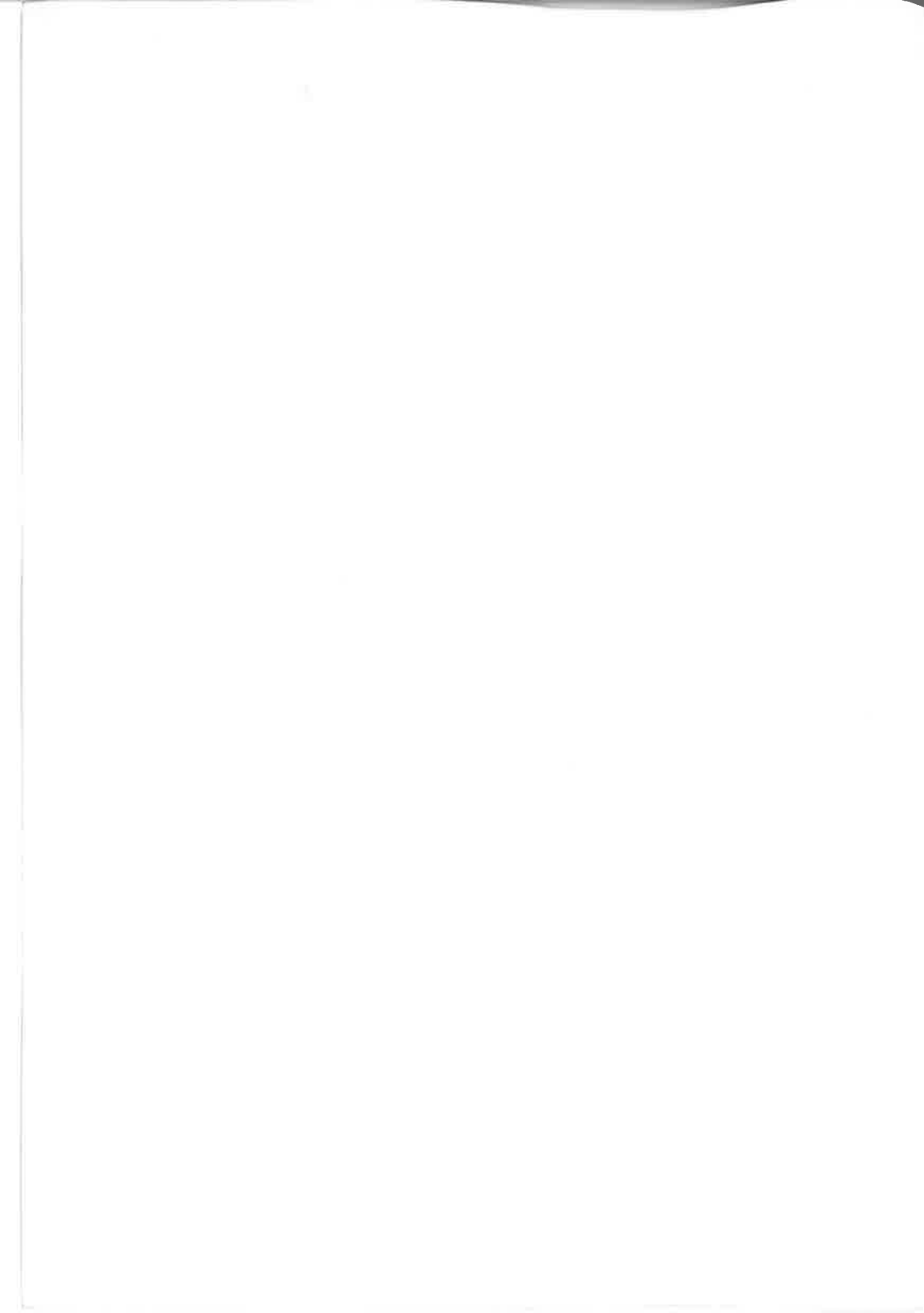


SALAOJITUKSEN TUTKIMUSYHDISTYS RY:N TIEDOTE

N:o 15

ZAITSEVO
– Koekentän tuloksia

HELSINKI 1992



ZAITSEVO - koekentän tuloksia

Tämän julkaisun on rahoittanut Salaojituksen Tukisäätiö

* * *

Julkaisija: Salaojituksen tutkimusyhdistys ry.
Toimitus: DI Esko Laikari (vastaava)
VTK Heikki Aarrevaara
ISSN 0783 - 392 X

Sisällysluettelo

<i>Esipuhe</i>	5
<i>Zaitsevon salaojituskoeenttä</i>	6
<i>Salaojitusmenetelmän vaikutus pohjaveden korkeuksiin Zaitsevon kocelucella 1989-1990</i>	
- I: Pohjaveden korkeudet eri koeruuduissa tilastotieteellisestä näkökulmasta tarkasteltuna	10
- II: Ojituksen toimivuuden määrittäminen FINNMOD-mallia käyttäen	16
Jouko Kleemola	
<i>Zaitsevon salaojituskoeentän suomalaisen puolen salaojitusten keskinäinen vertailu</i>	
Seija Virtanen	24
<i>Zaitsevon koeentän merkitys</i>	
Rauno Peltomaa	32
<i>English summary</i>	33

ESIPUHE

Toimitusjohtaja Rauno Peltomaa, Salaojakeskus

Zaitsevon koekenttä on uraa uurtava yhteisprojekti maanparannusosalalla Suomen ja entisen Neuvostoliiton välillä. Suomalaisten salaojituskoe-kenttien mittapuun mukaan hanke oli myös pinta-alaltaan merkittävä.

Koejärjestelyn eräänä tavoitteena oli verrata suomalaisen ja venäläisen tekniikan tehokkuutta salaojien toimivuudessa. Tämä maaotteluhenki onkin ollut käytännön salaojittajien keskeisin mielenkiinnon kohde. Suomalaisesta osaamisesta itse työmaavaiheessa vastasivat ensi sijassa **Aimo Koskela** Janakkalasta, **Reijo Pekala** Elimäeltä ja **Tarmo Tykkä** Anjalankoskelta, työmaan kokonaisvastuun kantoi **Veli Laitinen** Kempeleestä. Suomalaiset tarvikkeet toimittivat **Oy Uponor Ab** ja **Paloheimo Oy**. Venäläisenä rakentajana toimi **Lenmeliorazija**.

Koekentän seuranta on hoidettu alan tutkijoiden yhteistyönä ja varsinaiset suomalaisten tutkijoiden raportit on julkaistu vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisussa *Salaojitusmenetelmien vertailu Zaitsevon koekentällä*. Tutkimusyhteistyön tulos-

ten tarkastelua on laajennettu tässä Salaojituksen tutkimusyhdistyksen tiedotteessa kansainväliseen suuntaan testaamalla Zaitsevon koetuloja alunperin amerikkalaiseen Drainmod-maavesimalliin perustavalla Finnmod-mallilla. Maavesimallien antamien tulosten luotettavuuden lisääntyminen antaa mahdollisuuden tarkastella tietokoneella erilaisten käytännön ratkaisujen vaikutuksia pellon kuivumiseen, ilman että välttämättä tarvitaan monta vuotta kestäviä kenttäkokeita. Näin on mahdollista välttyä riskiltä, että käytännön toiminta ajaisi pitkäaikaisten koetulosten ohi.

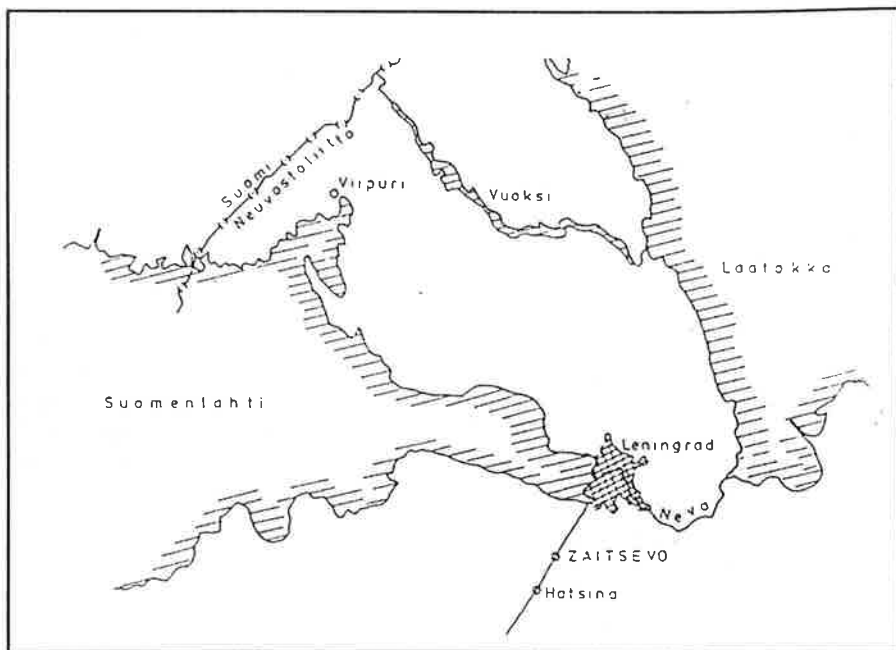
Zaitsevon koekentän perustaminen, sen hoito ja mittaukset sekä tutkimustulosten käsittely ja raportointi on ollut työmäärältään mittava suoritus, johon on osallistunut monen eri laitoksen henkilökuntaa niin Venäjältä kuin Suomesta. Salaojituksen tutkimusyhdistys haluaa omalta osaltaan kiittää tähän työhön osallistuneita julkaisemalla Zaitsevo-aiheisen tiedotteen.

ZAITSEVON SALAOJITUSKOEKENTTÄ *

Koekentän perustamis- historia

Ajatus suomalais-neuvostoliittolaisen yhteisen salaojituskoe kentän perustamisesta syntyi v. 1985. Ajatuksen takana oli Suomen ja silloisen Neuvostoliiton välisen tieteellisteknillisen yhteistoiminnan maanparannuksen ja vesitalouden työryhmä. Tietojen vaihdon yhteydessä syntyi tarve verrata maiden salaoji-

tustekniikan toimivuutta vertailukelpoisissa olosuhteissa. Koealue perustettiin Neuvostoliiton alueelle, sillä Suomesta oli liian vaikea löytää yhtenäistä aluetta tähän tarkoitukseen. Neuvostoliittolaiset osoittivat koealueeksi 72 hehtaarin alueen, joka sijaitsee 36 km Leningradista kaakkoon, Kiovaan menevän valtatie varrella, Hatsinan piirikunnassa (kuva 1).



Kuva 1. Zaitsevon koealue sijaitsee 36 km Pietarista kaakkoon (Saavalainen ja Virtanen 1988).

* Artikkelin on pääasiassa referaatti Henttosen (1987), sekä Saavalaisen ja Virtasen (1988) artikkeleista.

16.4.1986 työryhmien puheenjohtajat ministeri V.P. Loginov ja pääjohtaja Simo Jaatinen allekirjoittivat pöytäkirjan, jolla sovittiin hankkeen toteuttamisesta.

Koealueen yleiskuvaus

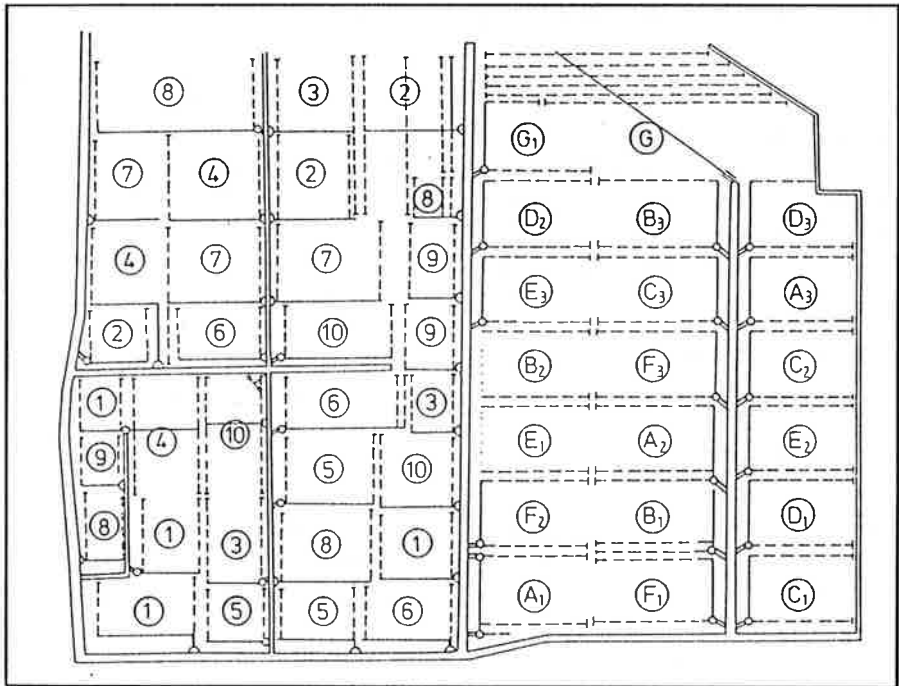
72 hehtaarin alue jaettiin kahteen samanlaiseen lohkoon, jotka valtaosin erottaa toisistaan. Koetoimintaa varten osoitettua aluetta ei ollut koskaan viljelty, se oli entistä turpeennostoaluetta. Turve on maatunnutta rahkasaraturvetta ja sen paksuus vaihtelee 10 ja 100 cm välillä. Pohjamaa turpeen alla on tiivistä hiettaa. Pintaturve on varsin hapan-

ta, pH 3.0-4.7 (venäläisten mittaus) ja 3.9-4.3 (suomalaisten mittaus). Pohjamaan pH on korkeampi 3.6-6.0 (ven.) ja 5.5-6.6 (suom.). Pohjavedessä on liuennutta rautaa vaihtelevasti (0.6-106 mg/l ven. ja 2.0-10.0 mg/l suom.).

Maan vedenläpäisevyys- ja vedenpidätysominaisuuksia tarkastellaan tämän julkaisun muissa artikkeleissa.

Koekentän tavoite

Koekentän tarkoituksena on selvittää eri tekniikalla toteutettujen salaojitusten toimivuutta, vertailla kummankin maan salaojitusmene-



Kuva 2. Venäläisten ja suomalaisten koeruidut.

Koejäsen	Ojitus	Ojaväli	Putkimateriaali ja ojan täyttö
1	Kapea	10 m	Muoviputki, 20 cm sorastus, sorasilmäkkeet 10 m välein
2		20 m	Muoviputki, 80 cm sorastus
3		10 m	Muoviputki, osassa 80 cm sorasilmäkkeet ja osassa suotasilmäkkeet 10 m välein
4		20 m	Muoviputki, osassa 80 cm sorastus, osassa hakesuotoja 5 m välein ja osassa 80 cm täyttö soralla ja hakkeella
5		10 m	Muoviputki, 20 cm sorastus, suodattinelementtejä 5 m välein
6		20 m	Muoviputki, 80 cm sorastus, myyräojitus
7		10/20 m	Muoviputki, 80 cm haketäyttö, myyräojitus, 10 m ojavälillä 20 cm haketäyttö
8		10 m	Muoviputki, 20 cm sorastus
9		10/20 m	Muoviputki, 20 m ojavälillä 80 cm sahanpurutäyttö, 10 m ojavälillä 20 cm sahanpurutäyttö
10		10 m	Muoviputki, ruokamultatäyttö kyntökerrukseen asti

Zaitsevon koejäsenet, suomalainen puoli

Koejäsen	Ojitus	Ojaväli	Putkimateriaali ja ojan täyttö
A ₁ —A ₂	Ukko-Mara	10 m	Muoviputki, sorastus, sorasilmäkkeet
B ₁ —B ₂		13 m	Muoviputki, sorastus, sorasilmäkkeet
C ₁ —C ₂		10 m	Muoviputki, sahajauho, hakesilmäkkeet
D ₁ —D ₂		13 m	Muoviputki, sahajauho, hakesilmäkkeet
F ₁ —F ₂		10 m	Tiiliputki, sorastus, sorasilmäkkeet
E ₁ —E ₂	Aurakone	10 m	Muoviputki, sorastus, sorasilmäkkeet
G		13 m	Muoviputki, sorastus, sorasilmäkkeet

Taulukko 1. Zaitsevon alueen koejäsenet.

telmien tuloksellisuutta sekä sala-ojista purkautuvan veden laatua. Tätä varten koealueella on mitattu salaojista purkautuvia vesimääriä, maan kosteutta, pohjaveden korkeutta, roudan muodostumista sekä satoa. Tämän julkaisun muissa artikkeleissa on tarkemmin esitelty tähän mennessä saatuja mittaustuloksia.

Salaojitustyöt

Koealueen suunnittelun johtavana periaatteena oli, että molemmat osapuolet toteuttavat omat salaojituksensa omin suunnitelmin, omin materiaalein, omin konein ja miehin sekä myös omin rahoin. Sovittiin myös, että kumpikin osapuoli jakaa

alueensa 1-2 hehtaarin suuruisiin tutkimuslohkoihin, joilla eri teknikoita kokeillaan. Suomalaisen osan ojitus tehtiin 14.7. - 25.8.1987 ja neuvostoliittolainen puoli salaojitettiin kesäkuussa 1988.

Koejäsenten kuvaus

Koeruuutujen sijainti on esitetty kuvassa 2. Suomalaisella koealueella on seitsemän koejäsentä ja kustakin kolme kerrannetta. Neuvostoliittolaisella puolella koejäseniä on kymmenen ja kustakin samoin kolme kerrannetta. Koejäsenet on esitelty tarkemmin taulukossa 1.

Havaintotoiminta

Salaojituksen tehokkuutta mitataan koeruudulla tehtävien mittauksen avulla. Salaojavaluntaa on mitattu astiamenetelmällä kaikilta koeruuduilta ja kuudelle ruudulle on lisäksi asennettu mittapadot limnigrafeineen, joiden avulla purkautuva vesimäärä saadaan jatkuvasti rekisteröityä. Pohjavesiputkia on asennettu jokaiselle koeruudulle kaksi kolmen putken linjaa, yhteensä 108 putkea. Kussakin linjassa on yksi putki salaojan vieressä, toinen 2 m etäisyydellä ja kolmas salaojien puolivälissä. Maankosteus on havaittu sekä gravimetrisesti, että neutronimittauksin. Säähavainnot on määritetty läheisellä Belogorgan maataloudellisella sääasemalla.

Koealueen nykytila

Mittaukset saatiin suomalaisella puolella käyntiin v. 1988 ja ne jatkuvat edelleen. Koealueilla on mitattu pohjavedenpinnan korkeutta ja salaojavalumia syksystä 1988 lähtien. Nämä tulokset ovat luotettavimmat mittarit, joilla koejäsenten keskinäistä vertailua voidaan tehdä.

Maankosteushavaintoja on myös tehty, mutta profiilin kokonaisvesimäärän vaihtelu peräkkäisten mittausten välillä on ollut niin suuri, että kosteusmittauksen perusteella ei ole voitu päätellä mitään eri koe-tekniikkojen toimivuudesta. Sadon määrän suhteen koejäseniä ei myöskään ole voitu verrata toisiinsa, koska ruutujen lannoitus, kalkitus ja viljelykasvi eivät ole olleet samat eri ojastoilla.

Toistaiseksi ei myöskään ole ollut käytettävissä venäläisen puolen mittaustietoja, jotta eri maiden salaojitus-tekniikkojen toimivuutta olisi voitu vertailla.

Kirjallisuusviitteet

Henttonen, J. (1987). Some aspects on a joint Finnish-Soviet experimental drainage project. Proceedings of the 3rd International Workshop on Land Drainage, Columbus, Ohio. Dec. 7-11, 1987. p. E51-E56.

Saavalainen, J. ja Virtanen, S. (1988). Zaitsevon salaojituskoekenttä Neuvostoliitossa. Vesitalous 6/1988, s. 40 - 43.

SALAOJITUSMENETELMÄN VAIKUTUS POHJAVEDEN KORKEUKSIIN ZAITSEVON KOEALUEELLA 1989-1990

I: POHJAVEDEN KORKEUDET ERI KOERUUDUISSA
TILASTOTIETEELLISESTÄ NÄKÖKULMASTA TARKASTELTUNA
MMK Jouko Kleemola, Helsingin Yliopisto, Kasvintuotantotieteen laitos

Johdanto

Zaitsevooon (Venäjä, 36 km Pietarista kaakkoon) perustettiin 1987-88 Suomen ja silloisen Neuvostoliiton välisen tieteellis-teknillisen yhteistoimikunnan maanparannuksen ja vesitalouden työryhmän toimesta salaojituskoe kenttä. Koekentältä kerättävillä tuloksilla oli tarkoitus tutkia suomalaisen ja neuvostoliittolaisen salaojitustekniikan toimivuutta vertailukelpoisissa olosuhteissa.

Koealueen pinta-ala on 72 ha, ja se on jaettu kahteen samanlaiseen lohkokoon; toisen puolen ojittivat neuvostoliittolaiset ja toisen suomalaiset. Suomalaisen puolen muodostavat kuusi erilaista ojitusta (koejäsentä), jotka on kuvattu taulukossa 1. Zaitsevon kokeen taustoja ja tarkoituksia sekä koekenttää itseään on tarkemmin kuvattu mm. Saavalainen ja Virtasen artikkelissa (Saavalainen ja Virtanen 1988).

Koejäsen	Ojitus	Ojaväli	Putkimateriaali ja ojan täyttö
A ₁ -A ₃	Ukko-Mara	10 m	Muoviputki, sorastus, sorasilmäkkeet
B ₁ -B ₃		13 m	Muoviputki, sorastus, sorasilmäkkeet
C ₁ -C ₃		10 m	Muoviputki, sahajauho, hakesilmäkkeet
D ₁ -D ₃		13 m	Muoviputki, sahajauho, hakesilmäkkeet
F ₁ -F ₃		10 m	Tiiliputki, sorastus, sorasilmäkkeet
E ₁ -E ₃	Aurakone	10 m	Muoviputki, sorastus, sorasilmäkkeet
G		13 m	Muoviputki, sorastus, sorasilmäkkeet

Taulukko 1. Zaitsevon suomalaisen koekentän ojitustyyppit.

$$SEW_{30} = \sum_{i=1}^n (30 - x_i)$$

missä

n = halutun jakson (esim. kasvukauden) pituus päivinä

x_i = pohjaveden korkeus päivänä i

Kaava 1.

Seija Virtanen (1992) on vertaillut Zaitsevon kokeen suomalaisen puolen salaojituksia on vertailtu koko kasvukauden osalta Virtasen (1992) toimesta. Virtanen tutki koejäsenien SEW_{30} -lukuja (kaava 1) kesien 1989 ja 1990 aikana. SEW_{30} -luku kasvaa silloin, kun pohjavedenpinnan etäisyys maan pinnasta on vähemmän kuin 30 cm. USA:ssa tehtyjen selvitysten mukaan korkean pohjavedenpinnan vaikutus on haitallinen, kun SEW_{30} -luku on suurempi kuin 100 cm vrk (Skaggs 1981).

Tavoite

Kesät -89 ja -90 olivat Zaitsevossa suhteellisen kuivia, eikä koko kasvukautta kuvaavat SEW_{30} -arvot nouseet juuri missään koejäsenessä tai kerranteessa haitallisiin lukemiin. Tämän vuoksi nähtiin tarpeelliseksi seurata eri koejäsenten ojitusten toimintaa koko kasvukautta lyhyempien jaksojen aikana; esimerkiksi erot kuivumisnopeudessa keväällä saattaisivat viivästyttää kylvöjä kosteina keväinä. Päättavoite oli verrata pohjavedenpinnan korkeuden muu-

toksia eri koejäsenten välillä ja tutkia onko niissä tilastollisesti merkitseviä eroja. Tässäkin osatutkimuksessa tarkastelun kohteena olivat ainoastaan suomalaisen puolen koejäsenet.

Aineisto ja menetelmät

Koeruuduille on asennettu havaintoputkia kolmeen eri kohtaan (mittausvyvyys 120 cm): salaojan viereen, kaksi metriä ojasta sekä oijen puoliväliin. Tähän osatutkimukseen mukaan otetut havaintoputket sijaitsivat salaojien puolivälissä. Näistä putkista pyrittiin mittaamaan pohjaveden korkeus kasvukauden aikana joka viides vuorokausi sekä sateiden aikana joka vuorokausi.

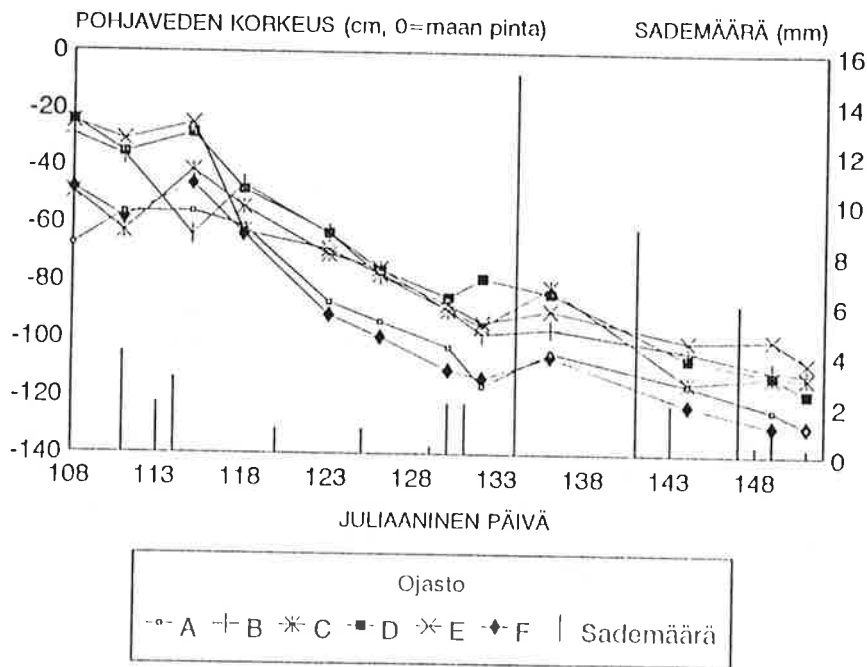
Analysoinnissa tarkasteltiin pohjavedenpinnan korkeuden vaihtelua neljältä ajanjaksolta: 18.4.-31.5. ja 31.7.-29.9. 1989 sekä 27.3.-28.4. ja 2.10.-29.10. 1990. Kevään havaintojakson oletettiin kuvaavan ojastojen toimintaa tilanteessa, jossa maa on aluksi veden kyllästämä; syksyn tarkastelujaksolla seurataan kuivan

maaperän vettymistä (maan oletetaan olleen kuiva kesän jäljiltä). Vuoden 1990 syksyn tarkastelujakson myöhäinen alkamisajankohta johtuu siitä, että huolimatta lähes normaaleista sademääristä ennen kyseistä päivää pohjavesiputket olivat mittausten mukaan tyhjiä lähes kaikissa koeruuduissa.

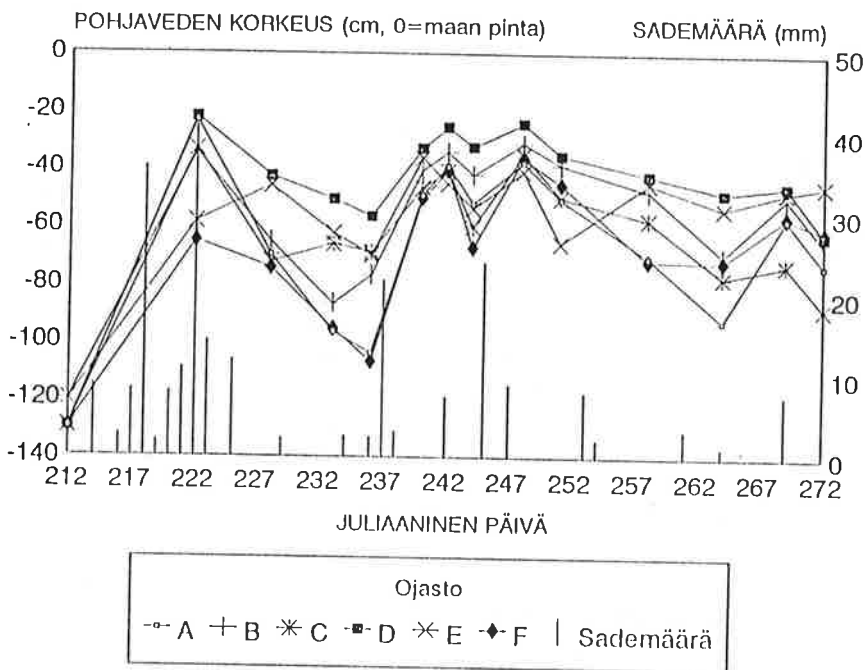
Tulokset

Aineiston tilastollinen analyysi osoitti selvästi ajan vaikutuksen pohjaveden korkeuteen; ainahan maa kuivuu, sekä haihtumalla että salaojien kautta. Eri ojitustyyppien välille ei kuitenkaan saatu tilastollisesti merkitseviä eroja; toisin sa-

noen pohjavedenpinnan korkeudet muuttuvat samaan tahtiin eri ojas-toissa. Tämä voidaan havaita myös kuvista 1-4, joissa näkyy kojäsenteen keskimääräinen (kerranteiden keskiarvo) pohjaveden korkeus ajan suhteen. Kuvissa x-akselina oleva Juliaaninen päivä tarkoittaa juoksevaa numeroa siten, että tammikuun 1. päivä = nro 1, tammikuun 2. = nro 2 jne. Näin laskien esim. 1.4. = 91, 1.5. = 121, 1.8. = 213 ja 1.9. = 244. Muun muassa kuvassa 1 voidaan kuitenkin havaita eroja kojäsenteen pohjaveden korkeuksissa eri ajan-kohtina. Esimerkiksi vain ojitusvä-liltään poikkeavien A:n ja B:n käy-rät kulkevat suurimman osan aikaa eri tasoilla pohjaveden korkeuden



Kuva 1. Kevät 1989.



Kuva 2. Syksy 1989.

ollessa alempana A:ssa, jonka ojaväli oli pienempi kuin B:n. Sama tilanne toistuu keväällä 1990, mutta molempina syksyinä suuntaus ei ole aivan yhtä selvä. Merkillepantavaa on myös se, että tiiliputki (koejäsen F) ja muoviputki (koejäsen A) näyttävät toimivan suurin piirtein samalla tavalla. Yleisesti ottaen pohjaveden pinta näyttää olevan korkeimmalla koeruudussa, joka on ojitettu harvalla ojavälillä ja jossa täyteaineena on käytetty sahajauhoa ja haketta (koejäsen D). Tilastotieteellisesti tarkasteltaessa nämä erot eivät kuitenkaan ole merkitseviä (tuloksia ei ole listattu tähän); mitausten hajonta on niin suuri, että

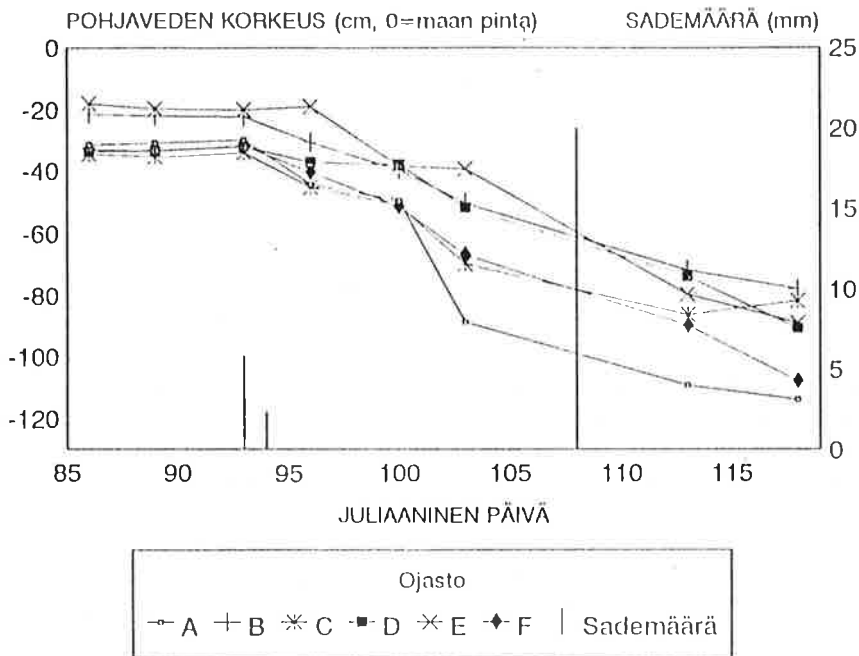
erojen voidaan tulkita johtuvan satunnaisvaihtelusta. Tähän sääntöön oli ainostaan kaksi poikkeusta; keväällä 1990 koejäsenen A ja E havainnot olivat merkitsevästi erilaisia yhtenä mittausajankohtana (13.4. = 103), samoin yhtenä mittauspäivänä syksyllä 1990 (23.10. = 296) koejäsenet D ja F erosivat toisistaan.

Johtopäätökset

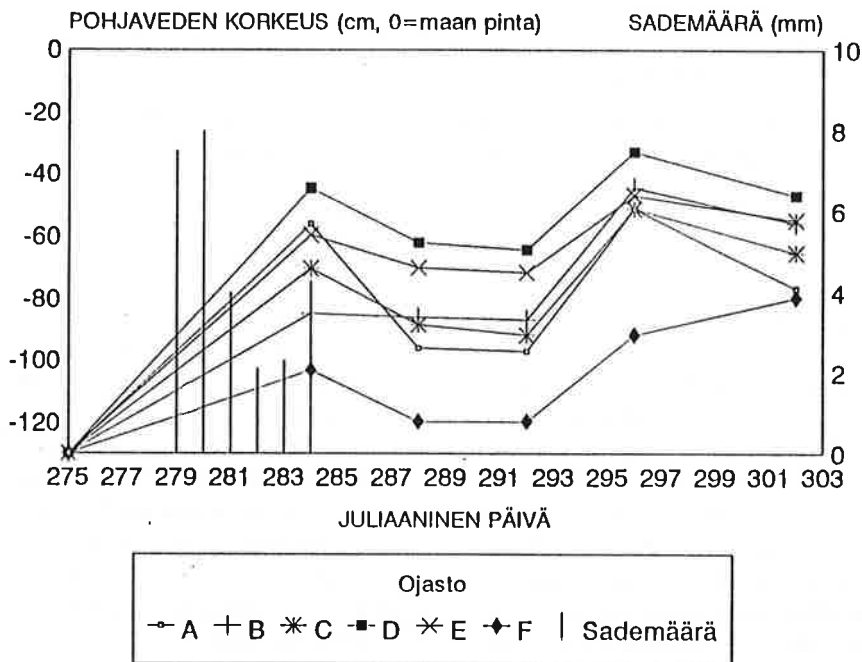
Tämä tutkimus osoitti saman kuin muutkin Zaitsevon koekentästä tehdyt tutkimukset: eri koejäsenen pohjaveden korkeudet eivät tilastotieteellisesti tarkastellen eronnet

toisistaan, vaikkakin joissakin kuvissa on pieniä eroja. Myös veden nousu ja lasku havaintoputkissa tapahtui samalla tavalla ajan suhteen kaikissa koejäsenissä. Yksittäisiä pisteitä tarkasteltaessa on kuitenkin huomattava, että eri koejäsenissä on eri määrät havaintoja, koska kaikista ojastoista ei ollut täydellisiä havaintosarjoja. Jotkut pisteet saattavat siis edustaa vain yhtä havaintoa, kun taas toiset pisteet ovat usean havainnon keskiarvoja, jolloin saadaan huomattavasti edustavampi ennuste todelliselle pohjaveden korkeudelle. Myös saman koejäsenen eri havaintoputkien (ja havaintoruutujen) pohjaveden korkeuksien hajonta oli suuri,

mikä aiheuttaa tässä tapauksessa sen, että erilaisista keskiarvoista huolimatta ojastojen paremmuutta ei voi varmuudella todeta. Eri sala-
ojitusmenetelmien mahdolliset erot tehokkuudessa saattavat siis tässä tapauksessa hävitä suureen mittaus-
tulosten suureen hajontaan. Suuri hajonta on kuitenkin odotettavissa jo suuren koealueen vuoksi; maaperän ominaisuudet saattavat vaihdella paljonkin koeruuduilla. Lisäksi on todettava, että saatujen sääti-
tojen ja pohjaveden korkeusmittaus-
ten välillä esiintyy joitakin epäloogi-
suuksia. Esimerkiksi keväällä 1989 suhteellisen runsas sade (15 mm) ei näytä vaikuttavan pohjaveden pin-
nan korkeuteen ollenkaan, kun taas



Kuva 3. Kevät 1990.



Kuva 4. Syksy 1990.

syksyllä 1990 tarkastelujakson loppupäässä pohjavesi nousee vaikka muutamaan viikkoon ei ole satanut ollenkaan. Tällaiset tilanteet lisäävät epävarmuutta tuloksia tarkasteltaessa.

Kirjallisuutta

Saavalainen, J. & Virtanen, S. 1988. Zaitsevon salaojituskoekenttä Neuvostoliitossa. Vesitalous 6/1988, s. 40-43.

Skaggs, R.W. & Gilliam, J.W. 1981. Effect of drainage system design and operation on nitrate transport. Transactions of the ASAE, 1981:929-934.

Virtanen, S. 1992. Zaitsevon salaojituskentän suomalaisen puolen salaojitusten keskinäinen vertailu. Raportti, 8s., Salaojakeskus ry.

SALAOJITUSMENETELMÄN VAIKUTUS POHJAVEDEN KORKEUKSIIN ZAITSEVON KOEALUEELLA 1989-1990

II: OJITUKSEN TOIMIVUUDEN MÄÄRITTÄMINEN

FINNMOD-MALLIA KÄYTTÄEN

MMK Jouko Kleemola, Helsingin Yliopisto, Kasvintuotantotieteen laitos

Johdanto

Kirjoituksen edellisessä osassa (Salaojitusmenetelmän vaikutus pohjaveden korkeuksiin Zaitsevon koealueella 1989-1990. I: pohjaveden korkeudet eri koeruuduissa tilastotieteellisestä näkökulmasta tarkasteltuna) kuvattua aineistoa analysoitiin tilastotieteellisen lähestymistavan lisäksi maankuivatuksen suunnitteluun kehitetyllä tietokonemallilla. DRAINMOD-mallia on kehitetty USA:ssa, Pohjois-Karolinan yliopistossa jo n. 15 vuoden ajan (Skaggs 1978, Skaggs ym. 1982, Deal ym. 1986, Parsons ym. 1989). Malli on saanut USA:ssa erittäin voimakkaan jalansijan kuivatuksen suunnittelun apuvälineenä.

Alkuperäisellä DRAINMOD-mallilla ei pystytä laskemaan maan kosteusprofiilin muutosta, eikä ravinteiden kulkeutumista maaperässä. Skaggs ym. (1991) ovat tehneet malliin muutoksia, jotka mahdollistavat em. muuttujien laskennan. Tässä selvityksessä on käytetty nimenomaan HY:n kasvintuotantotieteen laitoksella kehitettyä FINNMOD-versiota (Karvonen 1992), johon on tehty tarvittavat muutok-

set. FINNMOD:lla voidaan kuvata veden vir-tauksia maassa eri syvyyksillä; laskentajakso voi olla hyvinkin pitkä, esimerkiksi useita vuosia. Tämä jak-so jaetaan laskennassa lyhyempiin yksiköihin, joiden pituus on yksi päivä tai vähemmän. Niinpä malli vaatiikin päivittäiset havainnot auringon säteilystä, lämpötilasta sekä sademäärästä. Näin mallilla kyetään laskemaan päivittäisiä arvoja esimerkiksi salaoja- ja pintavalu-malle tai pohjavedenpinnan korkeudelle.

Tavoite

FINNMOD sisältää parametrin eli muuttujan, jolla otetaan huomioon putken sisääntulovastuksen ja sora-silmäkkeiden yhteisvaikutus salaojituksen toimivuuteen. Sisääntulovastuksen suuruuteen vaikuttavat suodatinaineen paksuus, suodattimen vedenläpäisevyys ja ympäröivän maan vedenläpäisevyys. Sorasilmäkkeiden vaikutus otetaan laskennassa huomioon siten, että pohjavedenpinnan korkeus nousee vähemmän, kun pintavedet pääsevät helpommin salaojiin. Myöhemmin tässä kirjoituksessa esiteltävät parametrin luekuarvot ovat suhteellisia arvoja, jot-

ka on laskettu käyttäen mitattuja arvoja kaikille muille laskennassa tarvittaville muuttujille. Jatkossa tästä parametrystä käytetään nimitystä "ojituksen toimivuusindeksi". Lukuarvoja voidaan verrata suoraan toisiinsa siten, että mitä suurempi toimivuusindeksin arvo, sitä paremmin ojitus toimii.

Aineisto ja menetelmät

Laskennassa käytetty sääaineisto on pääosin koottu Belogorgan säähavaintoasemalla lähellä Zaitsevoa. Belogorgassa ei saatu havaintoja auringon säteilystä tai pilvisyydestä, minkä vuoksi jouduttiin turvautumaan Helsinki-Vantaan lentoasemalla tehtyihin havaintoihin.

Pohjaveden korkeutta käsitellään tässä yhteydessä vain niiden ruutujen osalta, joille on tehty maan vedenjohtavuus ym. määritykset. Tästä syystä mm. koejäsen F (tiiliputki, sorastus, sorasilmäkkeet) jouduttiin jättämään pois vertailusta. Laskeminen aloitettiin keväällä siitä päivästä, jolloin ruudun molemmista keskellä ojaväliä sijainneista havaintoputkista on onnistuttu tekemään mittausta. Samoin kuviissa ja parametrin optimoinnissa käytetyt mitatut pisteet ovat päiviltä, jolloin on saatu havainto molemmista putkista. Tähän valintaan päädyttiin yksinkertaisesti sen vuoksi, että kahden havainnon keskiarvo antaa aina yhtä havaintoa luotettavamman arvion suureen todellisesta arvosta.

Tutkimuksessa etsittiin tuntemattomalle, ojituksen toimivuutta kuvaavalle indeksille se arvo, jolla mitattujen ja mallilla laskettujen pohjavedenpinnan syvyyksien poikkeama on mahdollisimman pieni. Minimointi tehtiin erikseen kussakin koeruudussa molempina koevuosina. Tällä tavoin voidaan myös vertailla onko ojituksen toimivuus muuttunut tutkimusjakson (1989-1990) aikana.

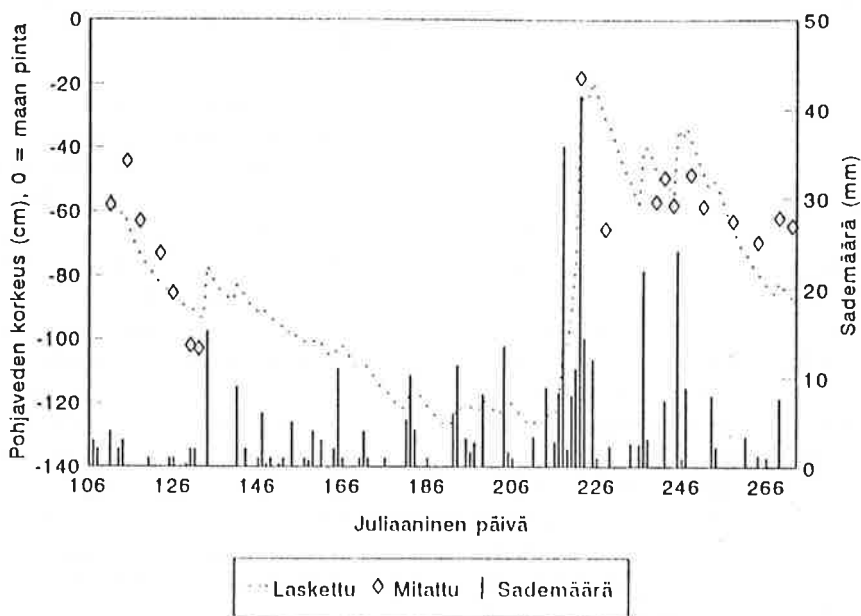
Tulokset

Taulukosta 1 nähdään, että ojaväliltään poikkeavissa koejäsenissä A ja B näyttää ojituksen toimivuus huonontuneen vuodesta -89 vuoteen -90 mentäessä. Samoin käy koejäsenen E kerranteista lasketulle keskiarvolle, mutta C:n toimivuusindeksi pysyy suurin piirtein ennallaan. Molempina vuosina B:n toimivuusindeksi oli suurin ja E:n pienin. A:n ja C:n indeksit erosivat -89 selvästi, mutta olivat -90 lähes samat A:n arvon laskettua selvästi. Koejäsen E oli ainoa, josta kaikki kerranteet olivat mukana tutkimuksessa; vuonna -89 hajonta oli suuri, mutta -90 parametristimaatit ja keskipoikkeamat olivat huomattavasti lähempänä toisiaan.

Keskimääräiset poikkeamat mitattujen ja laskettujen pohjaveden pinnankorkeuksien välillä näyttivät asettuvan 10 cm ja 20 cm:n väliin ja useimmissa tapauksissa mitattujen ja laskettujen arvojen välinen selitysaste (r^2) oli suhteellisen hyvä.

koe- ruutu	1989			1990		
	toimivuus- indeksi	poikkeama (cm)	selitys- aste	toimivuus- indeksi	poikkeama (cm)	selitys- aste
A2	0.24	13,7	0,58	0.17	21,2	0,15
B2	0.27	14,7	0,62	0.21	12,9	0,58
C3	0.17	9,3	0,87	0.18	12,0	0,67
E1	0.20	20,0	0,01	0.09	9,0	0,52
E2	0.13	6,7	0,93	0.12	14,0	0,69
E3	0.09	17,2	0,86	0.10	11,4	0,82

Taulukko 1. Salaojituksen toimivuutta kuvaavan indeksin suhteellinen arvo, mitattujen ja laskettujen pohjavedenpinnan korkeuksien keskimääräinen poikkeama, sekä mitattujen ja laskettujen arvojen välinen selitysaste eri koeruuduissa tarkasteluvuosina 1989 ja 1990.

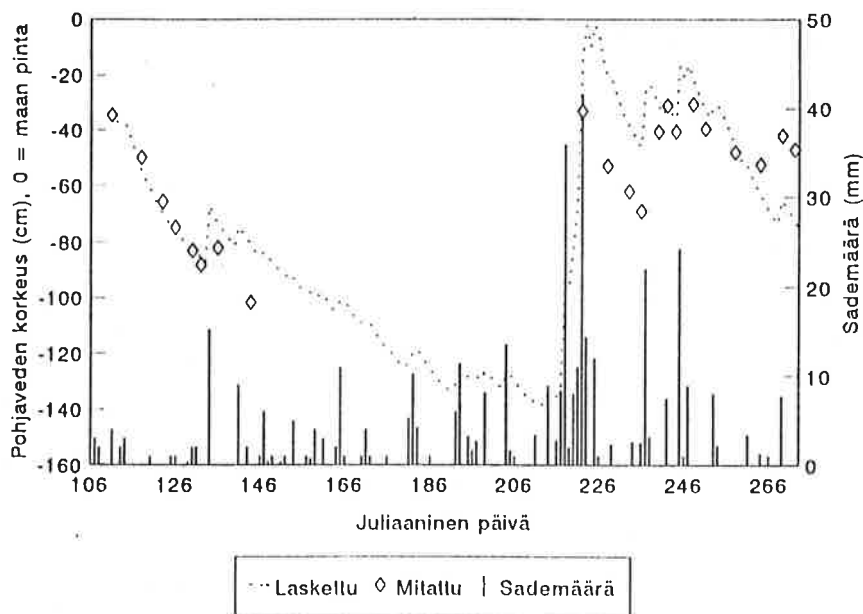


Kuva 1. 1989: Koejäsen A, kerranne 2

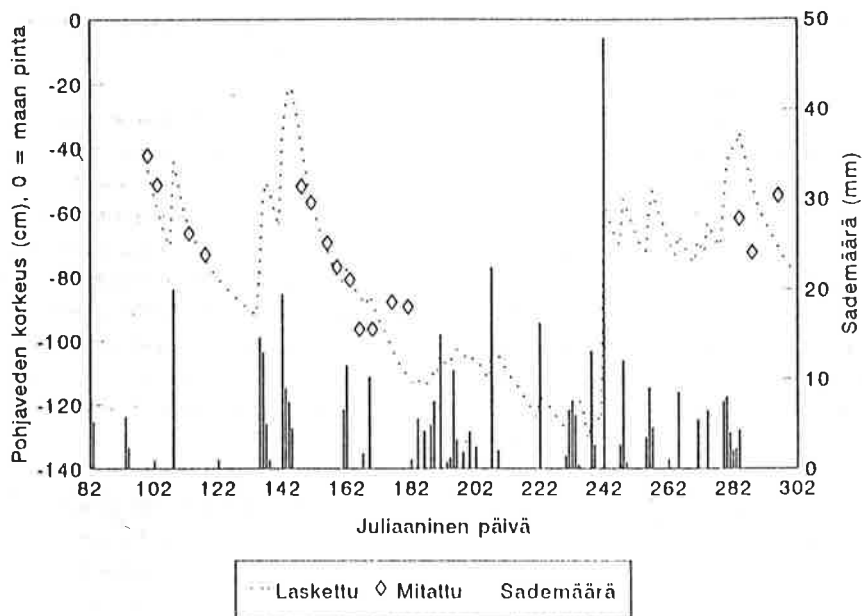
Toisaalta taas muutamassa tapauksessa r^2 oli lähellä nollaa; näille tapauksille ominaista oli havaintojen vähyys, mikä helposti johtaa jomankumman ääripään selityssasteeseen (hyvään tai huonoon).

Pohjaveden pinta näyttää pysyvän lähes koko kasvukauden suhteellisen alhaisella tasolla, vain vuoden -89 elokuun alussa sattunut kova sade sai pohjaveden pinnan nousemaan lähelle maan pintaa. FINN-MOD -malli näytti kykenevän kuvaamaan hyvin tämän rankan sateen vaikutuksen pohjaveden pinnan korkeuteen. Muutenkin mallin laskemat arvot näyttävät suhteellisen on-

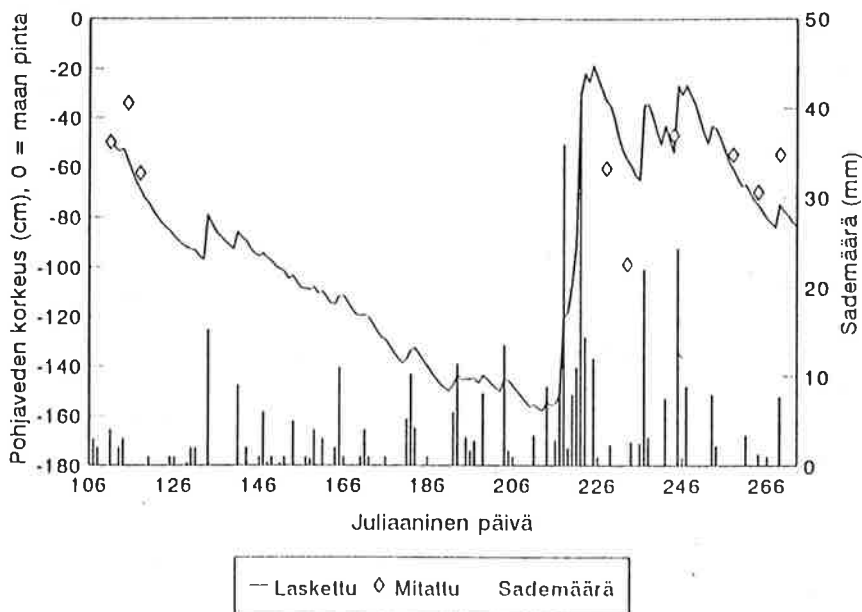
nistuneesti seurailevan mitattuja arvoja, muun muassa sateiden vaikutus näkyy selvästi; joissakin tapauksissa malli tosin reagoi sateeseen ehkä liiankin voimakkaasti (so. pohjaveden pinta nousee liikaa verrattuna mitattuihin arvoihin). Kuvista voidaan nähdä, että pohjavesihavainnot puuttuvat keskikesän ajalta kokonaan. Tämä selittyy yksinkertaisesti mittausputkien kuivumisella: putket on asennettu 120 cm:n syvyyteen ja kesän aikana pohjaveden pinta voi laskea sitä alemmas. Kuvissa 1-6 on esitetty eri koejäsenten laskettuja ja mitattuja pohjaveden korkeuksia kasvukauden aikana.



Kuva 2. 1989: Koejäsen B, kerranne 2



Kuva 3. 1990: Koejäsen C, kerranne 3



Kuva 4. 1989: Koejäsen E, kerranne 1

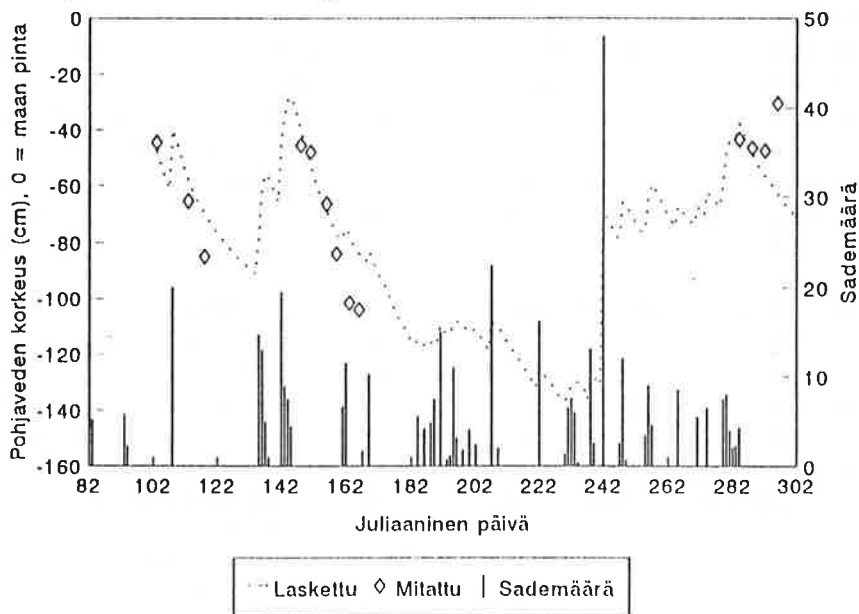
Johtopäätökset

Vähien mittausten (mittausvuosien) perusteella on vaikea ryhtyä arvioimaan eri ojitustapojen ehdotonta paremmuutta tämänkään tutkimuksen jälkeen. Vähintään olisi pitänyt kyetä kuvaamaan pohjaveden korkeuksia kaikissa koejäsenissä ja kaikissa kerranteissa, koska hajonta näyttää olevan suhteellisen suuri, kuten kirjoituksen edellisessä osasakin todettiin. Lisäksi tulosten arviointia on vaikeuttamassa mitattujen ja mallin laskemien tulosten välisen selitysasteen vaihtelevuus koeruudusta ja vuodesta toiseen mentäessä. Tämä tosin ei suoraan merkitse sitä, että parametriestimaatin luotettavuus vaihtelisi samalla tavalla, mutta joka tapauksessa

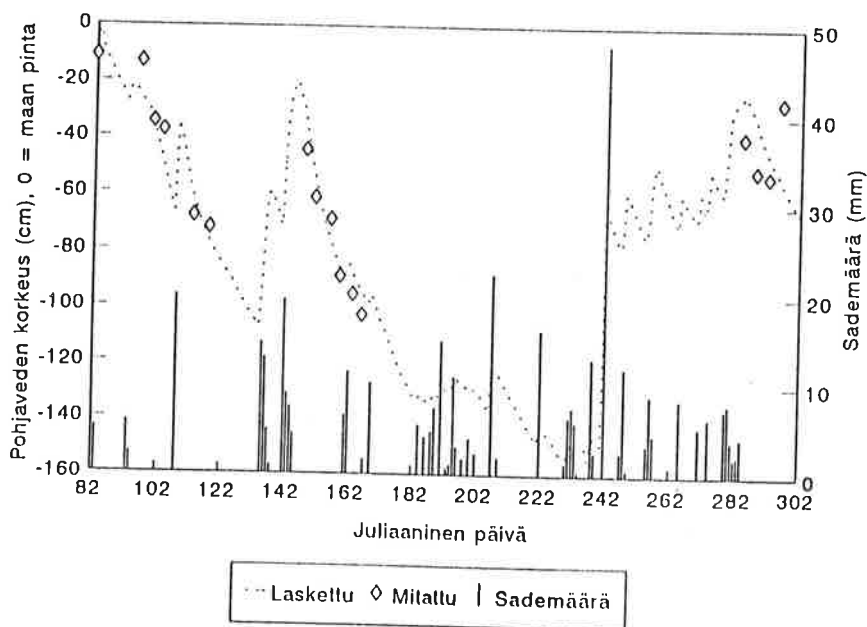
mallin antamien tulosten luotettavuus vaihtelee.

Taulukon 1 tulosten mukaan parhaiten toimi koejäsen B2 (muovi-putki, sorastus, sorasilmäkkeet, 13 m ojaväli ja ojitus Ukko-Maralla) ja huonoimmin koejäsenet E1-E3 (muoviputki, sorastus, sorasilmäkkeet, 10 m ojaväli ja ojitus aarakoneella). Kerranteiden suuren keskihajonnan vuoksi erot ojituksen toimivuudessa eivät ole tilastollisesti merkitseviä.

Yleisesti ottaen malli tuntui toimivan suhteellisen hyvin ottaen huomioon epävarmuustekijät säätiedoissa (kts. kappale Johdanto) sekä mittauksissa (so. suuri hajonta). Lisäksi on todettava, että ojituksen



Kuva 5. 1990: Koejäsen E, kerranne 2



Kuva 6. 1990: Koejäsen E, kerranne 3

jälkeen kocalueella oli kesällä 1988 vaikeuksia pintavesien kertymisen vuoksi, minkä takia koeruutujen pintaa muotoiltiin uudelleen. Tämä edelleen saattaa vaikuttaa ojitustavasta riippumattomien erojen synty-miseen ja tulkintavaikeuksien synty-miseen: ovatko erot virtaamissa tai pohjaveden korkeuksissa ojitustavan vai jonkin muun tekijän vaikutuksen seurausta?

Yksi Zaitsevon salaojituskokeen tarkoituksista on ollut selvittää eri ojitustapojen vaikutus peltokasvien sadonmuodostukseen. Näiden mahdollisten erojen saaminen esiin edellyttää sitä, että osassa koeruutu- ja pohjavesi olisi kasvien kasvukau- den aikana noussut haitallisiin luke-

miin. Haitalliset lukemat tarkoitta- vat tässä tapauksessa kasvien "teho- kasta juuristosyvyyttä", eli syvyyttä, jossa pääosa kasvien juuristosta on. Tämä syvyys tosin vaihtelee maala- jeittain, kasveittain, vuosittain jne., mutta on yleensä n. 30-50cm. Kuvis- sa 1-6 näkyvistä mittauksista ja las- ketuista arvoista voinee päätellä, et- tä tarkasteluvuosina 1989 ja 1990 korkea pohjavesi ei todennäköisesti juuri ole haitannut alueella viljeltyjä kevätkylvöisiä kasveja, jotka on kyl- vetty touko-kesäkuussa ja korjattu elokuussa. Samaan johtopäätökseen päätyi Virtanen (1992) raportissaan: koejäsenille lasketut pohjaveden korkeusindeksit (SEW_{30}) osoittivat kaikkien koejäsenien ojituksen toi- mineen riittävän hyvin kasvien kan-

nalta. Jatkotutkimuksissa voisikin olla mielenkiintoista tarkastella pidempää ajanjaksoa sekä lisäksi tilannetta, jossa kasvina on kevät-kylvöisen viljan sijaan esimerkiksi koko kasvukauden ajan kasvava monivuotinen nurmi. Toisaalta voisi olettaa, että sateisena vuotena kaikki ojastot toimivat riittävästi, koska kuivuminen ja vettyminen näyttäivät tapahtuvan suhteellisen samaan tahtiin (kts. kirjoituksen osa I). Ojastojen toiminnassa ei siis märkänäkkään vuonna ehkä ilmene minkäänlaisia eroja.

Kirjallisuus

Deal, S.C., Gilliam, J.W., Skaggs, R.W. ja Konyha, K.D. 1986. Prediction of nitrogen and phosphorus losses as related to agricultural drainage system design. *Agric. Ecosyst. Environ.* 18:37-51.

Parsons, J.E., Skaggs, R.W. ja Gilliam, J.W. 1989. Pesticide fate with DRAINMOD/CREAMS. *Proceedings CREAMS/GLEAMS Symposium*, D.B.

Beasley, W.G. Gnisel and A. Pipriceles, Sept. 27-29, Athens, GA:123-135.

Skaggs, R.W. 1978. A water management model for shallow water table soils. Technical Report No. 134 of the Water Resources Research Institute of the University of North Carolina, N.C. State University, Raleigh, NC, USA.

Skaggs, R.W., Tabrizi, A.N. ja Foster, G.R. 1982. Subsurface drainage effects on erosion. *Journal of Water Conservation*, vol. 37(3):167-172.

Skaggs, R.W., Karvonen, T. and Kandil, H. 1991. Predicting soil water fluxes in drained lands. Paper No. BAE of the Journal Series of the Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7625.

ZAITSEVON SALAOJITUSKOEKENTÄN SUOMALAISEN PUOLEN SALAOJITUSTEN KESKINÄINEN VERTAILU DI Seija Virtanen, Salaojakeskus

Johdanto

Zaitsevon salaojituskoe kentän suomalaisella ja neuvostoliittolaisella puolella kuivatus toteutettiin erilaisia tekniikoita käyttäen. Koe kentän perustamisen eräänä tarkoituksena oli löytää käytetyistä tekniikoista kyseiselle alueelle parhaiten sopiva salaojitus tapa.

Neuvostoliittolaiset salaojittivat oman puolensa käyttäen kymmentä erilaista ojitustapaa. Suomalaisten puolella salaojitustapoja oli seitsemän. Niiden vertailemiseksi mitattiin keskeisiä salaojituksen toimivuutta kuvaavia tekijöitä vuosina 1988-1990. Seuraavassa on esitetty

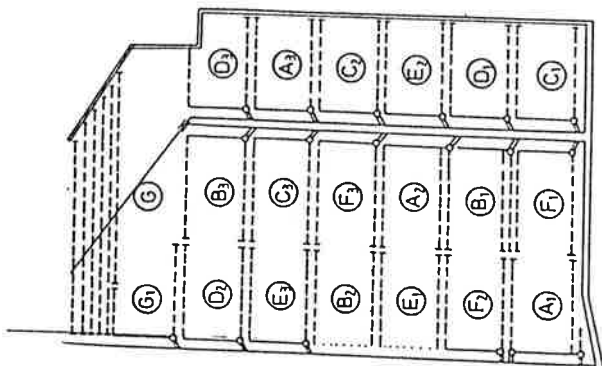
suomalaisen puolen mittauksista tehdyn vertailun tuloksia.

Suomalaisen puolen salaojitus

Zaitsevon koe alueen suomalainen puoli salaojitettiin kesällä 1987. Alueella käytettiin seitsemää erilaista salaojitustapaa, joissa kokeiltiin kahta erilaista ojaetäisyyttä, ympärysaineena soraa ja sahanpurua, putkimateriaalina muovi- ja tiiliputkea sekä kaivupyörä- ja aurakonetta. Ojitusvaihtoehdot tehtiin kolmena kerranteena. Vaihtoehdot on esitetty yksityiskohtaisesti taulukossa 1 ja koe jäsenten sijainti kartassa 1.

Koejäsen	Salaojakone	Ojaetäisyys m	Putkimateriaali, ympärysaine ja salaojan täyttö
A1...A3	Kaivupyöräkone	10	muoviputki, sorastus ja sorasilmäkkeet
B1...B3		13	
C1...C3		10	muoviputki, sahanpuru ja haketäyttö
D1...D3		13	
F1...F3		10	tiiliputki, sorastus ja sorasilmäkkeet
E1...E3	Aurakone	10	muoviputki, sahanpuru ja haketäyttö
G		13	

Taulukko 1. Suomalaisen puolen koejäsenet Zaitsevon salaojituskoe kentällä.



Kartta 1. Suomalaisen puolen koejäsenet.

Koejäsenistä tehdyt mittaukset

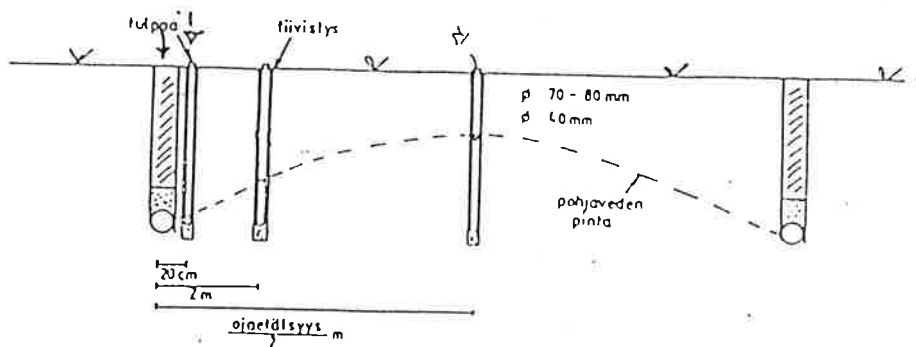
Kocaluetta perustettaessa laadittiin seikkaperäinen mittaushjelma, jotta koejäsenten paremmuutta voitaisiin arvostella. Ohjelman mukaisesti alueelle asennettiin pohjavesiputkia pohjaveden korkeuden mittaamiseksi, jokaisesta ojustosta mitattiin salaojavalumaa, maankosteutta mitattiin sekä gravimetrisesti että neutronmittarilla ja sato pyrittiin määrittämään kultakin ruudulta. Neuvostoliittolaiset rekisteröivät mitaustulokset.

Alueella tehtyjen mittausten tulokset eivät ole kaikilta osin käyttökelpoisia koejäsenten keskinäisessä vertailussa. Mitattuja maankosteuden arvoja ei ole voitu käyttää koejäsenten vertaamiseen, koska havaintojen tekemisessä on ilmeisesti ollut epätarkkuuksia. Myöskään sadon määrän suhteen koejäseniä ei ole voitu verrata toisiinsa, koska kocalueen lannoitus, kalkitus ja

viljelykasvi eivät ole olleet samanlaisia kaikilla ojustoilla. Tämän vuoksi koejäseniä on verrattu toisiinsa vain pohjavedenpinnan korkeuden ja salaojavaluman suhteen.

Pohjaveden korkeutta mitattiin kultakin ojustolta kahden putkisarjan avulla (yhteensä 108 putkea). Putkisarjassa oli kolme putkea, joista lähin sijaitsee salaojan vieressä, seuraava 2 metrin päässä ja kolmas salaojien keskivälillä (kuva 1). Pohjavesiputket ulotettiin salaojasyvyyyteen asti.

Kocalueelta mitattiin pohjaveden korkeutta ajanjaksolta 2.11.1988 - 29.10.1990. Talvijaksoilla putkia ei ole kuitenkaan voitu aina lukea niiden jäätymisen vuoksi. Tästä syystä vuonna 1989 pohjavedenkorkeushavaintoja on maaliskuuhuhtikuun vaihteesta alkaen. Myös talvella 1990 putket ovat jäätyneet, ja mittaukset ovat olleet mahdollisia vasta maaliskuun lopulta alkaen. Kesällä pohjavedenpinta on ollut putkien ala-



Kuva 1. Pohjavesiputkien sijainti salaojaan nähden.

puolella. Pohjaveden korkeus mitattiin kerran tai kahdesti viikossa.

Salaojavaluma määritettiin laskuaukosta tuleva vesimäärä astialla mitaten sekä tämän lisäksi kuudesta laskuaukosta pienen mittapadon ja limnigrafin avulla. Limnigrafikäyriä ei valitettavasti ole kuin muutama, joten valuman osalta tulokset on laskettu vain astiamittausten perusteella.

Salaojavaluman mittaukset ovat myös ajanjaksolta 2.11.1988 - 29.10.1990. Mittauksia suoritettiin huipupalumien aikana päivittäin ja muulloin kaksi tai kolme kertaa viikossa. Salaojavalumaa on kyetty mittaamaan myöskin talvella.

Pohjavedenpinnan korkeus eri koejäsenillä

Pohjavedenpinnan korkeuksia on verrattu eri koejäsenille lasketun SEW_{30} -luvun avulla. SEW_{30} on niiden vuorokausien lukumäärä, jol-

loin pohjavedenpinnan korkeus ylittää 30 cm. SEW_{30} -luku lasketaan

$$SEW_{30} = \sum_{i=1}^n (30 - x_i)$$

missä x_i on pohjaveden syvyys päivänä i

Jos summa on negatiivinen, se jätetään ottamatta huomioon.

SEW_{30} -luku on laskettu kasvukauden ajalta, ajanjaksolla 24.4.-18.9., vuosille 1989 ja 1990.

Lasketut SEW_{30} -arvot olivat melko pieniä, koska molemmat kesät 1989 ja 1990 olivat kuivia. SEW_{30} luku vaihteli välillä 0-170 cm/vrk. Salaojitus on riittävä, kun SEW_{30} on pienempi kuin 100 cm/vrk kasvukauden aikana (Skaggs, 1981). Zaitsevon koalueella kolmella koejäsenellä 100 cm/vrk vaatimus ylittyi, mutta vain yhdellä kerranteella muiden kerranteiden arvojen ollessa lähellä nollaa. Tämän perusteella salaojituksen voidaan katsoa toimineen kaikilla koejäsenillä hyvin.

Koejäsen	1989		1990	
	keskiarvo SEW ₃₀	keski- hajonta	keskiarvo SEW ₃₀	keski- hajonta
A	17.7	16.8	6.3	6.0
B	31.7	62.5	28.9	56.8
C	35.0	35.2	3.8	4.3
D	54.5	53.2	46.0	44.4
E	26.8	51.2	29.3	36.7
F	5.5	9.6	7.6	7.9

Taulukko 2. Zaitsevon koealueen koejäsenille lasketut SEW₃₀-arvot kasvukausina 1989 ja 1990.

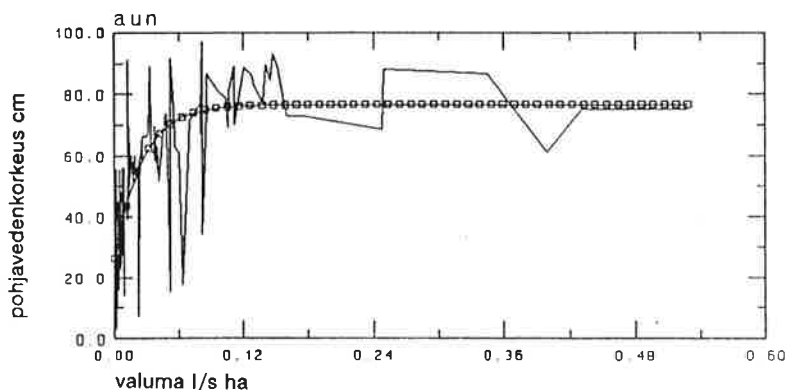
Koejäsenille saatujen arvojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Samalla tavoin on laskettiin koejäsenille SEW₅₀, eli pohjavedenpinnan korkeuden raja-arvona käytettiin 50 cm syvyyttä. Myöskään näin saatujen arvojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Salaojavaluma

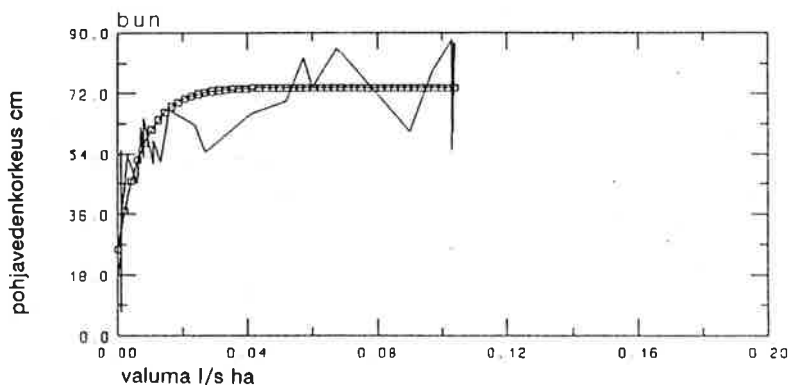
Zaitsevon alueella tehtyjen salaojavalumamittausten arvot vaihtelevat suuresti keväällä ja syksyllä eri koejäsenten ja myös kerranteiden välillä. Tähän lienee pääsyyinä mittaus-ten ajoittuminen eri kellonaikoihin päivällä. Toiset ruodut on mitattu aamulla virtaaman ollessa vielä vähäistä ja toiset huippuvalumien sat- tuessa. Tästä syystä valumamittausten käyttökelpoisuus on kyseenalais- ta, mutta koska muita tuloksia ei ole ollut käytettävissä on analyysi tehty näihin mittauksiin perustuen. Valumien analyysi olisikin luotetta- vampi, jos käytössä olisi limnigrafi- käyrät.

Käytettävissä olevasta aineistosta on poimittu vuosien 1989 ja 1990 huip- puvalumat. Kevään 1989 huippuval- luma on mitattu tammikuun 30. päivänä so. 0,72 l/s ha. Syksyn suu- rin mitattu valuma sattui 27.10.1989, tämä oli 1,476 l/s ha. Vuonna 1990 suurin kevätvaluma oli 1,476 l/s ha (26.3. 1990) ja syksyn huippuvaluma oli 0,368 l/s ha (8.10.1990).

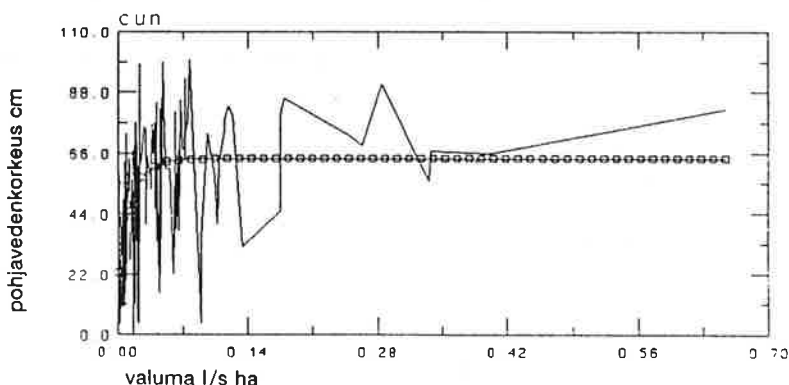
Salaojavalumien osalta koejäseniä on vertailtu tarkastelemalla pohja- veden korkeuden ja salaojavaluman yhteyttä. Salaojavalumahavaintoja on enemmän kuin pohjavedenkor- keushavaintoja, joten aineistosta on poimittu ne päivät jolloin kumpikin havainto on tehty. Havainnot on siis tehty samana päivänä, mutta ei kui- tenkaan samaan kellonaikaan. Ha- vaintopisteisiin on sovitettu par- haiten sopiva eksponenttikäyrä muotoa $f(x) = (B-C)(1-e^{(A-[B-C]x)})-C$. Parhaiten sopivat käyrät on esitetty kuvissa 2-7.



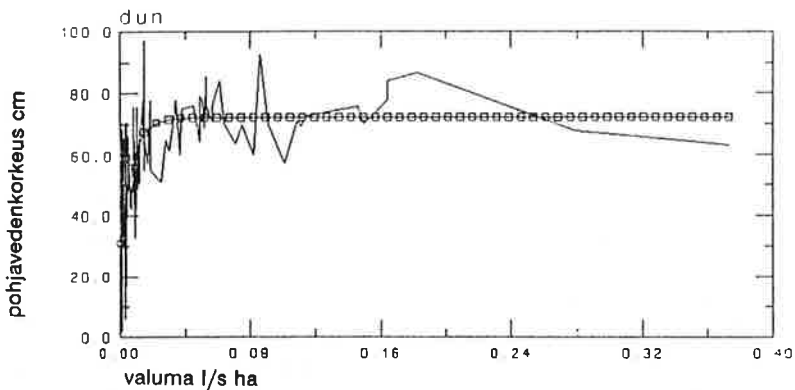
Kuva 2. Pohjaveden korkeuden vaikutus salaojavalumaan koejäsenillä A tehtyjen mittausten perusteella. Sovitetun käyrän selitysaste R^2 on 0,60.



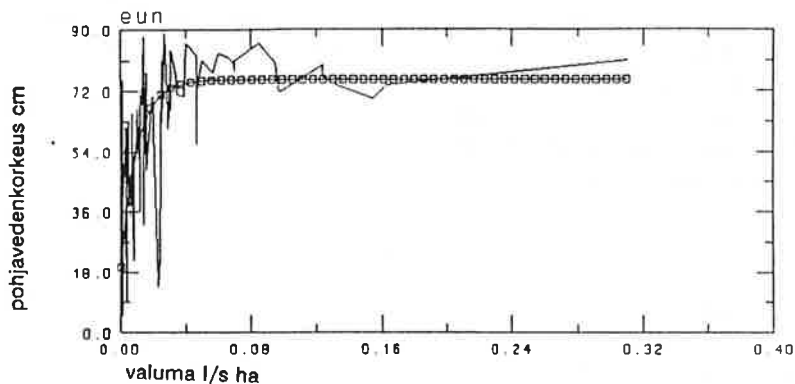
Kuva 3. Pohjaveden korkeuden vaikutus salaojavalumaan koejäsenillä B tehtyjen mittausten perusteella. Sovitetun käyrän selitysaste R^2 on 0,73.



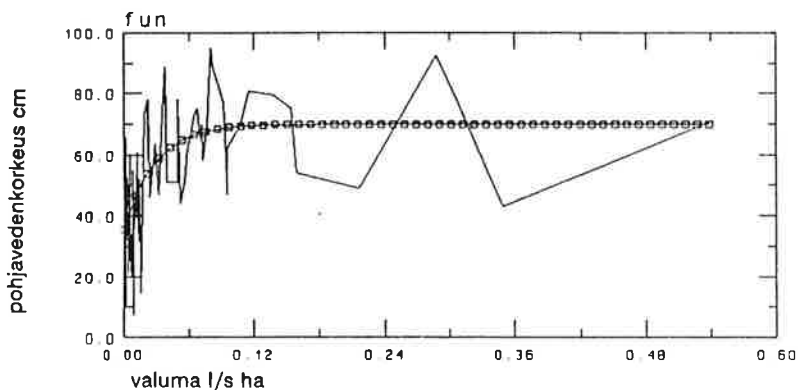
Kuva 4. Pohjaveden korkeuden vaikutus salaojavalumaan koejäsenillä C tehtyjen mittausten perusteella. Sovitetun käyrän selitysaste R^2 on 0,36.



Kuva 5. Pohjaveden korkeuden vaikutus salaojavalumaan koejäsenillä D tehtyjen mittausten perusteella. Sovitetun käyrän selitysaste R^2 on 0,54.



Kuva 6. Pohjaveden korkeuden vaikutus salaojavalumaan koejäsenillä E tehtyjen mittausten perusteella. Sovitetun käyrän selitysaste R^2 on 0,61.

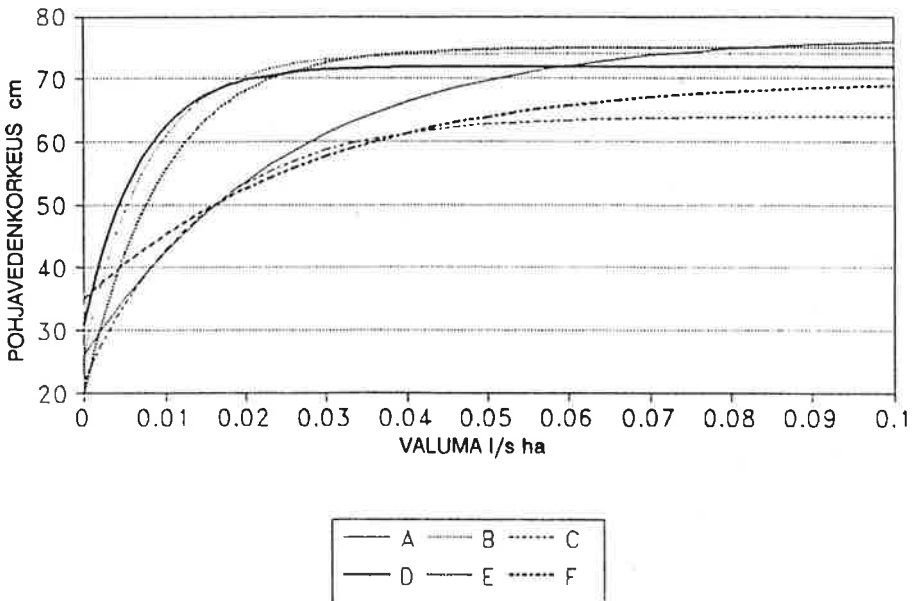


Kuva 7. Pohjaveden korkeuden vaikutus salaojavalumaan koejäsenillä F tehtyjen mittausten perusteella. Sovitetun käyrän selitysaste R^2 on 0,39.

Pohjavedenkorkeuksien ja mitattujen valumien välillä esiintyi melko suurta vaihtelua. Sovitettujen käyrien selityssasteet vaihtelivatkin välillä 0,36-0,73. Selityssasteet ovat huonoja, ja siksi analyysin tuloksia ei voida pitää kovin luotettavina. Eräänä syynä suureen vaihteluun on valuman ja pohjavedenkorkeuden mitausten eriaikaisuus.

Kuvassa 8 on esitetty kaikkien koejäsenten osalta salaojavaluma verrattuna pohjavedenkorkeuteen salaojien keskivälillä. Analyysin luotavuutta haittaa se, että suurimpien valumien aikana pohjavesiputket olivat vielä jäässä. Näin ollen mielenkiintoisin ajankohta ei ole ollut mukana tarkastelussa.

Pohjavedenpinnan ollessa korkealla valumat ovat pienimpiä ojaetäisyyden ollessa 13 m (koejäsenet B ja D). Kaiken kaikkiaan valumat ovat käyrien mukaan kaikilla koejäsenillä pieniä vaikka pohjavesi nousee lähelle maanpintaa. Tämä merkitsee alueen maan huonoa vedenläpäisevyyttä. Tässä tulee kuitenkin ottaa edelleen huomioon se, että pohjaveden korkeus on mahdollisesti mitattu eri aikaan kuin valuma sekä sovitettujen käyrien huonot selityssasteet. Tästä syystä ei analyysin perusteella voida tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä.



Kuva 8. Salaojavaluma verrattuna pohjavedenkorkeuteen salaojien keskivälillä tammikuussa 1989 - lokakuussa 1990.

Yhteenveto

Koejäseniä verrattiin toisiinsa mitaustulosten puutteellisuuden vuoksi vain pohjavedenkorkeustietoja ja valumamittauksia hyväksi käyttäen. Vertailua vaikeutti valuman ja pohjaveden korkeuden mittausten eriaikaisuus ja pohjavedenkorkeustietojen puuttuminen huippuvalumien sattumisaikaan. Pohjaveden korkeuksien vertailussa ei koejäsenien välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Mitään koejäsentä ei voida myöskään pitää selkeästi toisia parempana valuman ja pohjaveden korkeuden yhteyden perusteella.

Pohjavedenkorkeusanalyysin perusteella alueen kuivatusta voidaan pitää hyvänä. Kokeen järjestelystä johtuen ei voida kuitenkaan sanoa, onko 10-13 metrin ojaväli taloudellisesti edullisin ko. alueelle, koska suurempia ojaetäisyyksiä ei ollut kokeessa mukana. Tämä selittää myös sen, miksi eri koejäsenten välille ei saatu eroja.

Kokeessa mitattiin paljon erilaisia tekijöitä, joiden hyödyntäminen ei

kuitenkaan täysimääräisesti ollut mahdollista. Tähän oli suurimpana syynä mittausten eriaikaisuus. Tällaista koetta järjestettäessä mittaukset kannattaisikin tehdä intensiivimittauksina huippuvalumien aikana, ja siten että jokainen suure samalla koejäsenellä olisi mitattu samaan aikaan. Jatkuvatoimisten mittareiden, kuten limnigrafien, käyttö vähentäisi huomattavasti virheiden mahdollisuutta.

Kirjallisuutta

Broughton, R.S., Gameda, S. and Gibson, W. 1982. Field test of some drain tube envelope materias. *Advances in Drainage. Proceedings of the Fourth National Drainage Symposium, Chicago, Illinois.* ASAE Publication 12-82.

Skaggs, R.W. and Gilliam, J.W., Effect of drainage system design and operation on nitrate transport. *Transactions of the ASAE, 1981: 929-934.*

ZAITSEVON KOEKENTÄN MERKITYS KÄYTÄNNÖN SALAOJITUKSEN KANNALTA

Toimitusjohtaja Rauno Peltomaa, Salaojakeskus

Yleisesti voidaan todeta, että yhteis-tutkimus vaikutti merkittävästi venäläisiin salaojitusnormeihin, mutta ei suomalaisen käytäntöön. Venäläinen osapuoli laati saatujen tulosten avulla uudet ohjeet heikosti vettäläpaisevien maiden kuivattamiseksi, joista on lyhennelmä Salaojakeskuksen vuosikertomuksessa 1/90.

Venäläisten tekemän vertailun perusteella suomalainen ojitustekniikka toimi yleisesti ottaen venäläistä paremmin. Venäläisten koejärjestyksessä oli mukana normaalin salaojituksen lisäksi myös ns. kaksikerros-ojitus, jonka tehokkuus osoittautui hyväksi, ja jota tästä syystä siellä myös suositellaan heikosti vettäläpaiseville maille. Naapurissa on myös alettu kiinnittää erityistä huomiota Salaojien täyttöaineen vedenläpäisevyyteen, ja on annettu suosituksia heikkolaatuisen soran sekoittamisesta turpeen kanssa.

Koekentän suomalaisella puolella tutkittiin niitä asioita, jotka 1980-luvun puolivälissä olivat Suomessa ajankohtaisia ja vailla selkeitä tutkimustuloksia. Näitä olivat savimaiden ojaväli, soran korvikkeet, auratekniikka ja putkimateriaali. Tutkimustuloksista ehkä mielenkiintoisimpia nykyiseen vesiensuojelua korostavaan aikaan ovat sahanpurun vaikutukset salaojaveden laatuun.

Näyttää siltä, että sen merkitys vesiensuojelun kannalta on negatiivisempi kuin tähän saakka on tiedetty. Varsinaisia suosituksia ei näiden tulosten perusteella kuitenkaan ole vielä tarkoitus laatia. Muiden koetekijöiden osalta on joitakin eroja kuivatuksen tehokkuudessa, selvimmän auratekniikan ja kaivavan tekniikan suhteen. Suunta on sama kuin asiasta on aikaisemminkin esitetty, eli kapea kaivanto toimi paremmin kuin auratekniikka.

Tilastollisesti merkittäviä eroja tutkijat eivät Zaitsevon kokeiden tuloksissa todenneet. Ojavälinkään suhteen ei saatu merkittäviä tilastollisesti merkittäviä eroja. Koetulosten teoreettinen tarkastelu mallien avulla onkin osoittanut, että ojaväliä tärkeämpi tekijä on maan rakenne. Käytännön suositukset savimaiden kuivatusongelmissa tulisikin ensisijaisesti kohdistaa maan rakenteen kuntoonsaattamiseen. Sitä kautta päästään taloudellisesti järkeviin tuloksiin. Ojatiheyden ja soramäärien jatkuva lisääminen johtaa näillä näkymin helposti taloudellisesti kannattamattomiin investointeihin. Zaitsevon koekenttä osoitti alkuvaiheessa myös pintavesikuivatuksen tärkeyden salaojituskuivatuksen täydentäjänä. Tämä on seikka, joka ei sinänsä ollut tutkimuksen kohteena, mutta tuli ilmi koekentän viljelyn yhteydessä.

ENGLISH SUMMARY:

JOINT FINNISH-SOVIET EXPERIMENTAL DRAINAGE PROJECT IN ZAYTSEVO

The idea to build a joint Finnish-Soviet experimental drainage project was developed in 1985 by the joint working group on land reclamation and water economy. Common interest in joining efforts for the development of improved drainage method, which may be applied in our climatic conditions particularly on heavy clay soils with very low hydraulic conductivity, led finally to the agreement on construction of an experimental drainage field. The agreement was signed in April 1986.

Main cooperating parties in Finland were the Finnish Field Drainage Centre, the Centre of Agriculture Research, the Institute for Agricultural Technology of University of Helsinki and the States Institutes for Agricultural Technology. In Soviet Leningrad (Design Institute), Lenmelioratsiya (Construction Cooperation) and SevNIIGiM all located in Leningrad were the actively participating bodies. The project was mainly financed by the Ministry of Agriculture and Forestry of Finland with the Ministry of Land reclamation and Water Economy of U.S.S.R.

Description of the experimental area

The experimental area Zaytsevo is located 36 km SSW from the city of Leningrad (59°35'N, 30°05'E). It is lying along the main highway leading to Kiev and it forms a rectangular shape with dimensions of about 800 m x 800 m which is divided into two equal halves by the main drainage canal in the middle.

The whole area has been previously used for peat mining. The thickness of peat formation varies from 10 cm to 100 cm. In general terms the soil consists of glacial-lacustrial fine-textured loam or clay loams down to 3-5 m with silt loam thereunder. Soil may be described as acidious with pH values of the tops soil ranging from 3.0-4.7 (russian measurements) and 3.9-4.3 (finnish measurements). pH values of the subsoil are higher: 3.6-6.0 (russ. meas.) and 5.5-6.6 (finn. meas.). Iron content of the ground-water has a very wide range with 0.6-106 mg/l (russ. meas.) and 2.0-10.0 mg/l (finn. meas.).

Soil hydraulic conductivity has also a wide range of variation: 0.05 - 1.0

m/d in the topsoil and 0.01-0.20 m/d in the subsoil.

The primary goals of the project

The general final target of the project is to define optimal drainage parameters and techniques applicable in these climatic conditions and especially for heavy soils. The purpose is to compare the drainage practices currently used in both countries. Moreover, the quality of the drainage water is of vital importance.

Applied methods of subsurface drainage

Some fundamental differences exist between the Finnish and Soviet way of applying methods for drainage. Common mutually conditions included that both areas will be divided into equal plots of 1.5-2.5 ha. The number of replications was three and amount of variations was agreed as 6, i.e. altogether 18 plots were thus formed.

On the Finnish side the design criteria applied in practice in Finland were used:

- Five variations were drained by PVC plastic pipes (ϕ 40 mm). One of them by trenchless digger and the other 4 by trenching machine. Either gravel or sawdust was used as envelope material and drain spacing 10 m and 13 m on both materials.

- One sequence was drained with clay tiles (ϕ 40 mm) with gravel as envelope material, drain spacing 10 m and the drains were laid by trenching machine (Ukko-Mara, Finnish made).

- Additionally an area of 4 ha was drained by trenchless digger with sawdust envelope and 10-13 m drain spacing.

- All but two systems are connected by a collector to an outlet well. Remaining two systems consist of individual laterals draining directly to the main canal mostly because of high iron content of water in this area.

On the Soviet side variations are as follows:

- Trenching digger with synthetic envelope, backfill with top soil from the drain depth up till soil surface, drain spacing 10-30 m.

- The same as above with gravel envelope.

- One variation with a wide 0.5 m trench with synthetic envelope (spacing 10 m).

- Trenchless drainage with synthetic rope or chainlike envelope material which reaches from drain up to top soil (ϕ 50 mm). This type of material is being used in soils with low permeability in order to improve the flow of excess water from top soil to the drain.

- Drain pipes are of PE-plastic material and by ϕ 50 mm.

The Finnish side was drained in August 1987 and the Russian side

in June 1988.

Observation programme

All the measurements were carried out by the Soviet Institute for research of Hydrotechniques and land reclamation techniques of the northern areas (SevNIIGiM) situated in Leningrad. Finnish side was entitled to control the measurements on site and received all the results of observations for further studies.

The observation programme included:

1. Meteorological data
 - precipitation
 - wind velocity and direction
 - evapotranspiration and transpiration (by water balance)
 - daily air temperature
 - depth of soil frost
 - depth and density of snow cover
2. Drain discharge measured manually at about 10 days interval. At times of snowmelt, heavy summer rains and autumn measurements were done more often (once a day).
3. Soil moisture was measured by gravimetric method at 0.1 m, and 0.4 m below the soil surface once every ten days from the snowmelt until autumn, when temperature fell below 0°C.
4. Groundwater depth was measured from 108 tubes every day, when GWL < 0.7 m from the soil surface and once every five days, when it was deeper.

Results from the Finnish side

This booklet includes three short articles that use measurements of the groundwater level to evaluate the performance of various drainage practices.

According to Kleemola (article I), the differences in the performance of various drainage methods were not statistically significant. This is mainly due to large variation between the replicates. The method used by Kleemola was to compare the fall of groundwater level after snowmelt and the rise of GWL during autumn rains in different treatments.

Kleemola and Karvonen (article II) applied a soil water management model FINNMOD in order to compare the performance of different drainage methods. FINNMOD is a Finnish version of a simulation model called DRAINMOD developed by R.W. Skaggs in the North Carolina State University at late 70's. DRAINMOD has been extensively used in the design of subsurface drainage systems in USA. FINNMOD differs from the original version in such a way that soil water content and soil water fluxes are calculated and these variables can be used e.g. in predicting the leaching of nutrients. Kleemola and Karvonen defined a

so called "index of performance of drainage" which is a relative value and different drainage methods can be directly compared: the higher the index, the better the performance of the drainage.

The FINNMOD-model was applied in such a way that the only unknown parameter to be calibrated was the index of performance of drainage. All the other variables needed were given as measured values. The results are shown in Table 1. The results show that the index of performance of drainage was highest when PVC-pipe, 13 m drain spacing and gravel envelope were used. The lowest

index values were obtained when trenchless machines were used. However, the differences are not statistically significant due to large standard deviation of the results. Virtanen (article III) computed SEW_{30} -values for different treatments and noticed that these values were in all cases lower than critical values. The computed SEW_{30} -values varied between 5.5 and 54.5 cm/d and according to Skaggs (1981) values greater than 100 cm/d are critical. The results can be interpreted in such a way that all drainage methods performed well at least during the years 1989 and 1990.

Table 1. Index of performance of drainage, average deviation between measured and computed groundwater depth, and coefficient of determination R^2 between measured and computed values for years 1989 and 1990.

treat- ment	1989			1990		
	index of perfor- mance	deviation (cm)	R^2	index of perfor- mance	deviation (cm)	R^2
A2	0.24	13,7	0,58	0.17	21,2	0,15
B2	0.27	14,7	0,62	0.21	12,9	0,58
C3	0.17	9,3	0,87	0.18	12,0	0,67
E1	0.20	20,0	0,01	0.09	9,0	0,52
E2	0.13	6,7	0,93	0.12	14,0	0,69
E3	0.09	17,2	0,86	0.10	11,4	0,82

A2 = trenching machine, 10 m spacing, PVC-pipe, gravel envelope

B2 = trenching machine, 13 m spacing, PVC-pipe, gravel envelope

C2 = trenching machine, 10 m spacing, PVC-pipe, saw dust env.

E1 = trenchless machine, 10 m spacing, PVC-pipe, gravel envelope

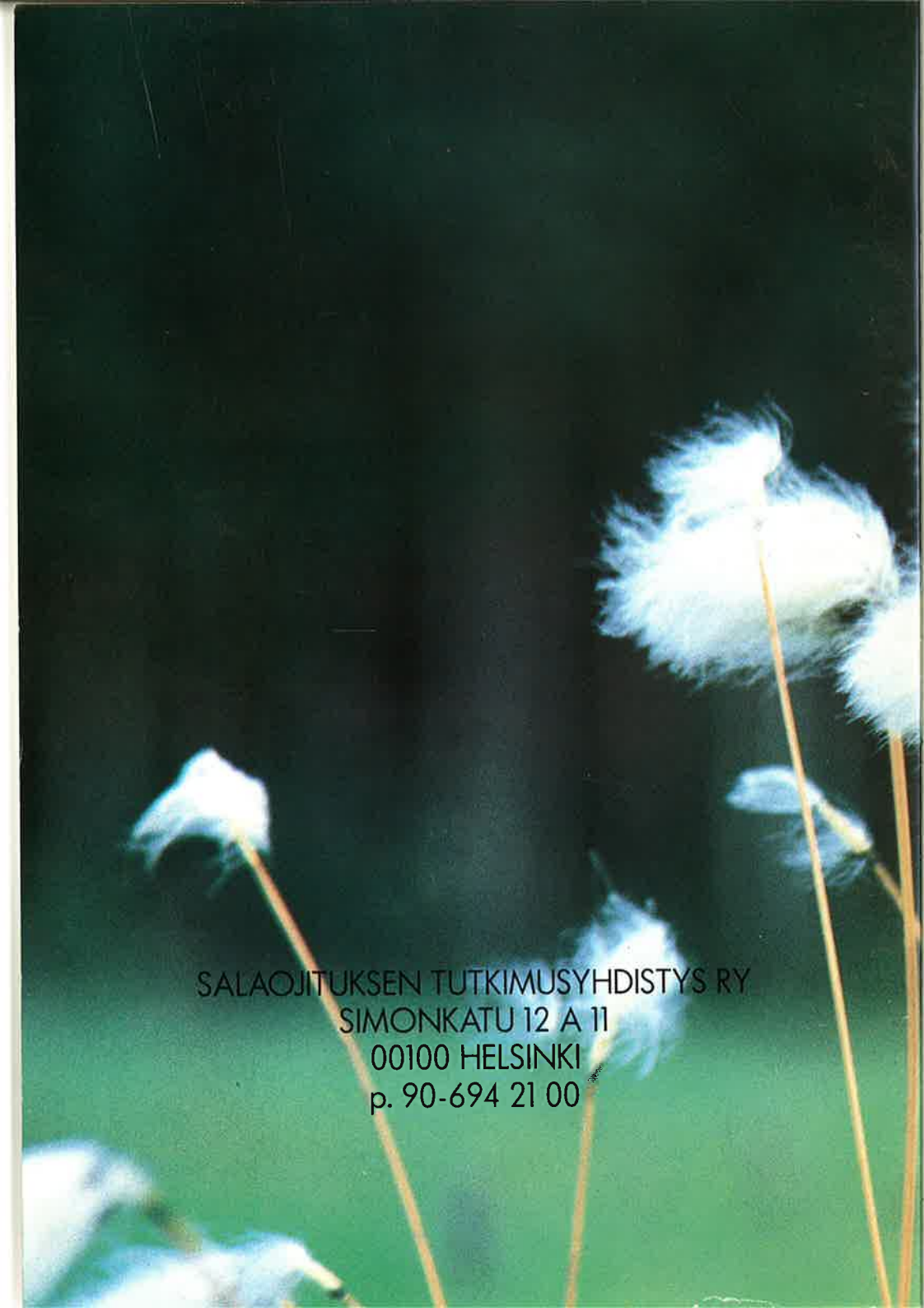
E2 = trenchless machine, 10 m spacing, PVC-pipe, gravel envelope

E3 = trenchless machine, 10 m spacing, PVC-pipe, gravel envelope

**Aikaisemmin ilmestyneet
Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedotteet:**

- 1 Yhdistyksen toiminnasta ja otteita salaojitustutkimuksesta (1987)
- 2 Salaojatutkimusta koskevia aiheita (1987)
- 3 Salaojituskootoiminnasta Ruotsissa ja salaojaputken ympärysaineista (1987)
- 4 Salaojatutkimuksia vuosilta 1987...1988 (1988)
- 5 Kuivatusta ja kastelua koskevia tutkimuksia (1988)
- 6 Maan tiivistymisen tutkimisesta Ruotsissa ja salaojatutkimuksesta Suomessa (1989)
- 7 Salaojaseminaari Osuuspankkiopistolla 27.9.1988 (1989)
- 8 Salaojituksen tavoiteohjelma, näkymiä vuoteen 2010 saakka (1989)
- 9 Sievin salaojituspäivät 20.-21.9.1989 ja ajankohtaista asiaa ympärysaineista (1989)
- 10 Maaseudun ympäristöpäivä Laukaalla 20.3. ja Jokioisissa 26.3.1990 (1990)
- 11 Turve- ja kivennäismaiden vesitaloudesta sekä rautasaostuman muodostumisesta (1990)
- 12 Salaojituskäytännön näkymiä maailmalta (1990)
- 13 Kenttätutkimusmenetelmistä paineenalaisilla salaojitusalueilla sekä Junkkarinjärven pengerryksistä (1991)
- 14 Myyräojituksesta (1991)





SALAOJITUKSEN TUTKIMUSYHDISTYS RY
SIMONKATU 12 A 11
00100 HELSINKI
p. 90-694 21 00