna merkille, että regressiosuorat ovat hyvin samantapaisia kuin koko aineiston regressiosuorat. Vain hienolajitteisimpien maalajien (savi-hiesu) regressio on merkittävästi poikkeava. Kaikki esitetyt regressiot ovat tilastollisesti hyvin merkitseviä (Sv-Hs: $T = 9.88^{***}$ $F = 126$, Ht-Hk: $T = 6.17^{***}$ $F = 95$ ja Sr: $T = 8.58^{***}$ $F = 109$). Samoin näyttää Sv-Hs-regression eroaminen muiden maalajien regressioista tilastollisesti merkitsevältä, kuten eri tapausten regressio-kertoimet ja niiden keskivirheet osoittavat.

Sv — Hs — clay—silt	0.405 ± 0.041
Ht — Hk — fine sand—sand	0.253 ± 0.041
Sr — gravel	0.283 ± 0.033

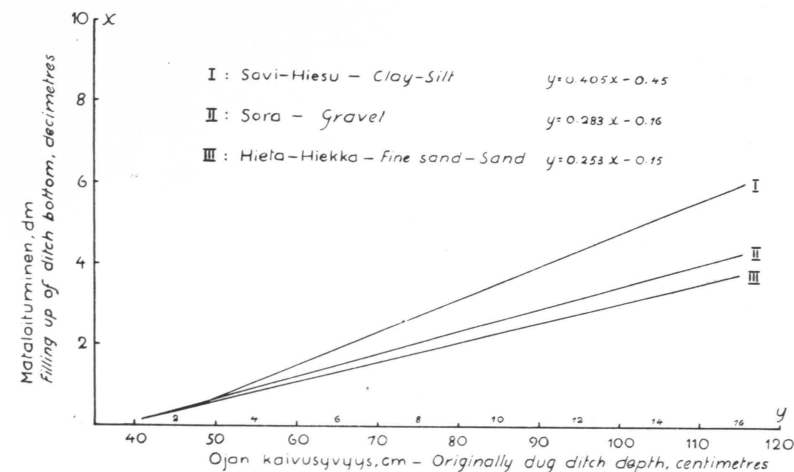
Tulos merkitsee sitä, että savi-hiesumaihin kaivettujen ojen syvyyden lisääminen 10 sentillä merkitsisi n. 8 cm:n lisäystä mataloitumisessa, kun



Kuva 4. Ojan mataloituminen ja ojan reunan turvekerroksen painuminen Lukkalan mukaan eri syvyydellä ojilla. — Figure 4. The filling up of ditch bottom and sinking of edge peat in ditches of different depth, according to Lukkala.

vastaava luku muiden maalajien kohdalla olisi n. 5 cm. Tulos on luonnollinen; se johtuu tietysti hienolajitteisten maalajien tunnetusti heikommasta koossapysyvyydestä. Mineraalimaihin kaivettujen ojien mataloitumisen riippuvuus kaivussyvyydestä ei sen sijaan ole ilman muuta jo edellä esitetyn valossa selvä. Turpeen painuminen ei nyt ainakaan kelpaa selitykseksi, kuten oli laita ilmiötä yleensä selittäessämme. Selitys on etsittävä ojan reunojen särkymistäpahtumista sekä kasvillisuuden mataloittavasta vaikutuksesta, mitkä tekijät on yleensä todettu erikoisen voimakkaiksi mineraalimaihin kaivetuissa ojissa (esim. KOKKONEN 1923). Se että sekä mineraalimaissa että turpeissa ojan mataloitumisen riippuvuus kaivussyvyydestä oli niin yhtäläinen kuin sen tässä todettiin olevan, ei antane aihetta pitempiin selityksiin, todetaan vain, että näin ainakin tutkimuksen aineiston perusteella on ollut. Syyt ovat ilmeisesti aivan erilaiset, mutta lopputulos on yhtäläinen.

Kaikille esitetyille regressiosuorille on ominaista eräs yhteinen piirre, joka ansaitsee lähempää tarkastelua. Kaikki suorat osoittavat syvyyden muutosta 0 kohdassa, jossa ojan syvyys on 35—45 cm, eli toisin sanoen n. 40 cm syvyiset ojat (ja sitä matalammat) eivät olisi enää mataloituneet ollenkaan. Näin ei tietysti saisi olla, mutta ilmeisesti aineiston matalim-



Kuva 5. Ojan mataloitumisen riippuvuus ojan kaivussyvyydestä eri maalajeissa. — Figure 5. The dependence of the filling up of ditch bottom on the originally dug ditch depth by different soil types.

missä ojissa on jo vaikuttamassa mataloitumista aiheuttavien tekijöiden ohella myös ojaa syventäviä tekijöitä. Tuntuu näet luonnolliselta, ja aineiston tarkastelu näin osoittaaakin, että niin matala oja kuin 40 cm on kaivettu vain jyrkkäviettoiseen paikkaan, joka useimmiten on vielä matalaturpeinen. Tällainen oja on myös useimmiten syöplynyt (vrt. s. 29), ja vaikka syventyneet ojat onkin edellä olevassa tarkastelussa jätetty pois, on mukana olevissa ojissa mataloitumista aiheuttavien tekijöiden ohella vaikuttanut myös ojaa syventäviä voimia.

Yhteenvetona kaivussyvyyden vaikutuksesta ojan mataloitumiseen voidaan sanoa, että turvemaiilla ja pääasiassa kivennäismaahankin kaivetuissa ojissa se on pääpiirteissään samanlainen, joskin eri tekijöiden aiheuttama. Turvemaiilla sen aiheuttaa pääasiassa turpeen painuminen ja kivennäismaata leikkaavissa ojissa reunojen ja luiskan särkymistäpahtumat. Kuta syvemmäksi oja kaivetaan, sitä suurempi on sen mataloituminen siten, että 20 vuoden ikäisissä ojissa 10 sentin lisäys kaivussyvyydessä vastaa 5—8 sentin mataloitumista. Erilaiseen maahan kaivetuissa ojissa on tässä suhteessa tiettyjä eroja, varsinkin savi-hiesu-maihien kaivetuissa ojissa on mataloituminen voimakasta.

Ojan putouksen vaikutus

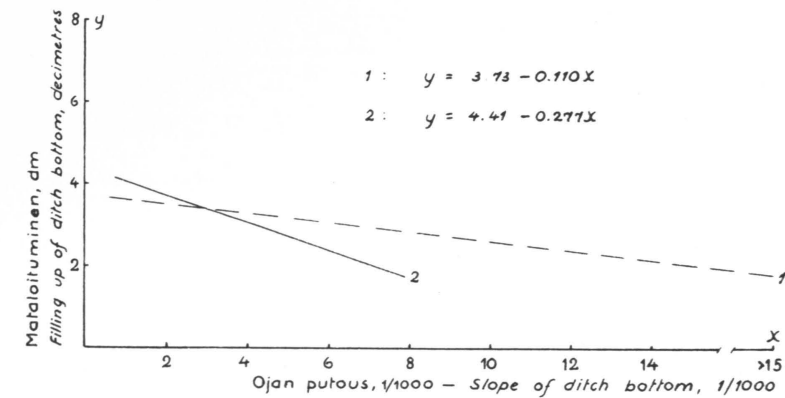
Virtaavan veden mukanaan kuljettaman aineksen laskeutumisen ojan pohjalle on yleisesti todettu varsin ratkaisevasti vaikuttavan ojien kunnon säilymiseen (KOKKONEN 1923, MULTAMÄKI 1934 ja LUKKALA 1948). Edelleen on voitu tutkimuksilla määrittää ne veden virtaamisnopeudet, joiden vallitessa liettymistä tapahtui (esim. TULKKI 1949) ja toisaalta on voitu osoittaa, että pieniputouksisten ojien kunto on säilynyt huomattavasti huonommin kuin ojien, joiden putous on ollut suurempi (LUKKALA em., vrt. myös s. 15).

Kuva 6 esittää putouksen vaikutusta ojan mataloitumiseen koko aineiston valossa. Kun koko aineisto tasoitetaan suoraviivaiseksi, saadaan regressio (1), joka merkitsee, että 10 metrin putouksen lisäys saa aikaan n. 10 cm:n vähenemisen ojan mataloitumisessa. Saatu regressiosuora on tilastollisesti erittäin merkitsevä ($T = 9.170^{***}$). Jos tutkimme yksinomaan pieniä putouksia (1–7), saadaan tulokseksi regressiosuora (2), joka on huomattavasti jyrkempi kuin koko aineistosta laskettu. Myöskin tämä suora on tilastollisesti erittäin merkitsevä ($T = 7.101^{***}$). Edelleen voitiin todeta, että jäljellejäävän osan (putous > 8) regressio ei enää olekaan tilastollisesti merkitsevä. Putouksen vaikutus ojan mataloitumiseen rajoittuu siis vain pieniin putouksiin. Suoran mukaan putouksen pieneneminen yhdellä metrillä vastaisi n. 3.2 cm:n mataloitumista.

Seuraava asetelma esittää eri tyyppiryhmien ojien mataloitumisen riippuvuuden ojan putouksesta.

korpiojat — ditches on spruce-broadleaved tree swamps	2: $y = 3.92 - 0.291X$,	1: $y = 3.25 - 0.126X$
rämeojat — ditches on bogs with ericaceous shrubs	2: $y = 4.33 - 0.226X$,	1: $y = 3.97 - 0.119X$
nevaajat — ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs	2: $y = 4.53 - 0.322X$,	1: $y = 3.66 - 0.017X$

Tyypiryhmät poikkeavat toisistaan melkoisesti. Rämeojien regressiosuorat kulkevat huomattavasti ylempänä kuin korpiojien. Tämä johtuu siitä, että rämeojat ovat keskimäärin olleet 14 cm syvempiä kuin korpiojat ja suorien ero on melko tarkkaan sama (7 cm), jonka mainittu oja-syvyyksien ero ojan mataloitumisessa aiheuttaa (vrt. s. 21). Nevaajien regressio poikkeaa toisista selvemmin. Koko aineistolle laskettu regressio ei ole tilastollisesti merkitsevä. Pienempien putouksien kyseessä ollen



Kuva 6. Ojan mataloitumisen riippuvuus ojan putouksesta. — *Figure 6. The dependence of the filling up of ditch bottom on the gradient.*

regressio sen sijaan osoittautui merkitseväksi ja lisäksi se on jyrkempi kuin muissa tyyppiryhmissä. Samoin näyttää siltä, että korpiojien regressio on jyrkempi kuin rämeojien. Erojen ei kuitenkaan tarvitse olla tilastollisesti merkitseviä, kuten oheisessa asetelmassa olevat regressiokertoimet ja niiden keskiarvot osoittavat.

rämeojat — ditches on bogs with ericaceous subshrubs	0.226	±	0.064
korpiojat — ditches on spruce-broadleaved tree swamps	0.291	±	0.062
nevaajat — ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs	0.322	±	0.075

Huolimatta siitä, etteivät regressiokertoimien erot ole tilastollisesti merkitseviä, tulos voitaneen kuitenkin tulkita siten, että nevaajien pienen putoukseen liittyy veden kuljettaman lietteen mataloittavan vaikutuksen lisäksi vielä jokin muukin tekijä. Tällainen voisi olla syy-yhteydessä ko. tyyppiryhmien vetisyyteen. Pieniputouksiset nevaajat ovat usein suuren osan kesää seisovan veden vallassa ja tästä aiheutuu ojien liestymistä ja sekä usein runsasta sammalen kasvuakin.

Yhteenvedona putouksen vaikutuksesta ojan mataloitumiseen on sanottava, että pieni putous aiheuttaa ojien mataloitumista, joka johtuu osaksi veden kuljettaman aineksen laskeutumisesta ojan pohjaan ja osaksi varsinkin vetisillä soilla heikkolaskuisten ojien vesien seisomisesta, mikä seikka aiheuttaa ojan liestymistä ja runsasta sammal- ja sarakasvillisuutta

ojan pohjalla. Putouksen vaikutus ojen mataloitumiseen näkyy selvimmän pienten putousten kyseessä ollen. Tämän tutkimuksen mukaan riippuvuussuhde näyttää jatkuvan putoukseen 7/1000 m asti, sitä suuremmilla putouksilla eivät esitetyt ilmiöt enää aiheuta ojan mataloitumista.

Ojien syventyminen

Ojien syventymistä voi aiheutua lähinnä syöpmisestä siten, että liian suuren putouksen vallitessa ojassa virtaava vesi saa niin suuren nopeuden, että se kuljettaa mukanaan ojan pohjasta ja luiskista maahiukkasia. Kuten edellä jo on mainittu, voi ojan pohja kyllä painua eräissä olosuhteissa, mutta tästä ei yleensä ole seurauksena ojan syveneminen, koska turpeen pinta myöskin tällöin painuu ja yleensä ainakin yhtä paljon kuin ojan pohja, tavallisesti enemmänkin. Tosin salaojitetuilla viljelysmailla on osoitettu tapauksia, jolloin salaojaputki on painunut enemmän kuin pintaturve ja oja on täten joutunut syvemmälle (STENBERG 1935, s. 186).

Metsäojien syöpmistä ovat meillä tutkineet KOKKONEN (1916) ja SAARINEN (1935). Edellinen esitti veden virtaamisen maksiminopeudet eri maalajeille. Ja jälkimmäinen on tutkimuksessaan voinut osoittaa, että maksiminopeudet ovat yleensä pitäneet paikkansa. Hän toteaa edelleen, että »varsinaisia turvesyöpmisiä ei ole tavattu». Yleensä voidaan kirjallisuudesta päätellä, että syöpmistä tapahtuu melkein yksinomaan suuriputouksissa mineraalimaihien kaivetuissa ojissa.

Käsillä olevassa tutkimuksessa ei syöpmistä voida tutkia samaan tapaan tilastollisin menetelmin kuin ojen mataloitumista, koska syöpyneiden ojen lukumäärä on liian pieni. Eräisiin mielenkiintoisiin toteamuksiin aineisto kuitenkin antaa aihetta.

Syöpyneiden ojen osuus nähdään taulukosta 5 (s. 16) ja sivulla 15 olevasta asetelmasta. Syöpyneitä mittaushetkiä on ollut yhteensä 86 kpl, eli 7.4 % ja eri tyyppiryhmien ojista on syöpyneiden ojen osuus seuraava:

korpiojista	38 kpl	8.7 %
rämeojista	28 »	7.7 »
nevaajista	20 »	5.6 »

Taulukko 6. Turvesyvyyden vaikutus ojen syöpmiseen.
Table 6. Influence of peat thickness on ditch erosion.

Ojan syvyyden muutos, dm Change in ditch depth, decimetres	Turpeen syvyys, m Thickness of peat layer, metres				Yhteensä Total
	-0.4	0.5-0.8	0.9-2.0	2 +	
	% tapauksista Percentage of total frequency				
> + 0 (syöpyneet — eroded) . .	49.3	35.2	7.0	8.5	100.0
0, - 1 (säilyneet — maintained)	50.0	31.3	10.4	8.3	100.0
> - 3 (voimak. matal. — bottom strongly filled up)	14.2	16.0	31.0	38.8	100.0

Asetelman luvut osoittavat, että syöpyminen on ollut yleisintä korpiojissa ja harvinaisinta nevaajissa. Todettakoon vielä, että säilyneiden ojen kohdalla vastaavat prosenttiluvut olivat samantapaisia (vrt. s. 15). Tämä vain osoittaa, että syvyytensä säilyttäneissä ojissa on ilmeisesti vaikuttanut samantapaisia voimia kuin syöpyneissäkin.

Taulukko 6 osoittaa, miten turpeen syvyys on vaikuttanut syöpmiseen. Taulukkoon on otettu mukaan myöskin säilyneet ojat sekä vertauksen vuoksi voimakkaasti mataloituneet ojat. Tulos osoittaa selvästi, että syöpyneistä (ja säilyneistä) ojista on valtaosa ollut ohueen turvekerrokseen ja osin mineraalimaahan kaivettuja. Yhtä selvästi asia näkyy seuraavasta asetelmasta, joka osoittaa minkä verran turpeen eri syvyysluokissa on ollut syöpyneitä oja sadanneksina syvyysluokan ojen kokonaisuudesta.

turpeen syvyyden luokka, m — thickness of peat layer, metres	0.1-0.4	0.5-0.8	0.9-2.0	2 +
syöpyneitä, % — eroded, %	10.8	8.9	3.8	2.7

Taulukon ja asetelman luvuista voidaan päätellä, että syöpmistä on sattunut pääasiassa tapauksissa, jolloin oja on kaivettu osaksi kivinäismaahan. Edelleen, että kokonaan turpeeseen kaivetuissakin ojissa on tavattu syöpmistä joskin suhteellisen harvoin.

Taulukko 7 esittää ojan putouksen vaikutusta syöpmiseen. Taulukon luvut osoittavat, että syöpmistä on tapahtunut paljon enemmän suuri-

Taulukko 7. Ojan putouksen vaikutus ojien syöpmiseen.
Table 7. Influence of ditch gradient on erosion.

Ojan syvyyden muutos, dm Change in ditch depth, decimetres	Ojan putous, 1/1000 Gradient of ditch bottom, 1/1000			Yhteensä Total
	—2.0	2.1—5.0	5.1—	
	% tapauksista Percentage of total frequency			
> + 0 (syöpynt — eroded) . .	19.6	35.3	45.1	100.0
0, — 1 (säilynt — maintained) . .	19.5	35.1	45.4	100.0
> — 3 (voimak. matal. — bot- tom strongly filled up)	43.5	42.7	13.8	100.0

putouksisissa ojissa kuin heikoissa putoussuhteissa. Sama asia näkyy myös seuraavasta asetelmasta, josta selviää minkä verran eri putousluokissa on ollut syöpyneitä ojia.

ojan putous, 1/1000 — ditch gradient 1/1000	—2.0	2.1—5.0	5.1—10.0	10.1—
syöpyneitä, % — eroded, %	2.3	5.9	9.5	17.4

Seuraavasta asetelmasta nähdään miten eri syvyisiksi kaivetut ojat ovat syöpyneet.

ojan kaivussyvyys, m	0.40—0.65	0.70—1.00	1.05—1.35	1.40—
syöpyneitä, %	16.3	6.2	1.9	0.0

Asetelman luvut eivät kuitenkaan merkitse ojan syöpmisen riippuvuutta kaivussyvyydestä. Matalaturpeeseen ja usein vielä jyrkkäviittoiseen paikkaan on kaivettu matala oja, ja tästä johtuukin, että viimeksi esitetyn asetelman luvut vahvistavat vain edellä jo esitettyä.

Lopuksi tarkastellaan vielä, miten eri maalajit ovat vaikuttaneet syöpmiseen. Tarkasteltavaksi on otettu vain 0.6 m ja sitä ohuempaan turvekerrokseen kaivetut ojat, jotka siis ilmeisesti ovat leikanneet kivennäismaata. Täten saadaan kuhunkin maalajiryhmään melkein yhtä paljon tapauksia, savi-hiesu-maalajeille 174, hieta-hiesu-maalajeille 177 ja sora-maalajeille 172 tapausta. Näistä oli syöpynt sadanneksina laskien seuraavan asetelman osoittamat määrät. Asetelmaan on laskettu myöskin syöpmisen suuruus keskimäärin eri maalajiryhmissä.

	syöpynt, % eroded, %	keskimäärin, cm average, cm
savi-hiesu — clay-silt.	12.1	33.8
hieta-hiekka — fine sand—sand . .	11.8	18.5
sora — gravel	9.3	17.4

Luvut osoittavat, että kuta hienolajitteisempi maalaji on kysymyksessä, sitä yleisempää on syöpyminen ollut ja sitä suuremmat mittasuhteet se myöskin on saanut.

Syöpmisen tutkiminen on siis vain vahvistanut jo aikaisemmin tunnettuja tosiasioita, että syöpmistä tapahtuu ojan putouksen ollessa tarpeeksi suuri ja tällöinkin pääasiassa mineraalimaata leikkaavissa ojissa, jolloin syöpyminen on sitä yleisempää ja voimakkaampaa mitä hienolajitteisempää maalaji on. Todettakoon kuitenkin vielä, että myöskin kokonaan turvemaahan kaivetuissa ojissa on tapahtunut syöpmistä, joskin harvoin.

Pintaleveyden muuttuminen

Muuttumisen suuruus

Tutkittaessa metsäojien muodon ja mittojen muutoksia ei pintaleveyden muuttumiselle ole yleensä annettu yhtä suurta merkitystä kuin ojan syvyyden muutoksille. Tämä onkin hyvin ymmärrettävissä, sillä ojan syvyyshän lähinnä määrää ojan kuivatustehon.

Yleisesti on todettu, että turpeen painuminen merkitsee syvyyden pienenemisen ohella myöskin ojan luiskan loivenemista, eikä turpeen painumisen johdosta näin ollen tapahtuisi pintaleveyden muuttumista (LUKKALA 1948). MULTAMÄKI (1934) on kuitenkin voinut osoittaa, että ojan pintaleveys oli hänen tutkimissaan tapauksissa pienentynyt 77 prosenttiin alkuperäisestä ja KOKKONEN (1931) oli jo ennen häntä todennut, että eräissä tapauksissa ojan pintaleveys oli pienentynyt hyvinkin paljon ja että tämä ilmiö johtui suurelta osalta maan paineesta, joka puristi oja kapeammaksi.

Tässä tutkimuksessa käsitellään ojan pintaleveyden muuttumista tietoisena siitä, ettei sillä metsäojien kuntoa ajatellen ole kovin suurta

Taulukko 8. Ojien pintaleveyden muutos eri suotyyppiryhmissä.
Table 8. Change of width at ditch top in different bog-type groups.

Suotyyppi ryhmä Bog-type group	Ojan pintaleveyden muutos, dm — Change of width at ditch top, decimetres																
	>+4	+4	+3	+2	+1	±0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	>-10
	% tapauksista — Percentage of total frequency																
Korpi ¹	1.4	0.9	1.4	2.9	5.0	7.9	11.1	16.4	17.6	13.2	10.2	4.8	3.4	2.2	0.7	0.9	0.0
Räme ²	1.7	0.0	0.3	1.7	1.9	3.9	10.0	17.7	18.6	15.0	10.6	7.2	4.2	2.2	1.1	2.2	1.7
Neva ³	0.6	0.3	0.6	1.4	1.1	4.3	8.0	12.6	17.3	18.3	10.9	8.9	7.1	3.4	2.3	1.1	1.8

¹ Spruce-broadleaved tree swamps

² Bogs with ericaceous subshrubs

³ Wet, treeless, oligotrophic bogs

merkitystä. Tästä johtuen ei pintaleveyden muutoksia eritellä läheskään yhtä perusteellisesti kuin syvyyden muutoksia. Esitetään vain eräitä mielenkiintoisimpia tuloksia siitä tilastollisesta käsittelystä, joka tutkimuksen kestäessä on suoritettu.

Tutkittujen ojien pintaleveys on ollut keskimäärin 1.45 cm, korpiojien 1.34 cm, rämeojien 1.46 cm ja nevaajien 1.52 cm. Taulukko 8 osoittaa pintaleveyden muutokset kussakin tyyppiryhmässä. Oheisesta asetelmasta selviää miten ojien pintaleveys on eri tyyppiryhmissä muuttunut.

pintaleveys width at ditch top	suurentunut, increased,	säilynyt, maintained,	pienentynyt decreased
korpiojista, % — ditches on spruce-broadleaved tree swamps, %	11.6	7.9	80.5
rämeojista, % — ditches on bogs with ericaceous subshrubs, %	5.6	3.9	90.5
nevaajista, % — ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs, %	4.0	4.3	91.7

Taulukon ja asetelman luvuista voimme todeta, että pintaleveyden muutokset ovat olleet samantapaisia kuin syvyydenkin muutokset (vrt. s. 16). Myöskin tyyppiryhmien erot ovat samanlaisia.

Yhteenvetona esitetään vielä asetelma, josta selviää keskimääräinen ojien pintaleveys kaivettaessa, pintaleveyden pieneneminen ja nykyinen pintaleveys tyyppiryhmittäin. Tapaukset, jolloin pintaleveys on suurentunut, on tästä asetelmasta jätetty pois.

tyypiryhmä bog-type group	kaivumitta originally dug width	pienentynyt reduction of width	nykyinen present width
korpiojat — ditches on spruce-broadleaved tree swamps	136 cm	32 cm	104 cm
rämeojat — ditches on bogs with ericaceous subshrubs	148 »	38 »	110 »
nevaajat — ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs	154 »	39 »	115 »

Todettakoon vielä lopuksi, että pintaleveys on pienentynyt keskimäärin n. 75 prosenttiin alkuperäisestä, ja että MULTAMÄEN (1934) tutkimissa tapauksissa vastaava prosenttiluku oli 77.

Muuttumisen syitä

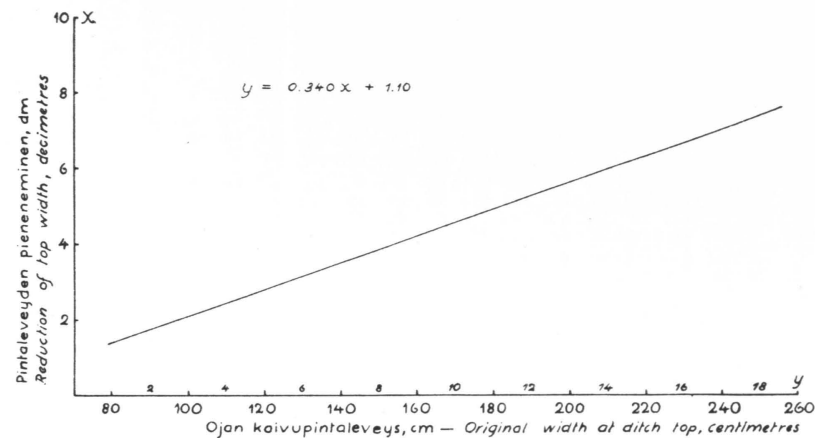
Koska syvyyden muutoksen syitä on edellä jo yksityiskohtaisesti selvitetty, tarkastellaan ensin miten syvyyden muutos ja pintaleveyden muutos suhtautuvat toisiinsa. Korrelaatiolaskenta antoi seuraavat korrelaatiokerroimet.

korpiojat — ditches on spruce-broadleaved tree swamps	0.576 ± 0.043	(T = 13.489***)
rämeojat — ditches on bogs with ericaceous subshrubs	0.497 ± 0.048	(T = 10.333***)
nevaajat — ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs	0.559 ± 0.046	(T = 12.179***)

Ojan syvyyden ja pintaleveyden pienenemisen välinen korrelaatio on siis kaikissa tyyppiryhmissä erittäin merkitsevä ja keskimäärin n. 0.5. Vain rämeojien korrelaatiokerroin näyttää poikkeavan muista, ja tämäkin poikkeaminen on tilastollisesti vain heikosti merkitsevä.

Pintaleveyden ja syvyyden pieneneminen ovat siis rinnakkaisia ilmiöitä, mutta riippuvuus näiden kahden mitoitustekijän muutosten välillä ei kuitenkaan ole erikoisen kiinteä ja heikoin se näyttää olevan rämeojien kohdalla. Tulos viittaa siihen, että pintaleveyden pieneneminen on erilaisten voimien aiheuttama kuin syvyyden pieneneminen.

Kuva 7 osoittaa ojan pintaleveyden pienenemisen riippuvuuden kaivupintaleveydestä. Tulos osoitti myöskin selvästi, että eri tyyppiryhmien erot ovat aivan pieniä. Ne ovat niin pieniä, etteivät regressiosuorat olisi



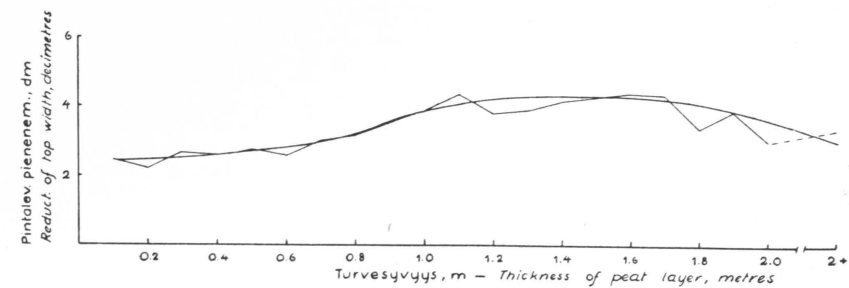
Kuva 7. Ojan pintaleveyden pienenemisen riippuvuus kaivupintaleveydestä. —
Figure 7. The dependence of the reduction in top width on the originally dug top width.

piirroksessa selvästi erottuneet toisistaan. Oheinen asetelma esittää regressiosuorien yhtälöt ja kertoimien keskivirheet.

korpiojat — ditches on spruce-broad-leaved tree swamps	.....	$y = 0.334 X + 0.96$	± 0.020	($T = 8.351^{***}$)
rämeojat — ditches on bogs with ericaceous subshrubs	.....	$y = 0.340 X + 1.22$	± 0.023	($T = 7.393^{***}$)
nevaajat — ditches on wet, treeless, oligotrophic bogs	.....	$y = 0.346 X + 1.29$	± 0.020	($T = 8.652^{***}$)

Tulos merkitsee sitä, että kun kaivupintaleveys on suurentunut 10 cm, on pintaleveyden pientyminen lisääntynyt n. 3.4 cm. Pintaleveyden pienenemisen riippuvuus kaivupintaleveydestä on samanlainen kaikissa tyyppiryhmissä. Lisäksi on syytä todeta, että riippuvuus on ollut suora-
viivainen.

Verrattaessa ojan syvyyden vastaavaa riippuvuutta havaitaan, että ojan mataloituminen on paljon kiinteämmin riippuvainen ojan kaivussyvyydestä kuin ojan pintaleveyden pieneneminen kaivupintaleveydestä. Niinpä jäännösvarianssi edellisessä tapauksessa on vain 1.427 ja jälkimmäisessä tapauksessa 2.181, kun otetaan koko aineisto huomioon, ja määrällisestikin pintaleveyden pieneneminen on suhteellisesti vähäisempää kuin ojan mataloituminen.



Kuva 8. Ojan pintaleveyden pienenemisen riippuvuus turvesyvyydestä. — Figure 8.
The dependence of the reduction in top width on the thickness of peat layer.

Ojan pintaleveyden muuttumisen riippuvuus sivuluiskasta olisi tietysti mielenkiintoista tietää. Ojaa mitoitettaessahan sivuluiska pyritään valitsemaan sitä silmälläpitäen, että ojan mitat, lähinnä pintaleveys, säilyisivät mahdollisimman hyvin. Mutta juuri se, että sivuluiska on kulloinkin määräytynyt olosuhteiden mukaan, vaikeuttaa tutkimista. Kuten jo aikaisemmin on esitetty, vaihtelee sivuluiska esim. turvesyvyyden mukaan (vrt. s. 11). Tällaisista syistä johtuen sivuluiskan merkityksen tutkiminen ei johtanut tuloksiin.

Turvesyvyydellä olettaisi myöskin olevan merkitystä pintaleveyden muutoksiin. Kuva 8 esittää pintaleveyden muutoksen riippuvuuden turvesyvyydestä. Siitä näemme, että turvesyvyyden kasvaessa myöskin pintaleveyden pieneneminen kasvaa. Tämä riippuvuus jatkuu kuitenkin vain turvesyvyyteen 1.0 m. Tämän jälkeen ei pintaleveyden pieneneminen enää lisääny turvesyvyyden kasvaessa, syväturpeisimmissa tapauksissa pintaleveyden pieneneminen näyttäisi päinvastoin vähenevän.

Tuloksen tulkinta ei ole helppo. Siinä joudutaan suurelta osalta olettamuksen tielle. Ilmeisesti kuvan esittämä tulos koostuu monista tekijöistä, joiden toisistaan erottaminen on vaikeaa ja tässä yhteydessä mahdollisimman. Vaikuttavimpana tekijänä lienee maanpaine, lähinnä ojamaista johtuva paineen lisäys. Koska oja on ollut yleensä sitä syvempi mitä syvempään turvekerrokseen se on kaivettu, on paineen vaikutus lisääntynyt rinnan turvesyvyyden kanssa. Tätä päätelmää tukee sekin, että turvesyvyydessä 1.0 m pintaleveyden pieneneminen lakkaa. Metsäojia ei ole juuri kaivettu mainittua syvemmiksi. Käyrän laskeminen kaikkein syväturpeisimmissa tapauksissa lienee selitettävissä lähinnä siten, että

tällöin ojat ovat olleet valtaosaltaan räme- ja nevaajia, joissa turpeen keveydestä johtuen ojamaiden aiheuttama paine ei enää ole ollut yhtä suuri kuin korpiojissa.

Ojien pintaleveyden suureneminen osoittautui syvyyden suurenemisen kanssa täysin rinnakkaiseksi ilmiöksi, ja syytkin ovat ilmeisesti samat.

Yhteenvedona ojien pintaleveyden muutoksista on todettava, että ne ovat olleet suhteellisesti pienempiä kuin syvyyden muutokset ja riippuvuussuhteita tutkittaessa oletettiin, että pintaleveyden pieneneminen on lähinnä ojamaiden paineesta johtuva ilmiö.

Tiivistelmä ja päätelmät

Tutkimus on kohdistunut n. 20 vuotta vanhoihin metsäojiin, joista valtaosa on ollut sarkaojia ja jotka ovat saaneet muuttua luonnontilassa.

Ojien ikä oli vaikuttanut niiden kuntoon siten, että vanhemmissa ojissa oli huonokuntoisia enemmän kuin nuoremmissa. Suuriputouksiset ojat olivat säilyneet paremmin kuin pieniputouksiset ja kivennäismaata leikkaavien ojien kunto oli huonompi kuin kokonaan turpeeseen kaivettujen, hienolajitteisissa maalajeissa oli ojien kunto säilynyt erikoisen huonosti. Ojien kaivussyvyyden ja nykyisen kunnan välillä ei todettu riippuvuussuhdetta.

Ojien syvyys oli pienentynyt huomattavasti. Mataloituminen oli ollut sitä suurempaa mitä syvempi oja oli ollut kysymyksessä: kymmenen sentin ero kaivussyvyydessä oli 20 vuoden aikana supistunut neljäksi sentiksi. Tämä riippuvuusuhde oli suoraviivainen. Syvässä turvekerroksessa ojien mataloituminen oli ollut suurempaa kuin ohuessa. Turvekerroksen syvyyden ja ojan mataloitumisen välinen riippuvuus ilmeni kuitenkin vain siihen syvyyteen asti, johon ojan pohjakin ulottui, eli turvesyvyyyteen 0.9 m. Tämän jälkeen ei turvekerroksen syveneminen enää lisännyt ojan mataloitumista. Ojan mataloitumisen riippuvuus kaivussyvyydestä ja turvesyvydestä selittyi yksinomaan turvekerroksen painumisesta johtuvaksi. Tähän päätelmään oikeutti se, että LUKKALAN (1949) tutkimassa ojien reunan turvekerroksen painuminen on ollut miltei tarkalleen sama kuin ojien mataloituminen.

Pääasiassa mineraalimaahan kaivettujen ojien mataloituminen oli myöskin ojan kaivussyvyydestä riippuvainen. Mataloituminen oli sitä suurempaa, mitä syvemmäksi oja oli kaivettu. Hienolajitteisissa maalajeissa mataloituminen oli suurempi kuin karkealajitteisissa. Mataloitumisen syyksi todettiin näissä tapauksissa ojan reunojen ja luiskien särkymisilmiöt.

Ojan mataloitumista aiheutti myös ojan putous siten, että kuta pie-

nempi oli putous, sen suurempi oli mataloituminen. Riippuvuussuhde ei kuitenkaan ollut suoraviivainen, vaan se heikkeni putouksen suuretessa ja suurinpiirtein 7/1000-putouksen jälkeen sitä ei voitu enää todeta. Tämä riippuvuussuhde selittyi johtuvaksi veden kuljettaman aineksen laskeutumisesta ojan pohjalle sekä märillä suotyypeillä ojissa seisovan veden aiheuttamaksi ojien liestymiseksi.

Ojan pintaleveyden pieneneminen osoittautui melkoiseksi, mutta kuitenkin suhteellisesti vähäisemmäksi kuin syvyyden pieneneminen. Näiden kahden mitoitustekijän muuttuminen voitiin osoittaa rinnakkaisiksi tapahtumiksi, mutta pintaleveyden pienenemisen syyksi oletettiin lähinnä ojamaiden paine. Täten pieneneminen on sitä suurempi mitä suurempi oja kaivetaan.

Pienenemisen ohella voitiin tutkia myöskin syvyyden ja pintaleveyden suurenemista. Pääasiallisena tekijänä oli näissä tapauksissa syöpyminen, jota oli tapahtunut eniten niissä ojissa, joiden pohja ulottui kivennäismaahan ja joiden putous oli suuri. Syöpyminen oli sitä yleisempää ja mittasuhteiltaan suurempaa mitä hienolajitteisemmasta maalajista oli kysymys.

Käytännön metsäojituksen kannalta on tutkimuksen ehkä tärkein tulos se, että kaivussyvyyden erot ovat jo 20 vuoden kuluessa tasoittuneet melkein olemattomiksi. Oja, joka kaivettaessa on ollut esim. 120 cm on nyt vain 70 cm:n syvyinen, kun puolestaan alunperin vain 70 cm:n syvyiseksi kaivettu oja on säilynyt 50 cm:n syvyisenä. Kuitenkin edellisen ojan kustannukset ovat yli kaksinkertaiset jälkimmäiseen verrattuna (LUK-KALA—TIKKONEN 1939), ja saavutettu kuivatussyvyyden ero on nykyisin vain 20 cm ja tämäkin ero vain ojien välittömässä läheisyydessä. Keskiaralla ero voi olla lähes merkityksetön.

Tosin syvillä ojilla saadaan aikaan huomattavasti runsaampi turvekerroksen painuminen ojien reunoilla. Sen sijaan emme vielä tiedä, mikä merkitys turvekerroksen painumisella on metsän viihtymiseen. Se voi olla osaksi suorastaan vahingollistakin. Lisäksi on muistettava, että turvekerroksen painuminen on saran keskiosissa paljon pienempää kuin ojan reunalla.

Tutkimuksen tulokset puhuvat siis matalan ja tiheän sarkaojituksen puolesta. Samantapaisiin päätelmiin on jouduttu monissa muissakin viimeaikaisissa tutkimuksissa (vrt. HUIKARI 1953 ja HEIKURAINEN 1955). Aivan eri asia on vesiä kokoavien ja poisjohtavien valtaojien laita. Jotta ne voisivat kunnolla toimia, olisi ne tämän tutkimuksen mukaan joko kaivettava

runsaasti syvemmiksi kuin niihin laskevat sarkaojat tai sitten kunnollisilla perkauksilla pidettävä jatkuvasti tarpeeksi syvinä, jotta tarpeellinen syvyysero niiden ja sarkaojien välillä säilyisi.

Koska pintaleveyden pieneneminen osoittautui vähäiseksi verrattuna syvyyden pienenemiseen, näyttäisi mahdolliselta käyttää kapeampia ojia, kuin mihin tähän mennessä on totuttu, varsinkin kun tällöin samalla pienennetään ojamaiden painetta eli ojan pintaleveyden pientymisen syytä.

Käytännön metsäojitusta varten on syytä korostaa vielä turvesyvyyden ja putouksen merkitystä. Turvesyvyyden merkitys ojien mataloitumiseen vaikuttavana tekijänä oli toissijaista verrattuna ojien kaivussyvyyden merkitykseen. Tuloksen mukaanhan turvesyvyydellä ei ollut mitään vaikutusta ojien mataloitumiseen sen jälkeen kun turvetta on enemmän kuin ojan syvyyden verran. Näin ollen ei siis suo, jonka turvesyvyys on 2+, tarvitse sen syvempiä ojia kuin metrin syvyinen suokaan. Aivan eri asia on, että syväturpeinen suo saattaa olla vetinen ja löyhäturpeinen, jolloin ojat on tästä syystä ehkä tehtävä syvemmiksi. Pieni-putouksisten ojien liettyminen ja liestymien osoittautui siinä määrin vaikuttavaksi, että on syytä yhä enemmän varoa liian pieniä putouksia.

Vaikka tutkimuksen kohteina oli yksinomaan lapiotyönä kaivettuja ojia, voidaan tulokset katsoa suurelta osalta paikkansa pitäviksi myöskin aurausojiin, koska ne tekijät, jotka aiheuttivat ojan mittojen muuttamista, ovat pääasiassa ojan tekotavasta riippumattomia. Reunojen ja luiskien särkymisilmiöt ja sekä osaksi syöpyminen ja liettyminen ovat kuitenkin sellaisia ojan kuntoon ja mittojen muuttumiseen vaikuttavia tekijöitä, joihin ojan tekotapa ilmeisesti vaikuttaa.

Kirjallisuus — References

- AGERBERG, LARS, 1956. Brännbergsmýrens sättning. Summary: Shrinkage of the Brännberg Bog. — Stat. Jordbruksförsök. Meddel. N:o 77.
- HALLAKORPI, I. A., 1932. Maatalouden vesirakennus. — WS OY. Porvoo—Helsinki.
- , 1936. Om sättning av torvmarkerna. — Svenska Mosskulturören. tidskrift. 1936, s. 101—107.
- HEIKURAINEN, LEO, 1955. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. Referat: Der Wurzel Aufbau der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und seine Beeinflussung durch die Entwässerung. Acta Forest. Fenn. 65: 3.
- , 1956. Yksityismailla suoritettujen metsäojitusten nykyinen tila. Summary: The present state of drained areas in farm forests. — Metsätal. Aikak. N:o 6—7.
- HUIKARI, OLAVI, 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 42: 2.
- ILVESSALO, YRJÖ, 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53, kolmanteen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53, a survey based on three national forest inventories. — Ibid. 47: 1.
- KAITERA, PENTTI, 1954. Om uppskattning av markytans sättning vid torrlägningsarbetena. — Nordisk Jordbruksforsk., Häfte 1—4, Årgång 36, s. 532—537.
- KAIVOLA, ANTTI, 1939. Några iakttagelser vid eftergranskningar av Keskumetsäseura Tapios skogsdikningsföretag. — Skogsbruket, N:o 4, 1939.
- KOKKONEN, P., 1916. Jyrkästi viettävien korprien ojittamisesta. — S.metsäyhä. Tapion aikak. N:o 12, 1916.
- , 1923. Tutkimuksia viemärien kuntoon vaikuttavista seikoista. Summary: Studies of the circumstances affecting the condition of drainage canals. — Acta Forest. Fenn. 27: 3.
- , 1931. Tutkimuksia kuivatuksen aiheuttamasta turvekerrosten painumisesta. Referat: Untersuchungen über die durch die Entwässerung verursachte Senkung der Torfschichten. — Valtion maatalouskoetoimin. julkaisuja, N:o 40.
- LUKKALA, O. J., 1940. Metsämiehen suo-oppi. — Tapio, Helsinki.
- , 1948. Metsäojien kunnossapito. Referat: Die Instandhaltung der Waldgräben. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 36: 1.
- , 1949. Soiden turvekerroksen painuminen ojituksen vaikutuksesta. Referat: Über die Setzung des Moorforfes als Folge der Entwässerung. — Ibid. 37: 1.
- LUKKALA, O. J. ja TIRKKONEN, O. O. J., 1939. Metsäojien hinnoitustaulut ojasyvyyksille 0.40—1.98. — Tapio, Helsinki.
- MULTAMÄKI, S. E., 1934. Metsäojien mittojen ja muodon muuttumisesta. Referat: Über die Grössen- und Formveränderungen der Waldgräben. — Acta Forest. Fenn. 40: 34.
- SAARINEN, E. K. E., 1935. Metsäojien syöpymisestä. Referat: Über die Erosion der Waldgräben. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 20: 7.
- STENBERG, M., 1935. Gisselåsmýrens sättning under tioårsperioden 1922—1932. — Handl. till lantbruksveckan år 1935, s. 172—191.
- TANTTU, ANTTI, 1941. Metsäojituksen edullisuus. — Tapio, Helsinki.
- , 1943. Metsäojittajan opas. — Tapio, Helsinki.
- TULKKI, VEIKKO, 1949. Valtaojien syöpymisestä ja liettymisestä hietamaassa. Referat: Über Verschlammen und Auswaschen der Ablaufgräben in Feinsandboden. — Maanviljelysinsinööriyhä. vuosik. 1949, s. 89—95.

SUMMARY:

*CHANGES IN DEPTH AND TOP WIDTH OF FOREST DITCHES
AND THE MAINTAINING OF THEIR REPAIR*

The present study deals with forest ditches dug by manual labour ranging in age from 16 to 25 years. Since the completion of digging, the ditches have been allowed to develop in a natural state.

The study is based on 1,160 measurements. The field work consisted of measurement of present ditch depth and width at ditch top, as well as determination of repair. Data on the original digging dimensions, gradient of ditch bottom, thickness of peat layer, type of bottom soil and bog type were available relative to the present measuring points. The material was gathered from Southern and Middle Finland by random sampling.

A synoptic presentation of the measuring points by varying peat thickness is found on page 9. The same applies to the distribution of measurements by various soil types in cases where the thickness of peat layer was thin (0.1–0.4). The frequency distribution by the originally dug ditch depth is presented on page 10 and that by the gradient of ditch bottom on page 11.

The above distributions are essential in the sense that the changes of ditch dimensions are studied as functions of these factors. Yet it was not possible to study the influence of such dimensional factors as the side slope and bottom width of a ditch, the range of their distribution according to these factors being too narrow.

Three repair classes were used in studying the repair of the ditches, viz., I = good, II = fair and III = poor. The synoptic presentation on page 12 shows the distribution of ditches of different repair among young (16–20-year) and old (21–25-year) ditches. It is seen that the repair of old ditches is considerably worse than that of young. Table 1 (p. 13) shows that the originally dug ditch depth has by no means been the decisive factor from the viewpoint of maintaining the ditch repair. Table 2 (p. 13) gives evidence that the ditches dug in a thick peat layer have maintained their repair better than those dug in a thin peat layer. However, the thickness of peat layer may not be the actual reason for the result in table 2. Apparently, the actually influencing factor here is the type of soil, to a certain extent parallel to the thickness of peat layer. On bogs with a thick peat layer, the ditches have been dug in peat with only little soil formation and good coherence. On thinpeated bogs, the ditches have mostly been dug in peat already turned into soil, often even in mineral soil.

Table 3 (p. 14) shows that, in ditches dug mainly in mineral soil, the type of soil has essentially contributed to maintaining the ditch repair. The ditches dug in coarse-grained

soils have maintained a better repair than those dug in fine-grained soils. Table 4 (p. 15) shows how the gradient of the ditch has contributed to maintaining the ditch repair. The steeper the gradient the better the ditch repair has been maintained.

The studies on the maintenance of ditch repair have largely only confirmed the results of previous investigations (LUKKALA 1948).

The changes in ditch depth are shown by table 5 (p. 16) and the synoptic presentation on page 15. The average degree of filling up of ditch bottom is also indicated on page 16. Attention there is focussed especially on the fact that the ditches on spruce-broadleaved tree swamps, originally much flatter than those on bogs with ericaceous subshrubs and on wet, treeless, oligotrophic bogs, are now almost of the same depth as the latter.

The filling up of ditch bottom was studied by means of regression analysis, treating separately the effects of peat thickness, originally dug ditch depth and gradient on the filling up of ditch bottom. Also, the effect of some other factors were analysed, but only the above factors gave a significant regression.

The influence of the thickness of peat layer on the filling up of ditch bottom is presented by the regression lines in figure 1 (p. 19). According to this picture, in cases with a thin (0.1–0.5 m) peat layer, the peat thickness had no influence on the filling up of ditch bottom. The peat thickness being 0.5–0.9 m, instead, there was a clear relationship, so that with peat thickness increasing by 10 cm, the filling up of ditch bottom increased by about 5 cm. The peat layer exceeding 0.9 m, there was found to be no marked influence on the filling up of ditch bottom by different bog-type groups. The deviation of the graph on ditches dug on spruce-broadleaved tree swamps is the clearest.

The interpretation of the results is as follows. The filling up of ditch bottom is mainly caused by the sinking of the peat layer, which increases with increasing peat thickness as shown by several previous studies (KOKKONEN 1931, STENBERG 1935, LUKKALA 1949, KAITERA 1954 and AGEËRBERG 1956). The peat layer underneath the ditch bottom (0.9 m), however, has no influence. The reason for no observed relationship between the thickness of peat layer and the filling up of ditch bottom, in cases with a thin peat layer, is the disturbing influence of mineral soil, which increases with diminishing thickness of peat, i.e., with increasing degree to the depth to which the ditch has been dug in mineral soil.

The influence of the originally dug ditch depth is shown by figure 2 (p. 21). The regression, which was established to be a straight-linear one, shows that, with the originally dug ditch depth increasing by 10 cm, the filling up of ditch bottom is increased by about 6 cm. Further illustration to this effect is given by figure 3 (p. 22), showing that, e.g., a 60-cm difference in the originally dug ditch depth has in 20 years been reduced to about 24 cm.

In different bog-type groups, too, it was possible to reveal the corresponding regression, also here straight-linear and statistically highly significant as shown by the synoptic presentation on page 22. True, the regressions in different bog-type groups differ from each other, but the differences are not statistically significant (synoptic presentations, p. 22).

A comparison between the dependence of the sinking of edge peat on the originally dug ditch depth, as indicated by LUKKALA (1949), and the result obtained here, the filling up of ditch bottom as a function of the originally dug ditch depth, shows that

the observed relationships are largely compatible (figure 4 p. 24). This gave rise to the conclusion that the filling up of ditch bottom also here was mainly due to the sinking of peat.

An analysis of only the ditches with 0.1–0.4 m of peat showed that here, too, the relationship between the originally dug ditch depth and the filling up of ditch bottom was straight-linear (figure 5 p. 25). The regressions computed for different soil types were found highly significant. Differences between various soil types were found to be such that the filling up of ditch bottom by originally dug ditch depth in connection with clay-silt soil types was more pronounced than that in connection with other soil types, as shown by the examination of regression coefficients and their standard errors (synoptic presentation p. 23). In ditches dug mainly in mineral soils, the filling up of ditch bottom is caused by the breaking down of the edges and sides, growing in effect with increasing originally dug ditch depth and towards finer-grained soil types.

In figure 6, the influence of gradient on the filling up of ditch bottom is presented. For entire material, using straight-linear smoothing, regression line 1 was obtained, showing that an increase of 10 m in the gradient reduces the filling up by 10 cm. In connection with small gradients (1/1,000–7/1,000), regression line 2 was obtained, which is much steeper. The regression for the remaining data was no more significant. Differences between different bog-type groups are shown by synoptic presentations (p. 27), where the linear regression equations, as well as the regression coefficients separately and their standard errors, for different bog-type groups are given. Although the differences between the bog-type groups are not statistically significant, the regression in connection with ditches dug on wet, treeless bogs is obviously steepest and that in connection with ditches on bogs with ericaceous subshrubs, gentlest.

The filling up of ditch bottom by varying gradient is due to the fact that, with a small gradient, the speed of water is so slow as to permit the soil particles to sink to the bottom, thus making the ditch silty. The silt formation is the more pronounced the smaller the gradient, but with a gradient of about 1/1,000, no more silt formation occurs. The steepness of the regression in connection with wet, treeless bogs suggests that, apart from silt formation, the filling up of ditch bottom has perhaps taken place due also to other factors. One such was assumed to be the wetness, characteristic of treeless, oligotrophic bogs, which — with small gradients — makes the water stay in ditches, thus soaking the ditch and generating moss vegetation on its bottom.

The filling up of ditch bottom, accordingly, proved to be due to the sinking of peat and to silt formation on the ditch bottom, as it may be concluded from several investigations, especially from those dealing with the sinking of peat layer as a result of drainage (KOKKONEN 1931, LUKKALA 1949, KAITERA 1954 and AGERBERG 1956). Yet the quantitative contribution by different factors dealt with in the present study has not been presented previously.

An analysis on the deepening of ditches showed that the development here takes place mainly as erosion, where the gradient is large enough. Even then, erosion is mainly found in ditches cutting through mineral soils, growing in intensity and frequency with soil texture becoming finer (table 6 p. 29, synoptic presentations p. 29). Some results consistent with these have been presented previously (KOKKONEN 1916, SAARINEN 1933 and TULKKI 1949).

The changes in top width of the ditches are clear from table 8 p. 32 and the synoptic presentations on page 32 and 33. The changes in top width and depth were, to a certain extent, parallel phenomena, as shown by the correlation analysis (cf. synoptic presentation p. 33). The correlation, however, was not very close. This suggests that the causes for changes in top width are not the same as those for changes in depth.

Figure 7 presents the dependence of the reduction in top width on the originally dug ditch depth. The relationship was established straight-linear. A 10-cm increase in the originally dug top width increased the reduction of top width by about 3.4 cm. The regressions in different bog-type groups were much alike (cf. synoptic presentation p. 34).

Figure 8 shows the dependence of top width on peat thickness. The reduction in top width is increased with increasing peat thickness. Yet the dependence is valid only to the point of 1 m of peat thickness, after which the reduction of top width is no more increased with increasing peat thickness. On the contrary, in cases with thickest peat layers, the reduction of top width seems to decline. The interpretation of the result was difficult, but it is obvious that soil pressure is among the factors with greatest contribution, especially the pressure of the soil dug from the ditch. Since the ditch in general has been the deeper the thicker the peat layer in which it has been dug, the influence of the pressure has been increased with increasing peat thickness until the latter exceeds 1.0 m. The decline of the curve in cases with the thickest peat may have to be explained largely by the fact that, here, the ditches have been dug mostly on bogs with ericaceous subshrubs and on wet, treeless bogs, where — due to the lightness of peat — the pressure of the soil dug out from the ditches has not been so heavy as in case of ditches on tree swamps. Such an assumption is also consistent with the result shown by figure 7, where the pressure of the soil dug out from the ditches is characterized by the width of a ditch.

In conclusion concerning the changes in top width, it is to be noted that they have been relatively smaller than the changes in depth. The reduction in top width is apparently due to the pressure of the soil dug from the ditches.

The findings relative to the changes in depth especially imply, from the viewpoint of practical forest drainage, that no marked increase in the depth of drainage is obtained using deep ditches as compared with flat ditches. In other words, a dense net of flat feeder drains is obviously more economical than a net of deep and scattered ones. In short, contrary to the present 80-m spacing with about 90-cm -deep ditches, the study suggests that a 50-m spacing with about 60-cm ditch depth would be more profitable. Furthermore, the results obtained imply that the drains serving as outlets and for run-off ought to be dug considerably deeper than the feeder drains, so that the necessary difference between them could be maintained.

Since the study was made on ditches dug by manual labour, the results are not, without further manipulation, applicable to mechanically dug ditches and especially not to those dug by plough. The influence of the sinking of the peat layer, the main contributing factor on the filling up ditch bottom, according to this study, however, is similar in connection with mechanically dug ditches. The silt formation and the breaking down of edges, as well as their contribution to the changes in repair and dimensions, in mechanically dug ditches, instead, are apparently of an entirely different order of magnitude.