

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
SUONTUTKIMUSOSASTON TIEDONANTOJA

1/1974

Avo-ojitetun ja salaojitetun alueen pohjavesi-
suhteiden ja valunnan vertailua.

Pekka Laine

Helsinki 1974

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
SUONTUTKIMUSOSASTON TIEDONANTOJA
1/1974

1.
2.
Suomen metsä

AVO-OJITETUN JA SALAOJITETUN ALUEEN POHJAVESISUHTEIDEN JA
VALUNNAN VERTAILUA

Pekka Laine

Helsinki 1974

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. Tutkimuksen tausta ja päämäärä	3
2. Aineisto	6
3. Tulosten laskeminen	12
4. Tutkimuskauden sääolot	14
41. Sadanta	14
42. Lämpöolot	15
5. Tulokset	18
51. Pohjaveden kesto	18
52. Valunta	25
6. Tulosten tarkastelu	29
7. Yhdistelmä	31
Kirjallisuus	32
Liite	35

1. TUTKIMUKSEN TAUSTA JA PÄÄMÄÄRÄ

Metsäojitustoiminta pääsi elpymään 1950 luvulla toisen maailmansodan aiheuttamasta vuosikymmenen mittaisesta melko täydellisestä pysähdyksestä varsin hitaasti ja vasta 1958 pystyttiin ylittämään 1930-luvun parhaiden ojitusvuosien ojitus-pinta-alat (esim. TIRKKONEN 1952 ja 1959). Kohonneiden työpalkkojen ja työvoimapulan vuoksi ryhdyttiin heti ojitustoiminnan vilkastuessa sekä käytännön ojittajien että tutkijoiden toimesta aktiivisesti kehittämään ojitustekniikkaa halvemmaksi ja toisaalta vähemmän ihmistyötä vaativaksi. Tällöin päädyttiin lyhyen kokeiluluontoisen räjäytysvaiheen jälkeen koneellisiin ojitusmenetelmiin (esim. HUIKARI 1951, 1953 ja 1958).

Eräät suonkuivaustöissä toimineet metsäammattimiehet olivat sotavuosina työskennelleet turveteollisuuden työmailla ja perehtyneet siellä laajassa mitassa kuivatuksessa käytettyihin holvisalaojiin (HUIKARI 1951, KUJALA 1951). Mainittakoon, että tämä ojatyyppi on alkuaan peräisin Freistattin suosiirtolasta Saksasta ja Suomeen ensimmäiset turpeennostokenttien holvisalaojat on tehty Sippolan Haukkasuolle vuosina 1917 ja 1918.

Metsäojitusalueet poikkesivat turpeennostokentistä huomattavasti sikäli, että niillä kasvoi jo ojitusaikana puustoa. Sitä voitiin käyttää halpana materiaalina pitämässä auki veden kulkutietä ojissa, joiden arveltiin holveina pysyvän auki vain verraten lyhyen ajan. Holvien kunnossa pysymisen suhteen vallinneen epävarmuuden vuoksi valtaosa 1950-luvulla lapiokaivun loppuajkoina tehdyistä salaojista onkin riuku- risusalaojia. Jossain määrin koemielessä käytettiin myös lauta-, tiili- ja muoviputkia.

Salaojitus pystyi risuriuku- ja holvisalaojia käytettäessä verraten hyvin kustannuksiltaan kilpailemaan lapiokaivuna tehdyn avo-ojituksen kanssa välittömien kaivukustannusten osalta ja lisäksi se tarjosi avo-ojitukseen verrattuna merkittäviä etuja, joista ehkä tärkein oli perkaustarpeen väheneminen. Siksi salaojitus näytti nopeasti kehittyvän tärkeäksi ojitusmenetelmäksi (esim. VÄLIMAA 1948, PENTTILÄ 1951 ja HUIKARI 1951). Avo-ojituksen koneellistuminen merkitsi kuitenkin niin voimakasta kustannusten alenemista (esim. HUIKARI 1958), että salaojitus jäi melko nopeasti monista eduistaan huolimatta kalteutensa vuoksi toissijaiseksi varamenetelmäksi avo-ojitukseen nähden (HUIKARI 1963).

1960-luvulla on kehitetty koneita, joilla pystytään jyrsimällä tekemään kohtuullisin kustannuksin kapeaa pystyseinäistä ojaa, johon voidaan laittaa putki tai tehdä jätepuusta, latvuksista, oksista ym. vettä johtava kerros. Yleisimmin tällainen oja annetaan olla sellaisenaan, jolloin se ajanmittaan painuu yläosastaan kapeammaksi, joskus aivan umpeenkin muodostuen joko ns. piilo-ojaksi tai todelliseksi holvisalaojaksi (esim. AHO 1970, METSÄOJITUSSÄÄTIÖ 1970).

Tulevaisuudessa ojituskohteista on huomattavasti nykyistä suurempi osa vahvaturpeisia rämeitä ja avosoita (esim. NISKANEN 1971) minkä vuoksi salaojituksella saattaa olla edessään uusi tuleminen. Tätä enteilevät jo eräät käytännön ojittajille tarkoitetut ohjeet (NISKANEN 1969).

Tässä tilanteessa tutkimuksen tehtävänä onkin selvittää toisaalta lupaavimmilta vaikuttavien salaojituslaitteiden työtehoa ja työtekniikkaa sekä toisaalta erityyppisten salaojien kunnossapysyvyys. Edelleen on selvitettävä pitääkö salaojituk-

sessä ja avo-ojituksessa mahdollisesti käyttää erilaista sarkaleveyttä. Tällä tutkimuksella on pyritty selvittämään viimeaikaista vertailemalla vierekkäin olevilla erilaisia sarkaleveyksiä käsittävillä salaojitetulla ja avo-ojitetulla alueella pohjaveden keston ja valunnan käyttäytymistä yhtenä kesä kautena.

2. AINEISTO

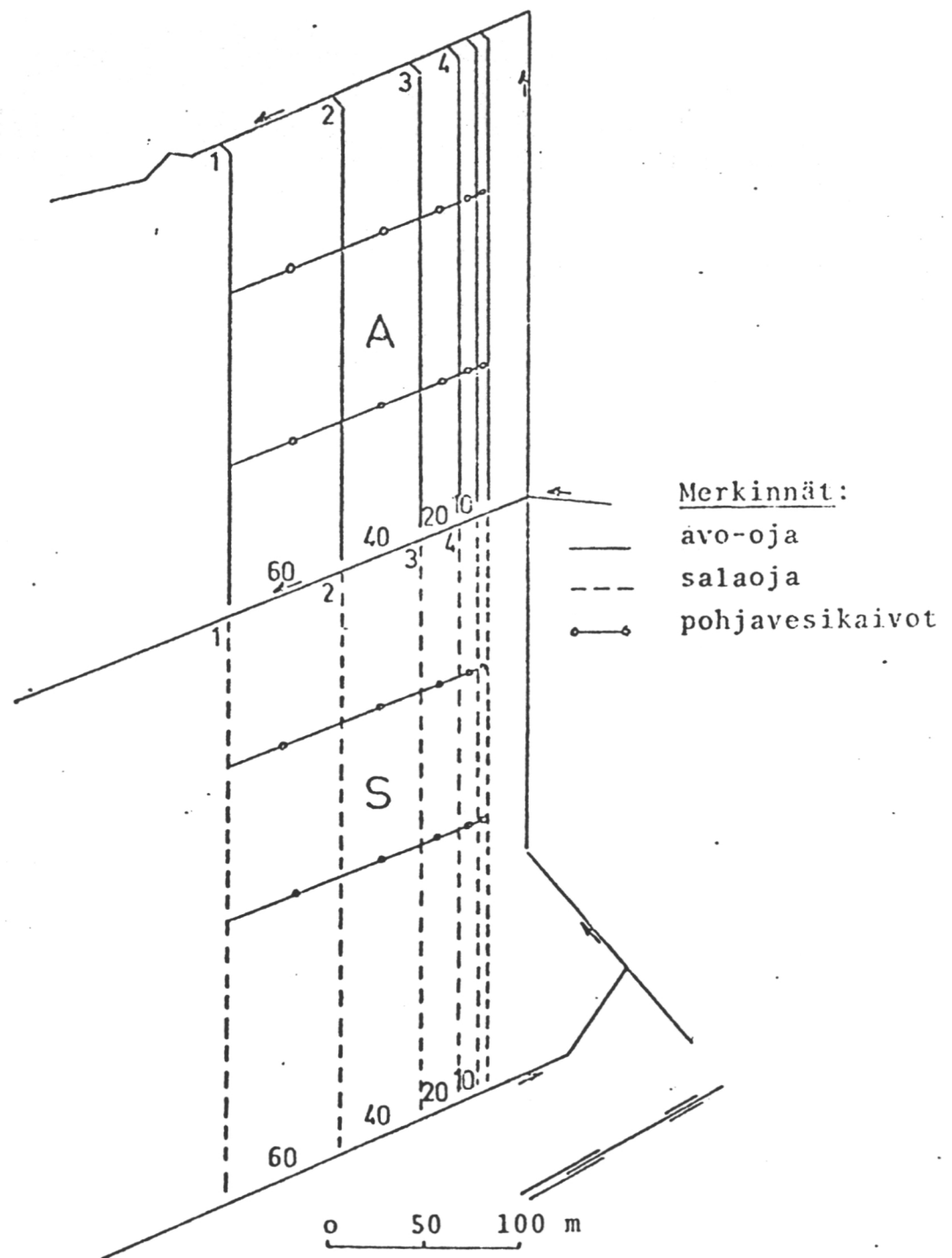
Salaojitetun ja avo-ojitetun alueen pohjavesisuhteiden ja valunnan vertailussa käytetty aineisto on saatu Parkanon pitäjässä olevalta Liesnevan koekentältä. Liesnevan alueella on ensimmäisen kerran suoritettu ojitusta vuonna 1915 erittäin suurta ojaväliä käyttäen. Sinne perustettiin kevätkesällä 1954 salaojitetut alueet I ja II sekä kesällä 1955 avo-ojitettu alue III (HUIKARI 1959 b, kuva 2 sivulla 9). Kaikilla kolmella alueella esiintyvät sarkaleveydet 5, 10, 20, 40, 60, 80 ja 100 m.

HUIKARIN (1959^b) mukaan kokoojaojat kaivettiin 120 cm:n syvyisiksi ja kaikki sarkaojat 80 cm:n syvyisiksi. Täten saatiin sarkaojien suihin riittävä putous valunnan mittausta varten. Koska maanpinta oli tasaisesti viettävää, saatiin ojan pohjien kaltevuudeksi kaikissa ojissa n. 2 ‰.

Pinnalta 30 cm:n ja pohjasta 25 cm:n levyisiin salaojiksi tarkoitettuihin kaivantoihin ladottiin suomukseen tyvet alapäin ja ojan yläpäästä aloittaen noin 40 cm:n paksuinen kerros latvaosastaan karsimattomia mänty- ja koivuriukuja. Riukujen päälle pantiin noin 20 cm paksultti heikosti maatonutta pintaturvetta ja päällimmäiseksi luotiin kaikki ojasta noussut turve. Turvekerros oli niin paksu, että ojat eivät ulottuneet mineraalimaahan.

Avo-ojien kaivussyvyys oli 80 cm, pohjan leveys n. 30 cm, luiskan kaltevuus 1/0,7 ja pintaleveys n. 140 cm.

Tämän tutkimuksen päämääränä oli vertailla avo-ojitetun ja salaojitetun alueen pohjavesisuhteita ja valuntaa. Siksi koekenttien pitäisi puustonsa, turpeen rakenteensa, kaltevuussuhteittensa, sääolojensa ym. suhteen olla mahdollisimman saman-



Kuva 1. Yleiskartta Liesnevan kockentästä.

laiset. Tästä syystä vertailualueiksi hyväksyttiin salaojitettu alue I ja sen vieressä oleva avo-ojitettu alue III; näistä käytetään merkintöjä S ja A (vrt. kuva 1).

Puutteellisten pohjavesimittausten ja valunnan mittausten suuren virhemahdollisuuden vuoksi jouduttiin 5 m:n sarka jättämään pois. Tutkimusta rajoitettiin edelleen vielä niin, että vertailuun hyväksyttiin puustoltaan lähinnä samanlaiset sarkaleveydet 10 m, 20 m, 40 m ja 60 m, Nykyisin käytännön ojitustoiminnassa käytetään koekenttiin verrattavilla rämeillä pääasiassa ojaväliä 30-40 m, joten puustoltaan muista poikkeavien sarkaleveyksien 80 m ja 100 m poisjättämisellä ei käytännön kannalta ole suurtakaan merkitystä.

Koekentän puustotietoja on esitelty useissa julkaisuissa (HUIKARI 1964, HUIKARI ja PAARLAHTI 1967, PAAVILAINEN 1969), joissa on lähinnä pyritty selvittämään millainen on sarkaleveyden vaikutus rämemännikön kasvuun.

Viimeisimpien ja perusteellisimpien mittausten tulokset on esittänyt PAAVILAINEN (1969). Taulukossa 1 on esitetty puuston kuutiomäärä ja kasvu v. 1968. Salaojitetun ^{aluen} 60 metrin saran puusto edusti HUIKARIN (1959 b) mukaan 1950-luvun loppupuolella metsäisten sarkojen keskiarvoa. Tämän perusteella on oletettavissa, että sillä puuston kuutiomäärä olisi n. $50 \text{ k-m}^3/\text{ha}$.

Taulukko 1. Puuston kuutiomäärä ja kasvu Liesnevan erileveysillä saroilla 1968 PAAVILAISEN (1969) mukaan.

Sarka- leveys m	Avo-ojitettu alue	Salaojitettu alue
	Puuston kuutiomäärä m^3/ha kuorineen	
10	55.9	56.3
20	35.2	59.9
40	41.7	56.3
60	31.3	(50)
	Puuston kasvu m^3/ha kuoretta	
10	2.89	3.17
20	1.56	3.28
40	1.57	2.71
60	0.93	

Taulukosta havaitaan, että vertailtavista avo-ojitetulla ja salaojitetulla alueella vain 10 m:n leveillä saroilla on ollut hyvin samanlainen puusto. Salaojitetun alueen 20 ja 40 m:n saroilla on puusto ollut jonkin verran suurempi ja melko paljon kasvaisampi kuin vastaavilla avo-ojitetuilla saroilla. 60 m:n sarkojen puustojen välillä on nähtävästi ollut samansuuntainen ero kuin 20 ja 40 m:n saroilla.

PAAVILAISEN (1966) mukaan sekä avo-ojitetun että salaojitetun alueen ojituksen aikainen suotyyppi on ollut tupasvilläräme. Tosin salaojitetulla alueella on jo hieman vivahdusta varsinaiseen sararämeeseen päin. Pintakasvillisuuden muuttuminen ojituksen vaikutuksesta on kapeilla saroilla ollut voimakkaampaa kuin leveillä saroilla ja muutos molemmilla alueilla on ollut pääpiirteissään samanlaista.

Turpeen syvyys on avo-ojitetulla alueella 1,4 - 1,9 m ja salaojitetulla 1,0 - 1,5 m. Rahka esiintyy vallitsevana turvetekijänä kaikissa kohdissa 0 - 50 cm:n kerroksessa. Pintakerroksessa on lisäksi puiden ja varpujen jäänteitä ja syvemmissä kerroksissa sarojen ja niittyvillan jäänteitä. Turpeen maatumisaste muuttuu avo-ojitetulla alueella pintakerroksesta 50 cm:n syvyydelle siirryttäessä II 2:sta II 5:een, salaojitetulla alueella vastaavasti H 3:sta H 6:een (v. POSTIN asteikon mukaan).

Avo-ojitetulle ja salaojitetulle alueelle on jo niiden perustamisen yhteydessä tehty pohjavesikaivot, joiden poikkeileikkauspinta-ala on 100 cm². Kaivojen syvyys on 1 m ja ne ovat viiden metrin välein kummallakin alueella kahdella eri linjalla (vrt. kuva 1). Mittaukset on suoritettu 1 mm:n tarkkuudella kunkin kaivon reunassa maan pinnassa olevasta paalusta, joiden korkeudet vaaittiin. Mittauksissa saatiin täten suoraan selville pohjaveden syvyys, jolla ymmärretään mm. HEIKURAISEN (1971) esittämän määritelmän mukaisesti maanpinnan ja pohjaveden pinnan välistä etäisyyttä. Mittaukset suoritettiin keran vuorokaudessa jokaisena arkipäivänä. Pohjavesikaivot olivat jäässä vielä toukokuun alussa, joten mittaukset päästiin aloittamaan vasta 11.5. ja niitä tehtiin aina syyskuun loppuun saakka.

Valunnan mittauksia varten asetettiin kaivun yhteydessä jokaisen numeroidun tutkimusojan suuhun ojan pohjaan kouru, jota myöten sarkaojasta purkautuva vesi virtasi veto-ojaan. Valunnan mittauksessa katsottiin sekuntikellosta mitta-astian täyttymiseen kulunut aika. Mitta-astian tilavuus oli valunnan suuruudesta riippuen joko 0,5 l tai 1,0 l. Mittaukset suoritettiin

jokaisena arkipäivänä aina samaa reittiä käyttäen aloittaen joka kerta samasta kohdasta ja samaan aikaan vuorokautta. Valunta mitattiin molempien alueiden ojien 1, 2, 3 ja 4 suista (vrt. kuva 1).

Valuntamittaukset päästiin aloittamaan salaojitetulla alueella 14.4. ja avo-ojitetulla 1.5. Mittaukset lopetettiin 30.9. Mitta-astia oli huhti-, touko- sekä syyskuussa 1 litran ja kesä-, heinä- sekä elokuussa 0,5 litran suuruinen.

Kumpallakin alucella oli säähavaintoasema, jolta havaittiin joka arkipäivä kerran vuorokaudessa 0,5 m:n korkeudelta ilman lämpötila (havaintohetken sekä edellisen vuorokauden minimi- ja maksimilukemat). Mittaukset aloitettiin 11.4. Maan lämpötila mitattiin samassa yhteydessä 10 ja 30 cm:n syvyyksiltä 16.5. alkaen. Molempia jatkettiin syyskuun loppuun saakka.

Sateiden määrä mitattiin vain salaojitetun alueen säähavaintoasemalta joka arkipäivä 16.5. lähtien syyskuun loppuun. Sademittari sijaitsi maanpinnan tasalla, sen poikkileikkauspinta-ala oli 100 cm^2 , eikä siinä ollut tuulisuojusta.

3. TULOSTEN LASKEMINEN

Avo- ja salaojitettujen alueiden pohjavesisuhteiden vertaamiseksi kesä kautena 1967 on tässä tutkimuksessa käytetty pohjaveden kestoa (WÄRE 1947, HUIKARI 1959 b, HUIKARI ym. 1966, HEIKURAINEN 1971). Tässä tapauksessa se tarkoittaa montako prosenttia kaikista pohjaveden syvyyshavainnoista on tietyn tason yläpuolella. Kesto on laskettu erikseen kullekin kuukaudelle ja koko kaudelle.

Tulosten laskentavaiheessa molempien alueiden kummankin linjan vastaavien kaivojen päivittäiset havainnot yhdistettiin. Näin saaduista luvuista laskettiin kestot, jotka esitetään taulukoissa 4 ja 5. Näille luvuille suoritettiin muunnos $y = 2 \arcsin \sqrt{x}$ (HALD 1962). Tästä muunnetusta aineistosta tehtiin kovarianssianalyysi, jossa käytettiin mallia:

$$2 \arcsin \sqrt{y_{ijk}} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \rho_{ik} + \delta_{h_{ijk}} + \lambda h_{ijk}^2 + \epsilon_{ijk},$$

jossa y_{ijk} = pohjaveden kesto ko. kautena.

Alaviitta i = ojitustapa (sala- tai avo-ojitus)

j = sarkaleveys (10, 20, 40 tai 60 m)

k = mittauskohdan sijainti (pohjavesikaivon etäisyys ojasta)

μ = tuntematon vakio

α_i = i:n ojitustavan vaikutus

β_j = j:n sarkaleveyden vaikutus

γ_k = k:n mittauskohdan sijainnin vaikutus

ρ_{ik} = k:n mittauskohdan sijainnin vaikutus

i ojitustavalla

h_{ijk} = syvyys

δ ja λ = osittaisregressiokertoimia

e_{ijk} = jäännöstermi, jonka oletetaan olevan normaalisti jakautunut siten, että odotusarvo $E(e_{ijk}) = 0$ ja varianssi $D^2 e_{ijk} = 1$ eli $e_{ijk} = N(0, 1^2)$.

Analyysillä pyrittiin selvittämään, miten ojitustapa, sarkaleveys ja kaivon etäisyys ojasta, vaikuttavat pohjaveden keston vaihteluun. Ojasyvyys on sama koko kentällä.

Valunnan suuruuden vertaamiseksi muunnettiin päivittäiset mittausarvot, jotka olivat yksikkönä sek/l tai sek/0,5 l yksiköksi l/vrk. Näin saadut arvot jaettiin kunkin ojan valuma-alueella, jolloin päästiin yksikköön mm/vrk. Päivinä, joina ei oltu tehty havaintoja, käytettiin interpoloimalla saatuja arvoja. Valunta-alueiden suuruuden laskentaperusteet ovat olleet samat kuin HUIKARILLA (1959 b).

3. TUTKIMUSKAUDEN SÄÄLOLOT

31. Sadanta

Taulukossa 2 esitetään kuukausittaiset sademäärät Liesnevalla tehtyjen havaintojen perusteella sekä vastaavat normaaliarvot kaudelta 1931-1960 (HELIMÄKI 1966).

Taulukko 2. Eri kuukausien sademäärät (mm) Liesnevalla 1967 ja vastaavat normaaliarvot kaudelta 1931-60.

Kuukausi	1967	Normaali
mm		
Toukokuu	39.7 ^x	44
Kesäkuu	50.3	56
Heinäkuu	28.0	82
Elokuu	146.3	78
Syyskuu	45.2	62

^xHavainnot on ajalta 16.5.-31.5.

Kesä 1967 oli varsinkin heinä- elokuun osalta huomattavasti normaalista poikkeava. Heinäkuu oli erittäin vähäsateinen ja elokuu taas puolestaan erittäin runsassateinen. Kuvasta 2 selviää lisäksi sateiden jakautuminen eri kuukausina. Elokuussa oli kesän korkein vuorokautinen sademäärä 71 mm. Paitsi, että heinäkuussa sademäärä oli erittäin vähäinen, sateet jakaantuivat kovin epätasaisesti. Alku- ja loppukuussa on satanut muutaman kerran, suurimman osan ollessa lähes täysin sateetonta. Syyskuun loppupuoli oli myös erittäin vähäsateinen. Sateiden epätasainen jakaantuminen aiheuttaa suurta vaihtelua sekä pohjaveden syvyyteen että valuntaan. Tämä tarjoaa tällaisessa hydrologisessa

vertailevassa tutkimuksessa monia lisämahdollisuuksia johtopäätösten tekemiseen.

32. Lämpöolot

Taulukossa 3 on kesän 1967 eri kuukausien ja koko vuoden keskilämpötilat, jotka on laskettu Länsi-Aureen ilmastoaseman havainnoista. Normaaliarvot ovat kaudelta 1931-1960 (KOLKKI 1965).

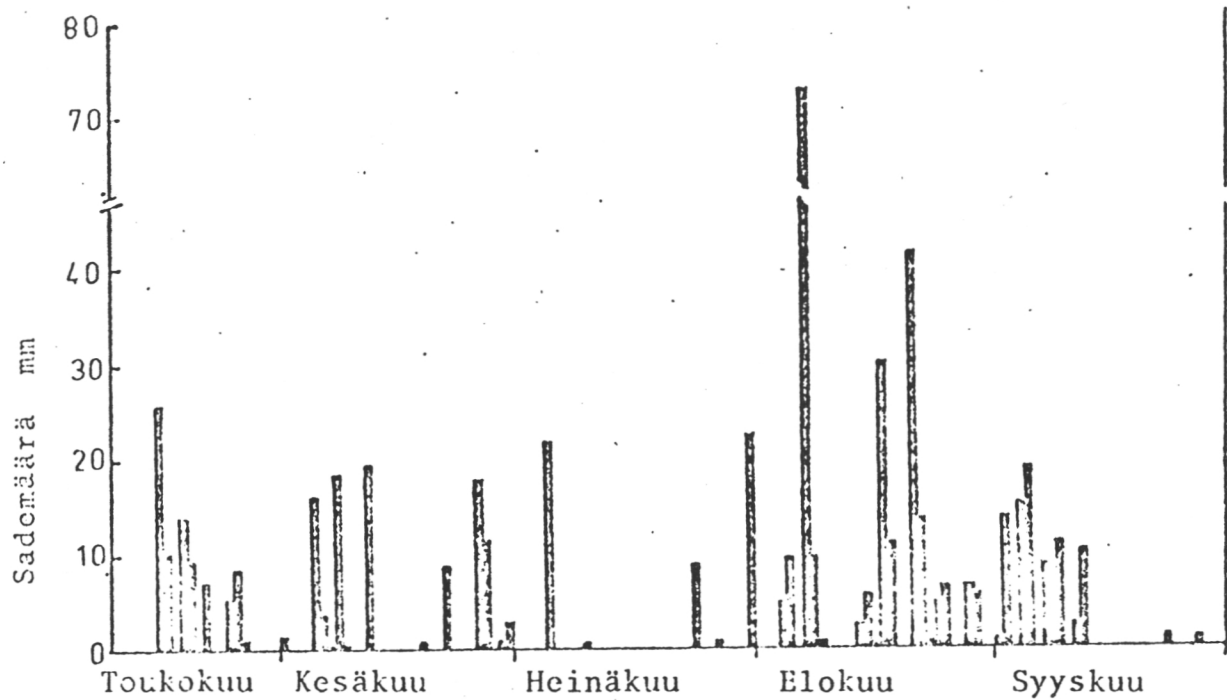
Taulukko 3. Keskilämpötilat °C vuonna 1967 ja vastaavat normaaliarvot.

Kausi	1967	Normaali
	°C	
Toukokuu	7.6	8
Kesäkuu	12.4	13
Heinäkuu	15.5	17
Elokuu	14.8	14
Syyskuu	10.1	9
Koko vuosi	3.2	3

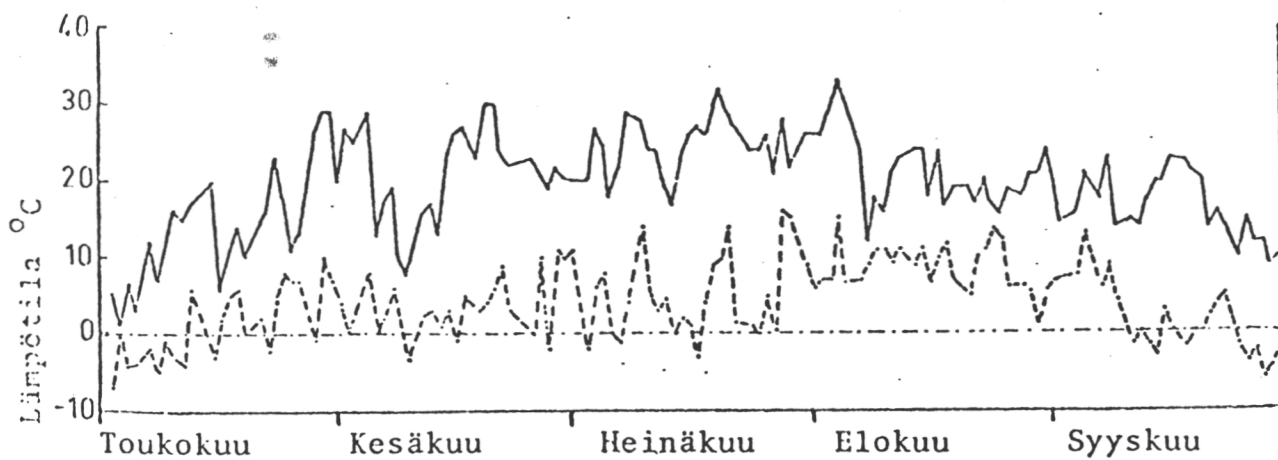
Taulukosta havaitaan, että touko-, kesä- ja heinäkuun keskilämpötilat olivat vähän alle normaalin. Elo- ja syyskuu taas olivat normaalia vähän lämpimämmät.

Kuvassa 3 esitetään Liesnevan salaojitetun koekentän lämpötilan vuorokautiset maksimi- ja minimiarvot. Ainoastaan elokuussa ei ole havaittu kertaakaan alle 0°C:een olevia lämpötiloja, joten kaikkina muina kuukausina oli hallaöitä.

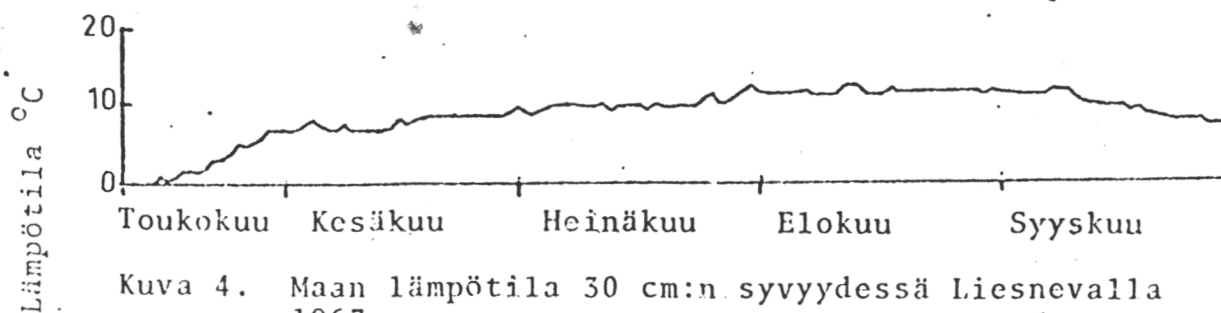
Kuvassa 4 esitetään 30 cm:n syvyydestä havaitut maan lämpötilat salaojitetulta alueelta. Toukokuun puolella välissä havait-



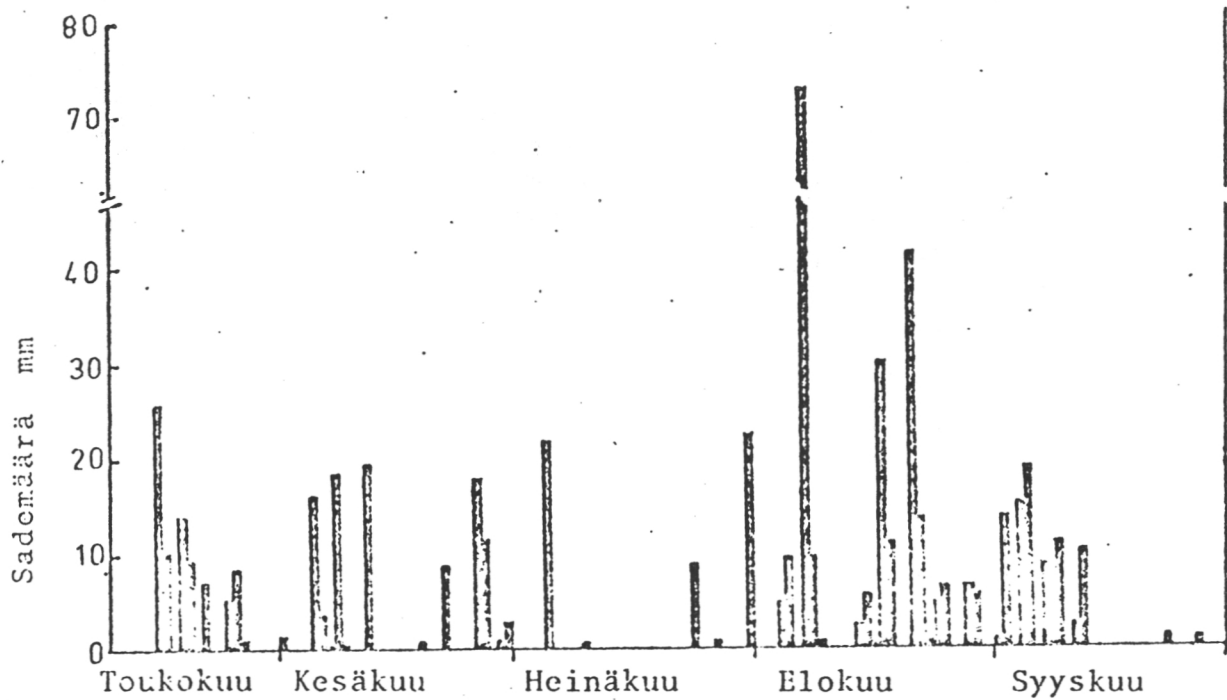
Kuva 2. Vuorokauden sademäärät Liesnevalla 1967.



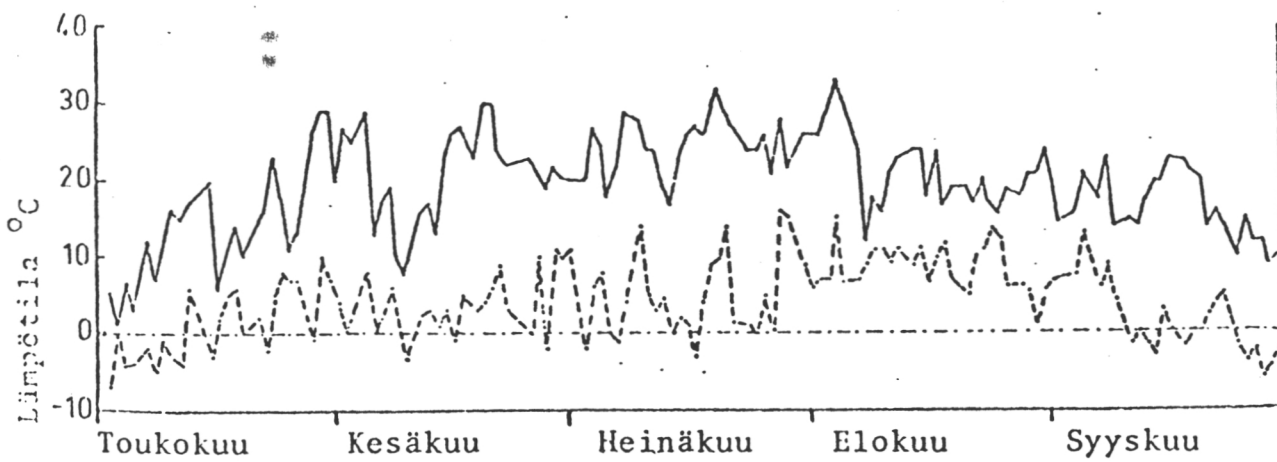
Kuva 3. Vuorokauden maksimi- ja minimilämpötilat Liesnevalla 1967.



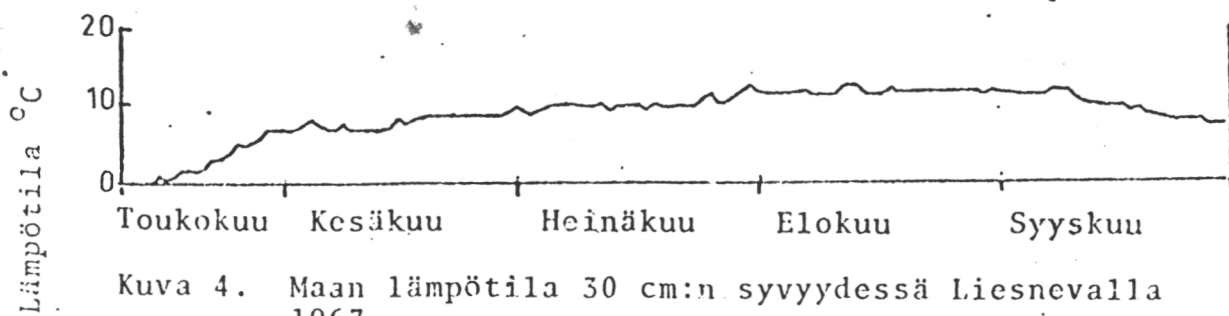
Kuva 4. Maan lämpötila 30 cm:n syvyydessä Liesnevalla 1967.



Kuva 2. Vuorokauden sademäärät Liesnevalla 1967.



Kuva 3. Vuorokauden maksimi- ja minimilämpötilat Liesneval-
la 1967.



Kuva 4. Maan lämpötila 30 cm:n syvyydessä Liesnevalla
1967.

tiin ensimmäiset yli 0° :een lämpötilat, minkä jälkeen maa lämpeni erittäin voimakkaasti kesäkuun alkuun, minkä jälkeen maan lämpötila nousi hitaasti aina elokuun puoleen väliin, mistä se alkoi laskea aluksi hitaasti. Lämpöolojen suhteen kesä 1967 oli suhteellisen normaali.

5. TULOKSET

51. Pohjaveden kesto

Suomen olosuhteissa pohjaveden syvyydellä on kaksi selvää vuosittaista minimiä ja maksimia. Pohjaveden suurin syvyys saavutetaan tavallisesti kevättalvella ennen lumien sulamista ja toinen maksimi sattuu syyskesälle, yleensä elokuulle. Pohjaveden pienin syvyys on keväällä heti lumen sulamisen jälkeen. Ajankohta sattuu Etelä- ja Keski-Suomessa yleensä huhti- toukokuun vaihteeseen. Toinen yleensä kuitenkin edellistä pienempi minimi on loka- marraskuussa syysateiden aikana (vrt. esim. WÄRE 1947, HUIKARI 1959 b, JOHANSSON och SOVERI 1965, HEIKURAINEN and PÄIVÄNEN 1970, HEIKURAINEN 1971).

Metsän kasvatukseen tarkoitetuilta alueilta ei ole tietettävästi toistaiseksi julkaistu avo- ja salaojituksen vaikutuksesta vertailevia tutkimuksia pohjavesipinnan syvyyteen. Tästä syystä on käytettävissä vain WÄREEN (1947) avo- ja salaojitettun pellon maan vesisuhteita selvittävä tutkimus, joka on tehty Maasojan vesitaloudellisella koekentällä professori Kaiteran johdolla vuosina 1939-1944.

WÄRE (1947) on todennut, että salaojitetulla turvemaan pellolla pohjaveden syvyyden kevätminimi on sattunut keskimäärin viisi vuorokautta aikaisemmin kuin avo-ojitetulla alueella. Syysateiden aiheuttama minimi on sattunut salaojitetulla savimaalla keskimäärin 17 vuorokautta myöhemmin kuin avo-ojitetulla maalla. Läpäisevällä turvemaalla vastaava ero on ollut keskimäärin vain yksi vuorokausi.

Pohjaveden aleneminen on savimaan salaojitetuilla alueilla

jatkunut talvella seitsemän vuorokautta ja kesällä 11 vuorokautta kauemmin kuin avo-ojitetuilla alueilla. Vastaavat aikaerot turvemaalla ovat olleet 16 ja 12 vuorokautta. WÄREEN (1947) mukaan tärkein syy huippujen ajankohtaeroihin on se, että salaojat ovat johtaneet vesiä pois myös talvella. Täten salaojitettuun maahan on syntynyt varastotilaa, johon sulamisvedet ovat mahtuneet paremmin kuin avo-ojitettuun maahan.

Aineiston salaojien ja avo-ojien erilaisen syvyyden vuoksi on melko mahdotonta tehdä päätelmiä siitä, kumpi ojitustapa pitää pohjaveden pinnan syvemmällä. Kuitenkin voidaan todeta, että heikosti vettä läpäisevällä savimaalla pohjaveden syvyyden vaihtelut ovat salaojitetulla suuremmat kuin avo-ojitetulla alueella ja turvemaalla päinvastoin.

Taulukossa 4 esitetään pohjaveden kesto sarkaleveyksittäin ja mittauskohdittain avo-ojitetulla alueella eri kuukausina ja koko mittauskautena. Vastaavat salaojitetun kentän arvot esitetään taulukossa 5.

Taulukko 4. Pohjaveden kesto lienevan avo-ojitetun alueen eri levyisillä sarjoilla
vuonna 1967.

Kausi	Syvyys, cm	Sarakelveys, m															
		10		20		40		60									
		Mittauskohdan etäisyys ojasta, m															
		2.5	2.5	7.5	2.5	7.5	12.5	17.5	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5			
Toukokuu	10	0	15	18	10	35	50	29	35	25	32	62	57	68			
	20	21	47	90	62	82	98	100	53	90	87	88	100	100			
	30	54	75	100	91	100	100	100	79	100	100	100	100	100			
	40	78	100	100	100	100	100	100	95	100	100	100	100	100			
Kesäkuu	50	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
	10	0	0	0	0	1	1	1	0	0	10	12	13	16			
	20	5	8	30	17	44	46	52	20	33	41	57	62	66			
	30	22	28	70	58	73	59	74	64	65	69	88	88	94			
Heinäkuu	40	49	69	94	73	100	87	100	88	96	85	100	98	100			
	50	84	88	100	79	100	87	100	100	100	96	100	98	100			
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	7			
Elokuu	30	0	0	0	3	3	6	6	3	2	6	14	14	25			
	40	4	0	27	3	27	39	38	12	36	36	38	20	41			
	50	23	10	50	8	35	61	53	28	77	72	59	57	49			
	10	3	0	9	3	21	41	39	26	32	35	50	58	69			
Syyskuu	20	11	3	49	13	55	68	72	35	50	41	70	79	71			
	30	29	39	74	30	75	78	81	44	71	81	81	81	81			
	40	54	79	81	50	81	81	81	69	81	81	81	81	81			
	50	71	80	81	53	81	81	86	85	86	81	81	81	81			
Koko kausi	10	0	0	12	0	21	40	48	14	27	25	59	92	96			
	20	12	0	59	13	80	96	95	34	46	57	75	92	97			
	30	45	56	99	36	90	100	100	56	90	92	100	100	100			
	40	78	74	100	82	100	100	100	76	100	100	100	100	100			
Koko kausi	50	78	83	100	82	100	100	100	96	100	100	100	100	100			
	10	1	3	7	2	14	25	21	14	14	19	34	44	50			
	20	9	10	42	18	50	59	58	27	39	42	57	65	69			
	30	20	37	66	42	66	67	67	46	63	67	75	74	78			
Koko kausi	40	51	62	79	60	80	80	77	64	81	78	83	83	83			
	50	69	70	85	64	82	85	80	80	90	89	87	87	85			

Taulukko 5. Pohjaveden kesto liesnevan salaojitetun alueen eri levyisillä sarjoilla
vuonna 1967.

Kausi	Syvyys, cm	Sarakkeveys, m														
		10			20			40			60					
		Mittauskohdan etäisyys ojaista, m														
		2.5	2.5	7.5	2.5	7.5	12.5	17.5	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5		
Toukokuu	10	0	16	37	0	20	0	26	26	43	49	76	76	42		
	20	0	28	94	76	78	100	100	96	99	100	100	100	100		
	30	29	79	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
	40	84	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Kesäkuu	10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6	9	8		
	20	0	15	22	7	19	29	46	16	27	56	59	62	50		
	30	1	31	69	47	69	72	81	64	72	84	90	92	90		
	40	14	66	76	75	88	92	100	78	78	94	100	94	94		
	50	28	92	76	79	92	100	100	78	78	94	100	94	94		
Heinäkuu	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	30	0	0	11	0	10	4	8	0	7	12	9	13	15		
	40	0	9	12	8	18	22	32	3	22	28	25	28	30		
	50	0	15	12	19	26	29	39	3	23	31	25	35	33		
Elokuu	10	0	17	18	12	22	21	32	5	29	29	42	45	48		
	20	0	20	33	20	42	53	65	43	55	64	69	74	71		
	30	26	50	58	52	71	74	81	65	75	74	74	74	75		
	40	43	65	80	68	76	81	81	71	75	74	74	74	75		
	50	50	73	80	72	76	81	81	71	75	74	74	74	75		
Syyskuu	10	0	14	23	24	35	26	59	25	64	74	85	79	72		
	20	7	33	53	48	56	79	100	52	79	100	100	100	100		
	30	31	54	67	71	96	100	100	85	91	100	100	100	100		
	40	50	82	87	89	100	100	100	85	94	100	100	100	100		
	50	51	92	87	89	100	100	100	85	94	100	100	100	100		
Koko kausi	10	0	9	25	8	15	10	21	10	27	29	40	40	34		
	20	1	19	30	27	38	49	60	40	52	61	63	65	62		
	30	17	40	51	50	67	68	72	59	67	72	72	74	74		
	40	35	62	66	65	75	78	81	65	76	78	78	78	78		
	50	42	72	66	70	77	81	83	65	76	78	78	79	79		

Taulukko 6. Merkitsevyystestien tulokset pohjaveden kestästä Liesnevalla kesäkautena 1967.

Selittävä muuttuja	F-arvo					
	toukokuu	kesäkuu	heinäkuu	elokuu	syyskuu	koko kausi
syvyys	815.202	696.044	7.540	272.700	259.455	730.485
(syvyys) ²	374.703	131.453	7.265	77.565	77.960	190.492
ojitustapa	3.930	1.731	11.922	7.477	7.259	.326
sarkal.	22.340	27.441	.939	21.045	11.623	43.555
et. ojasta	19.739	46.565	12.433	56.648	77.654	92.711
oj.tapa	.967	1.893	.686	4.007	1.057	1.193
et. ojasta						

Havaitaan, että molemmilla alueilla pohjavesi oli lumen sulamisen jälkeen toukokuussa varsin korkealla. Tällöin leveiden sarkojen keskiosissa saavutettiin koko mittauskauden ajan jo 20 cm:n syvyyskerroksessa prosenttiluku 100. Pohjaveden pinta oli avo-ojitetulla alueella mittauksia aloitettaessa hieman syvemmällä ja aleni nopeammin kuin salaojitetulla alueella. Taulukosta 6 havaitaan, että keston ero oli tilastollisesti merkitsevä (x). Salaojitetulla 10 metrin saralla ovat kuitenkin arvot pienemmät kuin vastaavalla avo-ojitetulla.

Kesäkuussa pohjaveden pinta laski molemmilla alueilla. Aleneminen oli salaojitetulla alueella voimakkaampaa kuin avo-ojitetulla. Kuukauden lopussa olikin salaojitetulla alueella pohjaveden pinnan syvyys suurempi kuin avo-ojitetulla. Tällöin kapeiden sarkojen ojien läheisissä kaivoissa vedenpinta oli useina mittauskertoina yli 50 cm:ä syvällä.

Kuten jo edellä on todettu (vrt. taulukko 2 ja kuva 2) oli vuoden 1967 heinäkuu tutkimusalueella erittäin vähäsateinen kun taas elokuu oli poikkeuksellisen runsassateinen. Siksi kasvukauden aikainen pohjaveden pinnan syvyyden maksimi-arvo

saavutetaan jo hieman normaalia aikaisemmin aivan elokuun alussa. Heinäkuussa pohjaveden syvyys oli salaojitetulla alueella keskimäärin suurempi kuin avo-ojitetulla. Salaojitetulla alueella oli pohjaveden syvyys yli $2/3$ mittauskerroista suurempi kuin 50 cm. Avo-ojitetulla alueella taas varsinkin sarkojen keskiosissa päädyttiin yleensä 50 cm:ä pienempiin syvyyden arvoihin. Keston ero on erittäin merkitsevä (xxx).

Elokuussa pohjaveden pinta nousi molemmilla alueilla melko nopeasti 20-30 cm:n välille. Tämä näkyy hyvin siitä, että 30, 40 ja 50 cm:n syvyyksillä keston arvot ovat hyvin samansuuruisia, jopa usein samoja. Koska pohjaveden syvyys oli salaojitetulla kentällä heinäkuun lopussa selvästi suurempi kuin avo-ojitetulla, on luonnollista, että pohjaveden syvyys sateiden jälkeen elokuussakin on hieman suurempi salaojitetulla alueella kuin avo-ojitetulla alueella. Ero on kuitenkin huomattavasti vähäisempi kuin heinäkuussa. Keston ero on elokuussa hyvin merkitsevä (xx). Ojien läheisyydessä oli pohjaveden kesto salaojitetun alueen saroilla selvästi suurempi niin, että ero avo-ojitetun alueen vastaaviin arvoihin on merkitsevä (x). Toisin sanoen pohjaveden syvyys salaojitetulla alueella oli ojien läheisyydessä useimpina mittauskerroina pienempi kuin avo-ojitetulla, keskisaralla tilanne oli päinvastainen.

Syyskuun aikana ei nähtävästi vielä saavutettu syyssateiden aiheuttamaa pohjaveden syvyyden minimiä. Keston arvot ovat kuitenkin lähes yhtä suuria kuin toukokuussa. Leveillä salaojitetuilla saroilla pohjaveden syvyys oli hieman pienempi kuin vastaavilla avo-ojitetuilla saroilla. Keston ero on hyvin merkitsevä (xx).

Touko- syyskuun pohjaveden keston eroihin avo-ojitetun ja

salaojitetun alueen välillä vaikuttaa voimakkaasti toisaalta salaojitetun alueen keskikesän pienentämät keston arvot ja toisaalta touko- ja syyskuun suuremmat arvot. Salaojitetulla alueella pohjaveden syvyyden muutokset ovat selvästi suuremmat kuin avo-ojitetulla alueella. Avo-ojitetulla alueella syvyyskerroksien 40 cm ja 50 cm pohjaveden keston arvot ovatkin yleensä suurempia kuin salaojitetulla. Sitä vastoin kolmessa ylimässä syvyyskerroksessa ei avo- ja salaojitetun alueen arvoissa esiinny selviä systemaattisia eroja. Muista saroista poiketen ovat 10 metrin saralla kaikkien kuukausien keston arvot salaojitetulla alueella olleet selvästi pienemmät kuin avo-ojitetulla.

Sekä avo- että salaojitetun alueen turve on melko heikosti vettä läpäisevää (HUIKARI 1959 a, 1959 b, PAAVILAINEN 1966). Näihin verrattuna WÄREEN (1947) tutkimuksen turvemaan koekentät olivat hyvin vettä läpäiseviä ja savimaan koekentät olivat huonosti vettä läpäiseviä. Siksi tämän tutkimuksen tulokset lienevät paremmin rinnastettavissa WÄREEN (1947) savimaalla saamiin tuloksiin. Pohjaveden syvyyden vaihtelut ovat olleet sekä savimaalla että heikosti vettä läpäisevällä turvemaalla salaojitetulla alalla selvästi suuremmat kuin avo-ojitetulla.

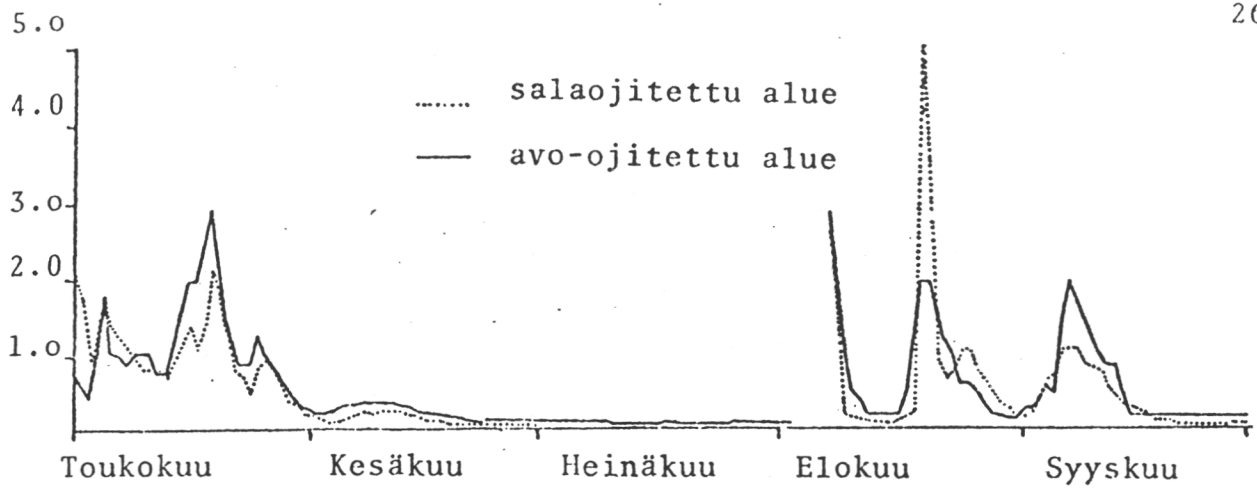
Lisäsyynä salaojitetun alueen suureen vaihteluun on mainittava, että kasvukautena voimakkaasti haihduttavaa puustoa on salaojitetulla alueella ollut runsaammin kuin avo-ojitetulla. Tämä seikka vaikuttanee myös avo- ja salaojitettujen alueiden pohjaveden syvyyden eroa lisäävästi (vrt. HEIKURAINEN and PÄIVÄNEN 1970).

52. Valunta

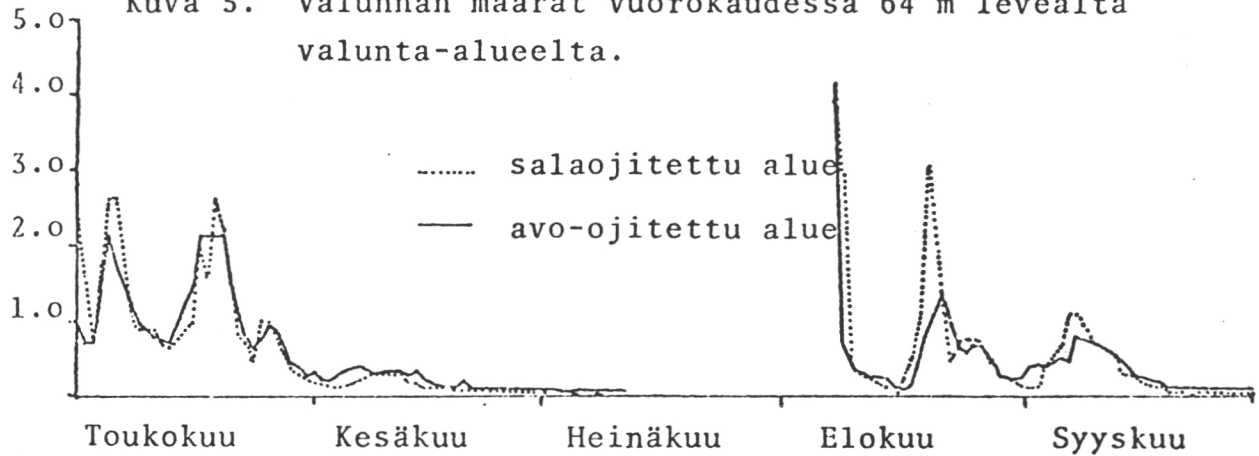
Tässä tutkimuksessa verrattiin salaojitetun ja avo-ojitetun alueen erilevyisiltä saroilta tapahtuvan valunnan kestoa ja määrää yhtenä kevät- ja kesä kautena. Mittausten aloittamisen ajankohdan vuoksi ei voitu vertailla lumen sulamisen aiheuttamaa valuntaa kuin aivan sen loppuvaiheessa.

Koska mittaukset tehtiin vain kerran vuorokaudessa, tästä aiheutuu erityisesti kuurosateiden vuorokautisesta sattumisajasta riippuen suurempi poikkeama avo-ojitetulla kuin salaojitetulla alueella vuorokauden keskimääräisen ja mittaushetken valunnan suuruuden välille. Avo-ojitetulla alueella pääsee sadevesi melko esteettömästi valumaan ojiin, joten valunnassa erityisesti sarkaleveyden ollessa pieni tapahtuu äkillisiä muutoksia. Avo-ojiin suoraan satava vesi, joka virtaa nopeasti veto-ojiin, muodostaa melkoisen osan kapeilta valunta-alueilta purkautuvista vesistä, sillä onhan ojan osuus 9 metriä leveästä valunta-alueesta n. 15 %. Salaojista tulevan veden on täytynyt painua turvekerroksen läpi, joten sateiden aiheuttamassa valunnassa muutokset eivät ole kovinkaan äkillisiä.

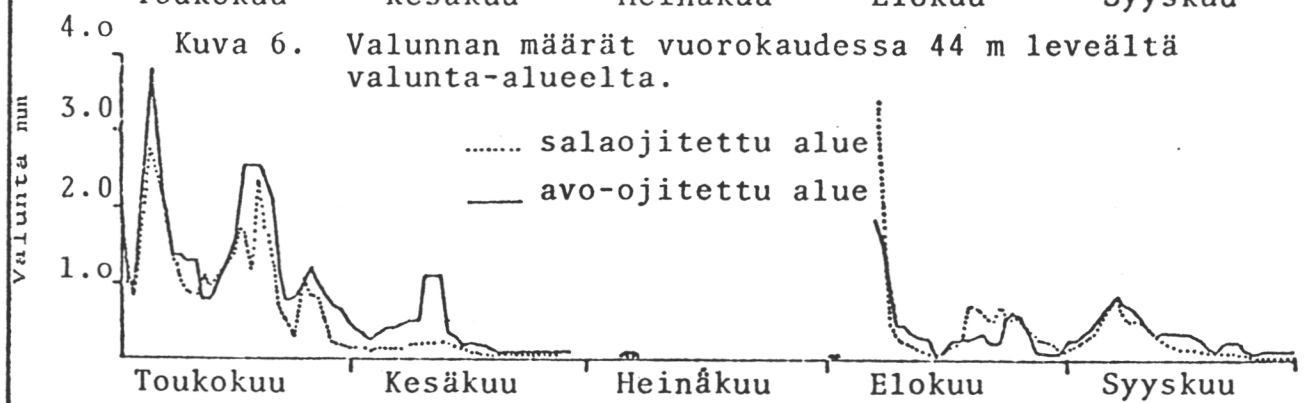
Kuvissa 5, 6, 7 ja 8 esitetään avo-ojitetun ja salaojitetun alueen ojista 1, 2, 3 ja 4 purkautuneiden vesimäärien perusteella lasketut valunnan vuorokautiset arvot vastaavien valunta-alueiden leveyksien ollessa 64, 44, 24 ja 9 m (vrt. kuva 1). Kuvista voi todeta, että kaikista salaojista virtasi vettä lyhyemmän aikaa kuin vastaavista avo-ojista, tosin ero on vain pari päivää. Ainoastaan avo-ojasta numero 1 tapahtui vähäistä veden virtausta lähes koko kesän,



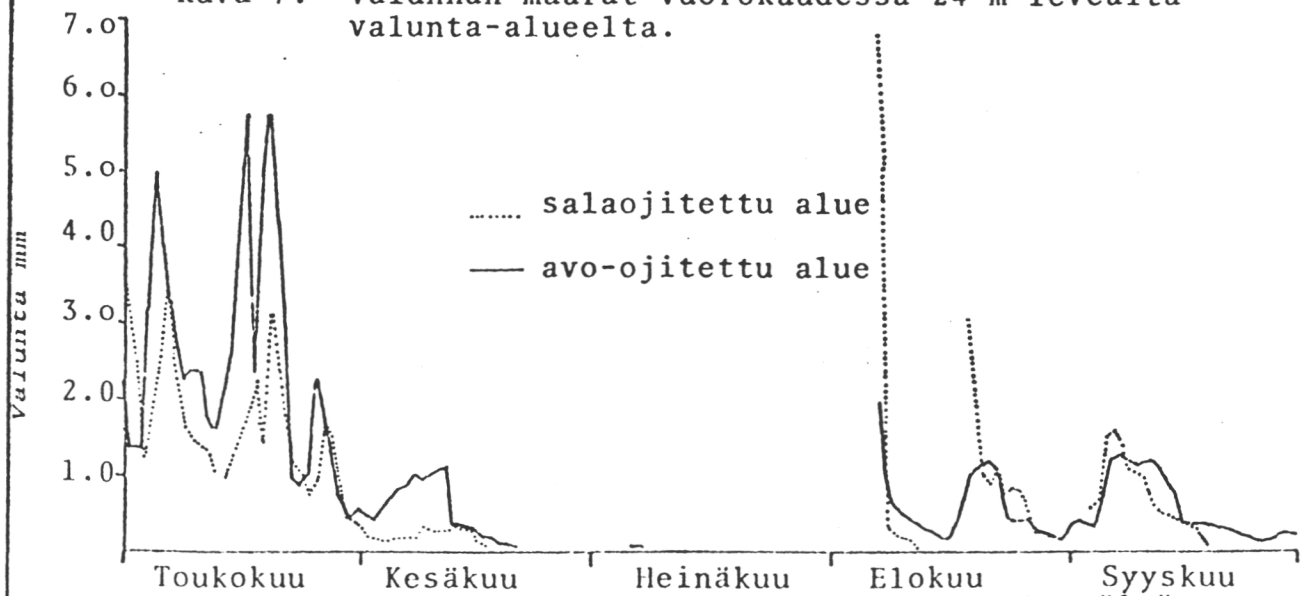
Kuva 5. Valunnan määrät vuorokaudessa 64 m leveältä valunta-alueelta.



Kuva 6. Valunnan määrät vuorokaudessa 44 m leveältä valunta-alueelta.



Kuva 7. Valunnan määrät vuorokaudessa 24 m leveältä valunta-alueelta.



Kuva 8. Valunnan määrät vuorokaudessa 9 m leveältä valunta-alueelta.

mihin oli syynä ko. ojan valunta-alueen pohjaveden pinnan pysyminen korkeammalla kuin vastaavalla salaojitetulla alueella (vrt. taulukot 4 ja 5). Muista avo-ojista veden tulon jatkumisen pidempään kuin vastaavista salaojista aiheutti ajankohdalle sattuneiden sateiden aikaansaama pintavalunta.

Heinäkuussa sadekuurot aiheuttivat kaikista avo-ojista ja salaojista n:o 2 ja 3 lyhytaikaista ja vähäistä veden virtausta. Elokuun alkupuolelta lähtien mittauskauden loppuun virtasi vettä kaikista ojista paitsi salaojasta n:o 4, josta vain rankimmat sateet tai sadejaksot saivat aikaan veden virtausta.

Taulukoissa 7 ja 8 esitetään salaojitetun ja avo-ojitetun alueen pinta-alayksikköä kohti lasketut valunnat eri kausina ja koko mittauskautena. Niistä havaitaan, että valunta-alueiden leveyksien ollessa 64, 44 tai 24 metriä salaojitetun ja avo-ojitetun alueen koko mittauskauden valunnan määrissä ei ollut suurtakaan eroa. Vasta 9 metriä leveällä valuma-alueella oli valunnan määrä selvästi muista suurempi (vrt. HUIKARI 1959 b). 24 metriä leveän valunta-alueen toukokuun valunta oli avo-ojitetulla alueella selvästi suurempi kuin salaojitetulla, vielä suurempi saman suuntainen ero oli, kun valunta-alueen leveys oli 9 m. Kesä- ja heinäkuussa, kun pohjaveden pinta oli syvällä, valunta oli avo-ojitetulla alueella suurempi kuin salaojitetulla.

Elokuussa erittäin korkean yhden vuorokauden sademäärän, 71 mm (kuva 2), aiheuttaman valunnan huippu oli mittaushetkellä avo-ojitetuilta saroilta jo pääosaltaan ohitse (vrt. kuvat 5, 6, 7 ja 8), joten tämän kuukauden valunnan arvot avo-ojitetun alueen osalta ovat todellisia pienemmät. Tämän perus-

teella todettava, että ilmeisesti elokuussakin avo-ojitetulla alueella valunta oli suurempi kuin salaojitetulla. Syyskuussa vain 9 metrin leveän valunta-alueen valunta on avo-ojitetulla alueella ollut selvästi suurempi kuin salaojitetulla.

Taulukko 7. Valunta Liesnevan eri levyisiltä salaojitetuilta saroilta vuonna 1967.

Kuukausi	Valunta-alueen leveys, m			
	64	44	24	9
	Valunta, mm			
toukokuu	30.5	36.3	36.1	48.9
kesäkuu	2.5	3.2	3.0	3.0
heinäkuu	0.0	0.0	0.0	0.0
elokuu	19.7	19.4	13.9	26.5
syyskuu	10.6	10.0	8.7	12.9
touko-syyskuu	63.2	68.9	61.7	91.3

Taulukko 8. Valunta Liesnevan eri levyisiltä avo-ojitetuilta saroilta vuonna 1967.

Kuukausi	Valunta-alueen leveys, m			
	64	44	24	9
	Valunta, mm			
toukokuu	31.3	32.4	44.8	77.0
kesäkuu	4.4	5.1	8.0	10.6
heinäkuu	0.5	0.3	0.2	0.0
elokuu	18.5	16.1	10.4	16.0
syyskuu	14.8	10.9	10.9	19.1
touko-syyskuu	69.5	64.8	74.3	122.7

6. TULOSTEN TARKASTELU

Liesnevan koeojitusalue vastaa suotyypin, turpeen rakenteen ja paksuuden puolesta niitä soita, joille nykyisin tehdään jyrsimillä kapeita pystyluiskaisia ojia, jotka ajan mittaan muodostuvat ns. piilo-ojiksi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää, onko avo- ja salaojituksen hydrologisten vaikutusten välillä eroja vertaamalla pohjavesi- ja valuntasuhteita avo-ojitetulla ja salaojitetulla alueella.

Pohjaveden keston suhteen todettiin, että kesä kautena 1967 ei ollut salaojitettujen ja avo-ojitettujen alueiden välillä eroja, joilla olisi käytännöllistä merkitystä. Ainoastaan hyvin kapeita sarkoja käytettäessä saattaisi tulla selviäkin eroja, mutta käytännön ojitustoiminnassa tällä seikalla ei ole merkitystä.

Salaojitetulla alueella sateet eivät keskikesällä saaneet aikaan juuri ollenkaan valuntaa. Keväällä lumien sulamisen loppuvaiheessa avo-ojitetun alueen kapeilta valunta-alueilta oli valunta selvästi suurempi kuin salaojitetun alueen.

Tämän tutkimuksen salaojat poikkeavat rakenteeltaan nykyisin tehtävistä täyttämättömistä piilo-ojista, jotka painuvat pinnaltaan vähitellen kapeammiksi, muuttuen ns. holvisalaojia muistuttaviksi. Niin kauan kuin näissä ojissa on kapeakin rako pinnassa, pääsevät pintavedet valumaan niihin niin kuin avo-ojiin ja syksyllä ne toimivat pitempään, usein läpi talvenkin kuten salaojat, sillä suojausina niiden jäätyminen on hitaampaa kuin avo-ojien.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella ei ole todettavissa mitään vesitaloudellista syytä käyttää piilo- tai salaoji-

tuksessa erilaista sarkaleveyttä kuin avo-ojituksessa.

7. YHDISTELMÄ

Avo- ja salaojitettujen alueiden pohjavesisuhteita ja valuntaa vertaileva tutkimus on tehty Liesnevan koeojitusalueella kesä kautena 1967 tehtyjen mittausten perusteella. Vertailussa on mukana 10, 20, 40 ja 60 metriä leveät metsäiset sarat avo- ja salaojitetulta alueelta.

Pohjaveden kestoja vertaamalla pyrittiin selvittämään ojitustavan vaikutusta pohjavesisuhteisiin. Valunnan osalta vertailtiin sekä määrää että kestoja.

Avo- ja salaojitettujen alueiden pohjaveden kesto poikkesi eri kuukausina eri tavoin toisistaan, mutta nykyisin yleisesti käytetyillä sarkaleveyksillä ei eroilla ollut käytännöllistä merkitystä. Valunnan suhteen eivät salaojitetut ja avo-ojitetut alueet poikenneet sanottavasti toisistaan 20-60 m:n sarkaleveyksillä.

Tulosten perusteella ei todettu käytännön ojituksessa käytettävillä sarkaleveyksillä sellaisia vesitaloudellisia eroja, että ne osoittaisivat tarpeelliseksi käyttää salaojituksessa erilaista sarkaleveyttä kuin avo-ojituksessa.

KIRJALLISUUS

- AHO, K. 1970. Kopo-ojajyrsimen kehittämisestä. Summary: On the development of Kopo rotary ditcher. Suo n:o 1.
- HALD, A. 1962. Statistical Theory with Engineering Applications. New York.
- HELMÄKI, U. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen sadeoloista kaudelta 1931-1960. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan, nide 66 osa 2-1966.
- HEIKURAINEN, L. 1971. Pohjavesipinta ja sen mittaaminen ojitetuilla soilla. Summary: Ground water table in drained peat soils and its measurement. AFF 113.
- "- and 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.
- HUIKARI, O. 1951. Metsäojituksissa käytetyt uusimmat työmenetelmät ja ojamallit. Eripainos Maaseudun Tulevaisuuden koetoiminta ja käytäntö-liitteen n:o:sta 11.
- "- 1953. Ojitusdynamiitin käytöstä metsäojituksessa. Summary: The use of dynamite in the drainage of swamps for forestry purposes. M A n:o 9.
- "- 1958. Metsäojituksen koneellistamisesta. Referat: "Über die Mechanisierung der Waldentwässerung. MTJ 50.
- "- 1959a. Kenttämittaustuloksia turpeiden veden läpäisevyydestä. Referat: Feldmessungsergebnisse über die Wasserdurchlässigkeit von Torfen. MTJ 51:1
- "- 1959b. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. Referat: "Über den Wasserhaushalt waldentwässerten Torfböden. MTJ 51.

W
HUIKARI, O. 1963. Salaojituksen käyttömahdollisuudesta metsäojitusmenetelmänä. Eripainos M A n:o 5.

-"- 1964. Metsänhoidon perusteista. Summary: On the principles of Forestry. M A ss. 280-282.

HUIKARI, O., PAARLAHTI, K., PAAVILAINEN, E. ja RAVELA, H. 1966. Sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta suon vesitalouteen ja valuntaan. Summary: On the effect of strip-width and ditch-depth on water economy and runoff on a peat soil. MTJ 64.

HUIKARI, O. and PAARLAHTI, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce and birch. Selostus: Kenttäkokeiden tuloksia männyn, kuusen ja koivun ekologiasta. MTJ 64.

JOHANSSON, S. och SOVERI, U. Om grundvattenytans variation i Finland under åren 1961-1963. Summary: On variations in the ground water level in Finland during the years 1961 to 1963. The State Inst. f. Tech. Res. Finland III. 88.

KOLKKI, O. 1965. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931-1960. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan nide 66 osa 1 a-1965.

W
KUJALA, E. 1951. Turvemaahan tehtävistä reikäsalojista. Moniste Teknillisessä Korkeakoulussa.

METSÄOJITUSSÄÄTIÖ. 1970. Suomalaista metsänparannustekniikka ja -kalustoa. Finnish Forest Improvement - Technics and Machinery. Helsinki.

NISKANEN, M. 1970. Metsämaiden salaojitus. Metsäkalenteri. Helsinki.

-"- 1971. Mistä metsäojituksessa on kysymys. Metsälehti n:o 11.

W
HUIKARI, O. 1963. Salaojituksen käyttömahdollisuus salaojitusmenetelmänä. Eripainos M A n:o 5.

W
-"- 1964. Metsänhoidon perusteista. Summary: principles of Forestry. M A ss. 280-282.

HUIKARI, O., PAARLAHTI, K., PAAVILAINEN, E. ja RAVELIN, J. 1964. Sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta talouteen ja valuntaan. Summary: On the effect of strip-width and ditch-depth on water economy and runoff on a peat soil. MTJ 64.

HUIKARI, O. and PAARLAHTI, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce and fir. Selostus: Kenttäkokeiden tuloksia männyn ja kuusen koivun ekologiasta. MTJ 64.

JOHANSSON, S. och SOVERI, U. Om grundvattenytans förändring i Finland under åren 1961-1963. Summary: On the change in the ground water level in Finland during the years 1961 to 1963. The State Inst. f. Tech. Rep. No. III. 88.

KOLKKI, O. 1965. Taulukoita ja karttoja Suomen ilmatilasta kaudelta 1931-1960. Liite Suomen meteorologian vuosikirjaan nide 66 osa 1 a-1965.

W
KUJALA, E. 1951. Turvemaahan tehtävistä reikäsalaojista. Moniste Teknillisessä Korkeakoulussa.

METSÄOJITUSSÄÄTIÖ. 1970. Suomalaista metsänparannustekniikkaa ja -kalustoa. Finnish Forest Improvement Techniques and Machinery. Helsinki.

NISKANEN, M. 1970. Metsämaiden salaojitus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedusteluja. Helsinki.

W
-"- 1971. Mistä metsäojituksessa on kysymys. Metsäntutkimuslaitoksen tiedusteluja n:o 11.

PAAVILAINEN, E. 1966. Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämemännikön juurisuhteisiin. Summary: On the effect of drainage on root systems of Scots pine on peat soils. MTJ 61.

-"- 1969. Sarkaleveyden vaikutus rämemännikön kasvuun Liesnevan koeojitusalueella. Summary: On the influence of drain spacing on the growth of a pine stand growing on peat. Suo n:o 6.

PENTTILÄ, A. 1951. Salaojia suomaille vähin kustannuksin. Metsälehti n:o 12.

TIRKKONEN, O.O.J. 1959. Tilastoa vuoteen 1958 mennessä suoritetuista metsäojituksista. M A n:o 11.

-"- 1952. Suomen metsäojitus 1900-luvun alkupuoliskolla. S F 72.

VÄLIMAA, K. 1948. Salaojitus käytäntöön myös vesiperäisten metsämaiden kuivatuksissa. Metsämies n:o 10.

WÄRE, M. 1947. Maan vesisuhteista ja viljelyskasvien sadoista Maasojan vesitaloudellisella koekentällä vuosina 1939-1944. Referat: Über die Wasserverhältnisse des Bodens und die Erträge von Kulturpflanzen auf dem wasserwirtschaftlichen Versuchsfeld Maasoja in den Jahren 1939-1944. Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia n:o 5.

Malliparametrien estimoinnilla saadut pohjaveden
keston malliyhtälöt ja R-arvot

Toukokuu

$$2\bar{\arcsin} \sqrt{y_{ijk}} = -.02613 + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \rho_{ik} + .16628h_{ijk} - .00214h_{ijk}^2 + e_{ijk}$$

α_i vaihtelee välillä .05297 ja -.05297

β_j " " -.47043 " .25709

γ_k " " -.47047 " .14182

ρ_{ik} " " .07225 " -.07225

$R = .901$ $R^2 \cdot 100 = 81.1$

Kesäkuu

$$2\bar{\arcsin} \sqrt{y_{ijk}} = -.41690 + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \rho_{ik} + .11076h_{ijk} - .00091h_{ijk}^2 + e_{ijk}$$

α_i vaihtelee välillä -.02534 ja .02534

β_j " " -.33029 " .24180

γ_k " " -.50526 " .33796

ρ_{ik} " " -.07346 " .07346

$R = .946$ $R^2 \cdot 100 = 89.5$

Heinäkuu

$$2\bar{\arcsin} \sqrt{y_{ijk}} = -.10333 + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \rho_{ik} + .01464h_{ijk} + .00027h_{ijk}^2 + e_{ijk}$$

α_i vaihtelee välillä -.08446 ja .08446

β_j " " -.06285 " .04909

γ_k " " -.33968 " .20634

ρ_{ik} " " .06308 " -.06308

$R = .729$ $R^2 \cdot 100 = 53.2$

Elokuu

$$2\text{ärc sin}\sqrt{y_{ijk}} = .71227 + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_{ik} + .05884h_{ijk} - .00059h_{ijk}^2 + e_{ijk}$$

α_i vaihtelee välillä $-.04470$ ja $.04470$

β_j " " $-.22487$ " $.18909$

γ_k " " $-.48959$ " $.19624$

δ_{ik} " " $.10674$ " $-.10674$

$$R = .885 \quad R^2 \cdot 100 = 78.4$$

Syyskuu

$$2\text{ärc sin}\sqrt{y_{ijk}} = .88255 + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_{ik} + .09034h_{ijk} - .00094h_{ijk}^2 + e_{ijk}$$

vaihtelee välillä $-.06934$ ja $-.06934$

" " $-.23124$ " $.21726$

" " $-.91006$ " $.42819$

" " $.07970$ " $-.07970$

$$R = .881 \quad R^2 \cdot 100 = 77.6$$

Kesäkausi:

$$2\text{ärc sin}\sqrt{y_{ijk}} = .46092 + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_{ik} + .06684h_{ijk} - .00065h_{ijk}^2 + e_{ijk}$$

α_i vaihtelee välillä $-.00648$ ja $.00648$

β_j " " $-.24264$ " $.18152$

γ_k " " $-.43846$ " $.20981$

δ_{ik} " " $.03299$ " $-.03299$

$$R = .945 \quad R^2 \cdot 100 = 89.3$$

