

SALAOJATUTKIMUS SUOMESSA

Kirjallisuusselvitys

Seija Virtanen  
Jussi Saavalainen  
Mika Marttunen

Salaojituksen tutkimusyhdistys ry

1988

ISBN 951 - 99944 - 3 -2

	sivu
ESIPUHE	1
1 JOHDANTO	
1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet	2
1.2 Tutkimuksen toteutus	2
2 SALAOJATUTKIMUKSEN ASEMA SUOMESSA	
2.1 Salaojatutkimuksen aseman kehittyminen ja tutkimusta suorittavat organisaatiot	4
2.2 Tutkimustoiminnan laajuus ja osuus salaojitukseen sijoitetuista varoista	5
3 SALAOJITUSTUTKIMUS	
3.1 Tutkimuskohteet eri aikakausina	7
3.2 Kokeellinen tutkimustoiminta	8
3.21 Koekentät	8
3.33 Laboratoriokokeet	10
3.3 Kirjallisuus- ja mallitutkimus	13
3.4 Kyselyt ja mielipidetiedustelut	14
4 TUTKIMUSTULOKSET	
4.1 Salaojituksen mitoitus	15
4.11 Ojaetäisyys	15
4.12 Salaojasyvyys	20
4.13 Salaojaputkien mitoitus	21
4.2 Salaojamateriaalit	25
4.21 Salaojaputket	25
4.22 Muut ojamateriaalit	27
4.23 Ympärysainetutkimus	28
4.3 Salaojitustyö	35
4.31 Salaojituskoneet ja laitteet	35
4.32 Myyräojitus	38
4.33 Holvisalaojitus	39
4.34 Talvisalaojitus	39
4.35 Salaojitustyöntutkimukset	40
4.4 Salaojitusten toimivuus	44
4.41 Toimintahäiriöiden yleisyys	44
4.42 Putkien tukkeutuminen	47
4.43 Maan tiivistymisen aiheuttamat toimintahäiriöt	50
4.5 Salaojituksen käyttö kasteluun	54
4.6 Salaojituksen ympäristövaikutukset	57
4.61 Salaojituksen vaikutus valuntaan	57
4.62 Ravinteiden huuhtoutuminen salaojavesissä	58
4.63 Salaojituksen vaikutus veden happamuuteen	60
4.7 Salaojituksen kustannukset ja kannattavuus	63
4.71 Salaojituksen hyödyt	63
4.72 Salaojituksen kustannukset	68
4.73 Salaojituksen kannattavuus	72
4.8 Tutkimustulosten vaikutus salaojitukseen	77

## 5 SALAOJITTUKSEEN LÄHEISESTI LIITTYVÄT TUTKIMUKSET

5.1 Kuivavara	81
5.11 Kuivavaran vaikutus pellolla työskentelyyn	81
5.12 Kuivavaran vaikutus viljelykasviin	82
5.2 Kasvukausi	84
5.3 Maan rakenne	85
5.31 Vedenläpäisykyky	86
5.32 Maan tiivistyminen	86
5.33 Salaojituksen vaikutus maan lämpötilaan ja kosteuteen	88

## 6 TUTKIMUKSEN NYKYTILA JA TUTKIMUSTARVE

6.1 Meneillään olevat tutkimukset	92
6.2 Tutkimustarve	93

## 7 SALAOJATUTKIMUSREKISTERI

7.1 Tutkimusrekisterin perustaminen ja päivitys	96
7.2 Tutkimusrekisterin käyttö	96

## LIITTEET:

1. Salaojaluokitus
2. Asiasanaluettelo
3. Salaojatutkimukset ajan mukaan lueteltuina
  - 3a. Tutkimukset
  - 3b. Tutkimuksia käsittelevät artikkelit
  - 3c. Muut artikkelit
4. Tutkimusten tallennuslomake
5. Tiedonkeruulomake



## ESIPUHE

Salaojituksen merkitys maatalouden perusparannus- ja rationalisointitoimenpiteenä on kiistaton koneellistuneessa maanviljelyssä. Myös maatalouden tuotantokustannuksien pienentämisessä salaojituksella on ensiarvoisen tärkeä asema. Salaojituksen toiminta-ajatus on edelleen sama kuin salaojituksen alkuaikoina, mutta salaojituksen suunnitteluperiaatteet ja salaojitekniikka ovat muuttuneet. Ajan myötä mm. salaojituksen painopiste on siirtynyt uusille alueille uusiin olosuhteisiin, salaojitekniikka on kehittynyt, uusia ojitusmateriaaleja on tullut markkinoille ja myös viljelytekniikan salaojitukselle asettamat vaatimukset ovat muuttuneet. Alati muuttuvat tekijät vaativat vireää tutkimustoimintaa, jotta salaojitus pysyy kehityksen mukana. Salaojitutkimuksen tehtävänä onkin myötävaikuttaa tämän hetken salaojituksen ongelmien ratkaisemiseen sekä ennakoida tulevaisuuden haasteita ja kehitysnäkymiä.

Salaojituksen tutkimusala on laaja. Tutkimusalaan kuuluu tutkimuksia mm. maaperään liittyvistä tutkimuksista salaojitustyöhön ja salaojituksen hyöty- ja kannattavuusnäkökohtiin. Salaojitutkimusta on harjoitettu salaojituksen alkuajoista lähtien ja tutkimusten suorittajina ovat olleet ja ovat edelleen monet eri tutkimustahot. Tutkimusmateriaalia on syntynyt runsaasti eri aihepiireistä. Pienessä maassa, jossa tutkimusresurssit ovat niukat, on jo olemassa olevan tiedon hyödyntäminen ensiarvoisen tärkeää.

Suomen salaojatutkimusta kartoitettiin vuonna 1984 ilmestyneessä esitutkimuksessa "Salaojatutkimuksen järjestäminen Suomessa". Tutkimuksessa käytiin läpi Suomessa tehtyä salaojatutkimusta ja tehtiin ehdotus salaojitutkimuksen järjestämisestä Suomessa. Tutkimuksessa ei kuitenkaan puututtu tehtyjen tutkimusten tuloksiin.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa Suomessa tehdyt salaojatutkimukset puuttuen nyt myös niiden tuloksiin. Tarkoituksena oli myös tutkimusten pohjalta selvittää lisää tutkimusta vaativia alueita ja alueita, joista ei aiempaa tutkimusta ole lainkaan. Lisäksi tarkoituksena oli helpottaa tutkimustiedon hyväksikäyttöä perustamalla tutkimusrekisteri. Salaojatutkimusrekisterin tarkoituksena on palvella niin tutkimustyötä tekeviä kuin myös salaojituksen parissa kentällä työskenteleviä. Rekisterillä pyritään tiedon saannin helpottamisen lisäksi yhteyksien parantamiseen Maataloustutkimus 2000 -komiteamietinnössä esitettyjen suuntaviivojen mukaisesti.

Tutkimuksen tuloksena syntyi raportti "Salaojatutkimus Suomessa" sekä "Salaojatutkimusrekisteri". Raporttiin on koottu yhteenveto Suomessa tehdyistä salaojatutkimuksista sekä esitetty näiden pohjalta tämän hetken tutkimustarpeita. Raporttissa on myös esitelty tutkimuksen yhteydessä perustettu Salaojatutkimusrekisteri ja sen käyttö.

Tutkimuksen rahoittajina ovat olleet Suomen Akatemia, Maa- ja metsätalousministeriö sekä Maa- ja vesitekniikan tuki ry. Tutkimusryhmän johtajaksi oli nimetty toimitusjohtaja Jussi Saavalainen Salaojakeskus ry:stä. Tutkimuksen päätoimisena tutkijana ja tämän raportin laatijana toimi DI Seija Virtanen Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:stä. Tutkimusten kartoitustyötä, referointia ja osaraporttien laatimista suoritti tekn. yo. Mika Marttunen.

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Suomessa varsinainen salaojatutkimus aloitettiin 1900-luvun alussa, jolloin perustettiin ensimmäiset koekentät salaojitusnormien aikaansaamiseksi. Alkanut tutkimustoiminta laantui sotavuosina, mutta sodan jälkeen siirtolaisväestön asuttamisen ollessa vilkasta nähtiin ojitustilanteen kohentaminen välttämättömäksi elintarvikeomavaraisuuden turvaamiseksi. Tutkimustoiminta jatkuikin vireänä aina 1960-luvulle saakka. Tällöin alkanutta salaojitustutkimuksen lamakautta kesti aina 1980-luvun alkuvuosiin saakka. Tällä hetkellä salaojitustutkimustoiminta on jälleen vireää ja tutkimusta suoritetaan monissa eri tutkimusorganisaatioissa.

Salaojituksen tutkimusala on laaja, ja eri aikakausina on tutkittu kulloinkin tärkeinä pidettyjä tutkimusaiheita. Salaojitustutkimusta ovat Suomessa tehneet monet eri tahot. Alkuaikoina tutkimustoiminta oli keskittynyt Suomen Salaojitusyhdistykseen, sittemmin maataloushallituksen insinööriosastolle ja sen jälkeen sitä on suoritettu useissa eri paikoissa. Tutkimuksia on vuosien varrella syntynyt runsaasti, mutta koska tutkimusta ovat harjoittaneet eri aikoina eri tutkimusorganisaatiot, on tutkimustieto hajallaan.

Suomessa tehdyn salaojitustutkimuksen kartoituksen tarve tuotiin esille 1981 Salaojatutkimuksen neuvottelukunnan toimesta. Esitutkimus "Salaojatutkimuksen järjestäminen Suomessa" aloittikin tutkimushankkeen. Tutkimushankkeen varsinaisesti käynnistyessä keväällä 1987 asetettiin tutkimukselle seuraavat tavoitteet:

- I Kartoittaa Suomessa tehty salaojitukseen liittyvä tutkimus ja tutkimustulokset
- II Selvittää salaojitustutkimuksen nykytila ja tutkimustarve eli
  - miten nykyinen salaojituskäytäntö pohjautuu tehtyyn tutkimukseen
  - mitä hyödynnettävissä olevaa tutkimustietoa on olemassa
  - mitkä alueet kaipaavat lisää tutkimusta
  - mitä alueita ei ole tutkittu lainkaan
- III Helpottaa tutkimustiedon hyväksikäyttöä ja edistää yhteistyötä eri tutkimusorganisaatioiden välillä perustettavan Salaojatutkimusrekisterin avulla.

### 1.2 Tutkimuksen toteutus

Salaojitustutkimuksen ala jaettiin tutkimuksen suorittamista varten ensin varsinaiseen salaojatutkimukseen ja salaojitukseen läheisesti liittyviin tutkimuksiin, ja tämän lisäksi kumpikin tutkimusala jaettiin vielä osa-alueisiin. Osa-alueista tehdyt tutkimukset kartoitettiin, tallennettiin Salaojatutkimusrekisteriin ja tulokset koottiin osaraportteiksi. Loppuraportti laadittiin osaraporttien pohjalta.

Osa-aluejako oli seuraava:

A Varsinainen salaojatutkimus

1. Salaojituksen mitoitus
2. Ojamateriaalit
3. Salaojitustyö
4. Ojituksen toimivuus
5. Padotuskastelu
6. Salaojituksen ympäristövaikutukset
7. Salaojituksen hyödyt, kustannukset ja kannattavuus

B Salaojitukseen liittyvät tutkimukset

1. Kuivavara
2. Kasvukausi ja kasvien kasvu
3. Maan rakenne

Näiden osa-alueiden selvittämisen tavoitteena oli

- aiheesta tehdyn tutkimustoiminnan kartoitus
- tutkimustoiminnan vaikutus salaojitusperiaatteisiin
- tutkimustarve kyseisistä aihepiireistä

Tehdyt tutkimukset kartoitettiin käymällä läpi Suomessa ilmestyneet maataloustieteelliset julkaisut, lehdet, yliopistojen ja korkeakoulujen opinnäytteet, tutkimuslaitosten julkaisusarjat ja alan muu kirjallisuus. Kaikista läpikäydyistä tutkimuksista täytettiin tutkimusrekisteriä varten tietojen tallennuslomake ja tärkeimmät tutkimukset referoitiin. Osa-aluejaon tapaista jaottelua käyttäen laadittiin salaojaluokitus, koska UDK-luokitus on salaojitusalan osalta liian karkea. Tutkimuksen kuluessa muodostettiin myös salaojitusalan asiasanasto, asiasanojen avulla tutkimuksia voidaan hakea rekisteristä. Salaojatutkimusrekisteriin tallennettiin kaikki läpikäytyt tutkimukset.

Tähän raporttiin on läpikäyty aineisto koottu siten, että luvussa 2 on selvitetty missä salaojatutkimusta on eri aikoina tehty ja mikä on ollut kulloinkin tutkimukseen käytettyjen varojen suhde salaojituksen kokonaisinvestoinneista. Luvussa 3 on tutkimuksia tarkasteltu kronologisesti, ensin tutkimuksen kohdealueiden ja sitten tutkimusmenetelmien mukaan. Luku 4 on raportin laajin. Siinä käsitellään tehtyjä tutkimuksia edellisiä lukuja perusteellisemmin aihepiireittäin ja tarkastellaan tutkimusten tuloksia. Tutkimusten löytämisen helpottamiseksi on kunkin osan loppuun koottu oma lähdeluettelonsa. Lukuun 5 on koottu salaojitukseen läheisesti liittyviä tutkimuksia. Rajan vetäminen läheisesti salaojitukseen liittyvien ja etäämmällä olevien tutkimusten välille on tulkinnanvarainen, mistä syystä luvusta saattaa puuttua lukijasta siihen kuuluvia tutkimuksia. Luku 6 keskittyy edellä olevista luvuista poiketen tutkimuksen nykyvaiheeseen ja kehitysnäkömiin. Lukuun on koottu tällä hetkellä käynnissä oleva salaojatutkimus sekä esitetty tutkimusta vaativia alueita. Salaojatutkimusrekisteriä ja sen käyttöä on selvitetty luvussa 7. Raportin liitteiksi on koottu rekisterissä käytetyt asiasanat, salaojaluokitus, käytetyt tiedonkeruulomakkeet sekä läpikäytyt tutkimukset aikajärjestyksessä jaoteltuina tutkimuksiin ja artikkeleihin.

## 2 SALAOJATUTKIMUKSEN ASEMA SUOMESSA

### 2.1 Salaojatutkimuksen aseman kehittyminen ja tutkimusta suorittavat organisaatiot

Ensimmäiset salaojitukset tehtiin Suomessa 1840-luvulla. Tällöin kokeiltiin Mustialassa kivi- ja riukusalaojitusta. Samalla Mustialan tilalla tehtiin tiiliputkisalaojituksia koemielessä 1850-luvulla. Alkuaikoina salaojituksessa käytetyt etäisyydet ja sovelletut periaatteet lienevät perustuneen ulkomailta saatuihin esimerkkeihin ja mm. Ruotsista saadut salaojakokemukset vaikuttivat siihen, että uskottiin salaojituksen soveltuvan Suomenkin oloihin. Salaojituksen vähitellen yleistyessä oli kuitenkin salaojatutkimuksen aloittaminen Suomessakin tarpeellista oloihimme tarkoituksenmukaisimpien normien aikaansaamiseksi.

Salaojatutkimus käynnistyi virallisesti, kun Maanviljelystalouslaitoksen koelaitos perusti koekentän pelloilleen Tikkurilaan salaojaetäisyyksien tutkimiseksi 1908. Tutkimustoiminta pääsi kuitenkin varsinaisesti käyntiin vasta Suomen Salaojitusyhdistyksen vuonna 1918 tapahtuneen perustamisen jälkeen. Tutkimustoiminta kuului muutaman vuosikymmenen keskeisenä toimintamuotona yhdistyksen toimenkuvaan, ja yhdistys oli professori Keson johdolla pääasiallisina salaojatutkimuksen suorittajina Suomessa aina 1940-luvun lopulle asti. 1930-luvulla Salaojitusyhdistyksen lisäksi salaojitustutkimusta suorittivat Suomen Suonviljelysyhdistys Tohmajärven koeasemalla ja Maataloushallituksen insinööriosasto.

1940-luvun lopulla Salaojitusyhdistyksen tutkimustoiminta väheni ja suurin osa kenttäkokeista lopetettiin. Vuonna 1947 perustettiin Maataloushallituksen insinööriosaston toimesta koekenttä Jokioisiin ja vuonna 1951 se aloitti laajan tutkimustoiminnan salaojitusmenetelmien kehittämiseksi ja salaojituskustannusten alentamiseksi. Maataloushallituksen insinööriosastosta tuli tällöin salaojitustutkimuksen pääasiallinen suorittaja. Maataloushallituksen johtava rooli salaojitustutkimuksessa jatkui vuoteen 1960, jolloin maatalousministeriö siirsi varojen puutteen vuoksi Maataloushallituksen suorittaman salaojituskoetoiminnan ministeriön maataloustoimiston valvontaan. Samalla jouduttiin tutkimustoimintaa supistamaan määrärahojen puutteen vuoksi.

1960-luvulla tutkimustoiminta oli vähäisempää kuin aiemmin ja tutkimustoiminnan luonne muuttui. Tutkimustoiminta ei enää ollut keskittynyt yhteen organisaatioon, vaan tutkimusta tehtiin monella taholla. 1960-luvulla salaojitustutkimusta tekivät mm. Maatalouden tutkimuskeskus, Maataloushallituksen maataloustoimisto ja Helsingin teknillinen korkeakoulu. Myös teollisuus, urakoitsijat ja laitevalmistajat tekivät omaa tutkimus- ja kehittämistyötään. 1970-luvulla tilanne oli edeltävän vuosikymmenen kaltainen. Salaojatutkimusta tehtiin useassa eri paikassa ja varsinaisten salaojitustutkimusten määrä oli pieni. Tutkimus ja koekenttien perustaminen oli keskittynyt salaojituksen kannalta katsottuna lähinnä salaojitukseen liittyviin aihepiireihin.

1970-luvun lopussa ja 1980-luvun alussa varsinainen salaojitustutkimustoiminta lisääntyi. Tähän lienee syynä viljelystekniikassa tapahtuneet muutokset, salaojitustekniikan kehittyminen, uusien materiaalien markkinoille tulo ja salaojituksen siirtyminen vaikeammin salaojitettaville alueille. Salaojitustutkimustoiminnan voimakas lisääminen nähtiin tärkeänä ja salaojituksen tutkimustoimintaa kehittämään, koordinoimaan ja edistämään perustettiin vuonna 1980 Salaojakeskuksen, Teknillisen korkeakoulun, maatilahallituksen ja silloisen vesihallituksen toimesta Salaojituksen tutkimusyhdistys ja myöhemmin vielä Salaojatutkimuksen neuvottelukunta. Osaltaan nämäkin ovat edesauttaneet tutkimustoiminnan lisääntymistä.

Tällä hetkellä salaojitustutkimusta tehdään runsaasti. Pitkäaikaisten kenttäkokeiden perustaminen ja hoito on keskittynyt pääasiassa Maatalouden tutkimuskeskukselle. Lisäksi Helsingin yliopiston maa- ja metsätieteellisen tiedekunnan eri laitosten, Teknillisen korkeakoulun vesitalouden laboratorion, Oulun yliopiston vesirakennustekniikan laitoksen, Valtion maatalousteknologian tutkimuskeskuksen, Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen, vesi- ja ympäristöhallinnon, Työtehoseuran, Salaojakeskuksen ja myös Salaojituksen tutkimusyhdistyksen toimesta on 1980-luvulla tehty tai tehdään salaojitustutkimusta tai salaojitukseen läheisesti liittyvää tutkimustyötä. Lisäksi laite- ja materiaalivalmistajat kehittävät tuotteitaan.

## 2.2 Tutkimustoiminnan laajuus ja osuus salaojitukseen sijoitetuista varoista

Salaojituksen tutkimustoiminnan laajuus ja siihen käytettyjen varojen osuus salaojituksen kokonaisinvestoinneista ovat vaihdelleet vuosien kuluessa. Monien tutkimustahojen ja vielä useampien rahoittajien vuoksi tutkimustoimintaan käytettyjen varojen selvittäminen on työlästä. Tästä johtuen seuraavassa voidaan esittää vain arvio tutkimustoimintaan käytetyistä varoista. Arvio pohjautuu Suomen Salaojitusyhdistyksen vuosikirjoihin ja salaojitustutkimustoiminnasta kirjoitettuihin artikkeleihin ennen 1980-luvun alkua. 1980-luvulla tutkimukseen käytetyt varat on sen sijaan esitetty tarkemmin. Tiedot on kerätty suoraan eri rahoittajilta ja tutkimusorganisaatioilta.

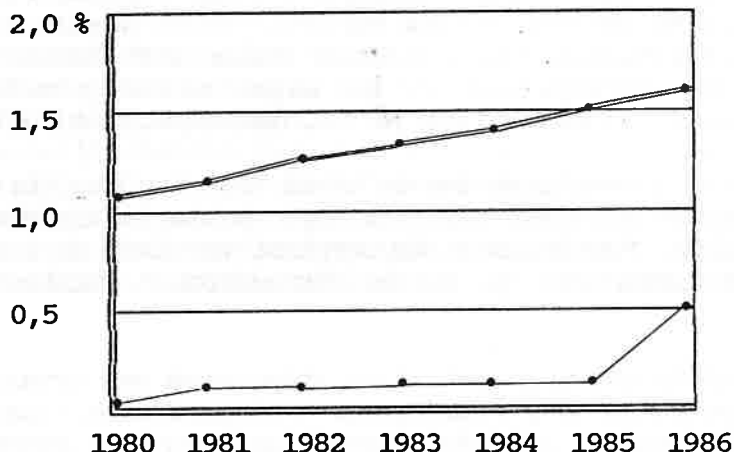
Salaojituksen kokonaisinvestointeina on tässä käytetty kunakin vuonna toteutuneiden salaojitushehtaareiden ja kustannusarvioiden keskimääräisen hehtaarikustannuksen tuloa. Tutkimukseen käytetyiksi varoiksi on laskettu tutkimukseen myönnetyt määrärahat ja suorat kustannukset, hallintokulut eivät sisälly lukuihin.

Suomen Salaojitusyhdistyksen perustamisen yhteydessä sen erääksi tarkoitukseksi määriteltiin kokeiden järjestäminen järkiperaisten salaojitussuunnitelmien käytäntöön saattamiseksi ja salaojitustöiden suorittamiseksi. Salaojitusyhdistyksen toiminta perustui kannattavuusperiaatteeseen, ts. suoritetusta työstä perittiin kulujen mukainen korvaus, eikä tutkimustoiminnan kustannuksia ei katsottu voitavan liittää tilakohtaiseen laskutukseen. Tutkimustoimintaan käytettiinkin valtionapuna saatuja varoja. Salaojitusyhdistyksen tutkimustoimintaan käyttämät varat olivat koekenttien perustamisvuosina, siis vuosina 1925 - 1932, noin 1 % salaojituksen kokonaisinvestoinneista.

1940-luvun lopussa ja 1950-luvun alussa salaojatutkimustoiminnan pääpaino siirtyi maataloushallituksen insinööriosastolle. Vuonna 1951 tutkimustoimintaan varattiin runsaasti varoja ja tutkimustoiminta oli laajaa. Koekenttien perustamisvuosina 1951 - 54 tutkimustoimintaan käytettiin varoja vuosittain keskimäärin 1,1 % kunkin vuoden salaojituksen kokonaisinvestoinnista. Vuonna 1955 tutkimustoimintaan käytettävät varat kuitenkin rajattiin silloiseen 3 miljoonaan markkaan, mikä vastasi vuonna 1955 enää noin 0,3 % salaojituksen kokonaisinvestoinnista. Tutkimustoimintaan varatut määrärahat säilytettiin ennallaan vuoteen 1966, jolloin osuus kokonaisinvestoinneista oli enää noin 0,09 %. Kuitenkin jo vuonna 1961 oli käynyt ilmi, ettei määrärahan puitteissa ollut enää edellytyksiä jatkaa toimintaa aikaisemmassa laajuudessa, minkä seurauksena tutkimustoimintaa supistettiin. Varsinaisen salaojatutkimuksen suorittaminen oli vähäistä muuallakin 1960- ja 1970-luvulla. Esimerkiksi Salaojitusyhdistys ei vuosikirjojen mukaan käyttänyt varoja salaojatutkimukseen lainkaan vuosina 1959 - 1976.

Salaojatutkimus vilkastui 1980-luvun alussa ja salaojitustutkimukseen käytettyjen varojen osuus salaojituksen kokonaisinvestoinneista kasvoi. Tutkimukseen käytettyjen varojen on arvioitu olleen vuonna 1981 noin 0,2 % ja vuonna 1986 noin 0,5 %. Vuonna 1986 Salaojatutkimuksen neuvottelukunta esitti, että salaojituksen tutkimustavoitteena on pitkällä tähtäyksellä pidettävä 2 % salaojituksen kokonaisinvestoinnista. Salaojitustutkimuksiin käytettyjen kustannusten osuus salaojituksen kokonaisinvestoinneista ja vertailun vuoksi Suomen tutkimusmenojen osuus bruttokansantuotteesta /1/ 1980-luvulla on esitetty kuviossa 1.

Salaojitustutkimusten rahoituksesta ovat tutkimusta suorittavien organisaatioiden lisäksi vastanneet mm. Suomen Akatemia, maa- ja metsätalousministeriö, maatilahallitus, Maa- ja vesitekniikan tuki ry, Maj ja Tor Nesslingin säätiö, Sven Hallinin säätiö ja Salaojituksen tukisäätiö.



Kuvio 1. Salaojituksen tutkimuspanos (%) salaojituksen kokonaisinvestoinneista (—) ja tutkimusmenojen osuus bruttokansantuotteesta (==) 1980-luvulla.

/1/ -Tutkimustoiminta 1983. Suomen virallinen tilasto XXXVIII:7. Tilastokeskus. Helsinki 1985.

-Arvio tutkimus- ja kehittämistoiminnasta 1981-1987. Tilastotiedotus, KO 1987:3.

### 3 SALAOJATUTKIMUS

Tässä luvussa tarkastellaan Suomen salaojatutkimusta eri aikakausina ensin tutkimuksen kohteiden osalta ja sitten käytettyjen tutkimustapojen perusteella. Luvussa tutkimukset on esitetty hyvin lyhyesti tai vain tutkimusten aiheet on mainittu. Tarkemmat tiedot tutkimuksista ja niiden tuloksista on esitetty aihepiireittäin ryhmiteltyinä luvussa 4.

#### 3.1 Tutkimuskohteet eri aikakausina

Salaojitusharrastuksen levitessä Suomeen salaojitustoiminta oli järjestäytymätöntä eikä ollut organisaatiota, joka olisi tehnyt suunnitelmia tai neuvonut salaojituksen toteuttamista. Salaojitusyhdistyksen perustamisen jälkeen saatiin Suomeen tällainen organisaatio, mutta tietämys salaojakysymyksistä perustui pääasiassa ulkomaisiin kokemuksiin. Tarvittiin normisto salaojituksen toteuttamisesta Suomen oloissa. Ensimmäinen tutkimukselle asetettu kysymys olikin, miten tiheään salaojia tulisi rakentaa erilaisista maalajeista muodostuneille pelloille. Ensimmäiset vuosikymmenet tutkimus keskittyikin salaojaetäisyyksien tutkimiseen. Ojaetäisyyttä tutkittiin perustettujen koealueiden avulla, mutta myös muita ojaetäisyyden määrittämistapoja tutkittiin. Ojaetäisyys ei kuitenkaan ollut ainoa tutkimuksen kohde, vaan myös salaojaputken suojaamista erilaisilla ympärysaineilla ja putkimateriaaleja tutkittiin.

Ojasyvyyttä ei 1920- eikä 1930-luvulla perustetuilla koekentillä tutkittu lainkaan, koska katsottiin Suomessa esiintyvän syvän roudan vaativan syviä salaojia. 1940-luvulla alkoi kuitenkin esiintyä arvostelua Salaojitusyhdistyksen käyttämää salaojasyvyyttä kohtaan, ja salaojasyvyyden vertaaminen ulkomaisiin, lähinnä Ruotsin normien mukaisiin salaojasyvyksiin herätti epäilyn Suomessa käytetyn salaojasyvyyden tarkoituksenmukaisuudesta. 1940-luvun lopulla ja 1950-luvulla tutkimustoiminta keskittyikin ojasyvyyden tutkimiseen. Ojasyvyyteen ja sen pienentämiseen liittyen tutkittiin myös maan routaantumista ja putkien roudankestokykyä. 1950-luvulla alkoivat myös salaojituskoneet yleistyä Suomessa ja koneiden ominaisuuksia tutkittiin ja varsinkin koneiden valmistajat tekivät omaa kehittämistyötään. Myyräojitus-tekniikka ja ruostesaostumien ehkäisy olivat muita tutkimuksen kohteita.

1960-luvulla salaojitustutkimus oli vähäistä ja eniten tutkimuksia tehtiin talvisalaojituksesta ja muoviputken sopivuudesta salaojaputkeksi. Muoviputki tuli markkinoille 1960-luvulla. 1970-luvulla tutkimuksen kohteena oli salaojatyömenekki ja tiili- ja muoviputkien ominaisuuksia vertaavat tutkimukset. Salaojitukseen läheisesti liittyvän tutkimuksen tutkimuskohteita olivat mm. maan tiivistyminen ja ravinteiden huuhtoutuminen.

Kaikkina aikakausina ollaan oltu kiinnostuneita salaojituksen kustannuksista ja kannattavuudesta. Ensimmäiset tutkimukset tehtiin jo 1920-luvulla ja lähes joka vuosikymmenellä on tehty jokin tutkimus tai selvitys. 1980-luvulla salaojituksen kustannuksista, kannattavuudesta ja hyödyistä on tehty jo useita tutkimuksia. Myös vanhojen salaojien kuntoa on tutkittu 1920-luvulta alkaen, viimeksi vuonna 1983.

1980-luvulla tutkimuksen kohteina ovat olleet salaojituksen kustannusten lisäksi salaojitusten vajaatoimivuus, aurojitus, salaojituksen mitoituksen vaikutus pellon satotasoon ja soraakorvaavat ympärysaineet. Salaojitukseen läheisesti liittyvää tutkimusta on tehty mm. ravinteiden viljelyksiltä huuhtoutumisesta, viljelyskasvien itämisestä, maan tiivistymisestä ja maan vedenläpäisevyydestä.



### 3.2 Kokeellinen tutkimustoiminta

#### 3.2.1 Koekentät

##### 1908-1949

Ensimmäinen koekenttä salaojituksen tutkimiseksi perustettiin siis vuonna 1908 maanviljelystaloudellisen koelaitoksen pellolle Tikkurilaan. Koe oli ojaetäisyyskoe. Myös seuraavat koekentät perustettiin salaojaetäisyyden tutkimiseksi. Vuosina 1925-1931 Salaojitusyhdistys perusti yhteensä seitsemän ojaetäisyyskoekenttää. Koekentillä suoritettiin ojaetäisyystutkimusten lisäksi muitakin salaojitustutkimuksia. Betoniputkien tutkimiseksi perustettiin koeojituksia ja myös ympärysainetutkimus aloitettiin vuonna 1926 Salaojitusyhdistyksen perustamalla Jokioisten ja Porvoon koekentillä. Tutkimuksissa selvitettiin mm. oljen, turpeen, soran ja ruokamullan ominaisuuksia ympärysaineena. Vanhojen tiiliputkien kuntoa tutkittiin kaivamalla vanhoja ojituksia auki ja ensimmäinen vertailu salaojitettujen ja avo-ojitettujen peltojen sadon suuruuksista tehtiin 1920-luvun alkupuolella. Salaojitustekniikkaakin kokeiltiin, ensimmäiset myyräojitukset tehtiin jo 1920-luvun loppupuolella.

Koetoiminta Salaojitusyhdistyksen koekentillä jatkui 1930-luvun. Kokeiden yhteydessä mitattiin mm. salaojista purkautuvia vesimääriä. Vuosina 1939-1949 lopetettiin Salaojitusyhdistyksen koekentistä kuusi. Suomen Suoviljelysyhdistys ja Maataloushallituksen insinööriosasto perustivat uusia koekenttiä 1930- ja 1940-luvulla. Suoviljelysyhdistys perusti vuonna 1931 Tohmajärvelle koekentän ojaetäisyyksien tutkimiseksi, ja koeasemalla verrattiin myös salaojitettujen ja avo-ojitettujen peltojen satoja. Vuonna 1947 Maataloushallituksen vesiteknillinen tutkimustoimisto perusti koekentän Jokioisiin Kotkanojalle ojaetäisyyksien ja ojasyvyyksien tutkimiseksi.

Maataloushallituksen insinööritoimisto perusti vuonna 1938 Vihtiin Maasojan vesitaloudellisen koekentän. Koekentällä oli tarkoitus selvittää maan vesitalouteen liittyviä kysymyksiä sekä veden viljelyskasveille aiheuttamaa vahinkoa tai haittaa. Koekentällä selvitettiin myös mm. vuosina 1940-43 roudan vaikutusta salaojaputkien kestävyYTEEN. 1940-luvulla myös Helsingin pitäjän Backaksessa tutkittiin salaojituksen vaikutusta maan lämpö- ja kosteusoloihin sekä maan routaantumiseen, ja Salaojitusyhdistyksen suoritti keväällä 1942 roudan syvyyttä koskevia mittauksia koko maassa.

##### 1950-luku

1950-luvulla Salaojitusyhdistys perusti Rovaniemelle Apukkaan ja Teuravuomalle Kolariin koekentät turvemaiden salaojituksen tutkimiseksi. Myös Salaojayhdistyksen Ruukin mutasuomaan kokeen havaintojen tekoa jatkettiin aina vuoteen 1956 saakka. Turvemaidella tutkittiin ojaetäisyyden, -syvyyden ja lautasalaojituksen lisäksi holvisalaojitusta ja reikäsalojien käyttömahdollisuuksia.

Maataloushallituksen vesiteknillinen tutkimustoimisto aloitti 1950-luvun alussa laajamittaisen salaojituskoetoiminnan. Vuonna 1951 perustettiin kolmelle valtionalle, Jokioisten kartanoiden pelloille, Muhokseen Koivikon koulutilalle ja Maatalouskoelaitoksen pelloille Helsingin pitäjän Tikkurilaan koekentät. Koekenttiä täydensivät yksityisille tiloille perustetut erilliset koalueet. Koalueilla selvitettiin ojaetäisyyksiä, ojasyvyyksiä, ojattomuutta ja rinnemaiden ojitusta. Rinnemaiden ojitustarvetta selvitettiin edellisten lisäksi mm. laidunkoeasemalla Mouhijärvellä sekä Lintupajun tilalla Jokioisissa. Maataloushallituksen aloittaman ojituskoe-



toiminnan yhteydessä perustettiin maahamme myös toistakymmentä myyräojituskoeluetta. Koetoiminnan tehtävänä oli myyräojien etäisyyteen ja syvyyteen kohdistuvan tutkimuksen lisäksi selvittää mm. millä tavoin ja mahdollisesti mitä lisäaineita käyttäen myyräkanavan seinämien kestävyyttä voitaisiin lisätä ja ojituksen toiminta-aikaa näin pidentää.

Kenttäkokein tutkittiin 1950-luvulla lisäksi raudan salaojiin saostumisen ehkäisemistä kalkin, kuparin ja vesilukkojen avulla, ja myös salaojaputken liettymisen riippuvuutta mm. ojan pohjan epätasaisuudesta ja ojan kaltevuudesta. Muita 1950-luvulla koekentillä tehtyjä tutkimuksia olivat tutkimus salaojakaivukoneiden ominaisuuksista, pohjaveden korkeutta salaojitetulla ja avo-ojitetulla alueella vertaileva tutkimus ja tutkimus vuosina 1850-1880 tehtyjen salaojitusten kunnosta ja putkimateriaalista.

#### 1960-luku

1950-luvun lopun jälkeen salaojituskoekenttien rakentaminen ja salaojatutkimus yleensä tyrehtyi. 1960-luvun ainoa uusi ojaetäisyysskoel järjestettiin Vaalassa, Pelsonsuon Hallakoeasemalla vuosina 1961-1974. Koekentällä seurattiin mm. salaojaetäisyyden vaikutusta pohjaveden korkeuteen ja tutkittiin tarpeemmukaista salaojitusta ja maan routaantumista. Salaojitus työn kausiluontoisuuden poistamiseksi ryhdyttiin keväällä 1963 järjestelmällisesti selvittämään peltomaiden salaojittamista talvella. Talvisalaojituskokeilujen yhteydessä tutkittiin kenttäkokein mm. sepelin, vuorivillan ja lasivillan soveltuvuutta salaojien ympärystään.

#### 1970-luku

1970-luvulla perustettiin useita koekenttiä läheisesti salaojitukseen liittyvistä aihepiireistä, varsinaisia salaojituskoekenttiä perustettiin vain muutama. 1970-luvun loppupuolella Salaojakeskus tutki noin 30 tilan vedenalaisten salaojien toimintaa ja Muhoksella sijaitsevalla Koivikon koulutilalla aloitettiin vuonna 1976 tavallisen ja vedenalaisen ojituksen vertailukoel. Salaojitus työnmenekkiä selvitettiin työmailla ja myös mm. erilaisilla peltokuvioityypeillä tehtiin työmenekkitutkimuksia. Laite- ja materiaalivalmistajat tutkivat tuotteitaan kenttäolosuhteissa ja perustivat omia koekenttiä 1970-luvulla. Kurpan konepaja kokeili 1970-luvun alussa mm. täysautomaattista putkenlaskukonetta ja Paloheimo-yhtymä on tutkinut putkimateriaalin ominaisuuksia kenttäkokein vuodesta 1978 lähtien.

1970-luvulla salaojitukseen läheisesti liittyviä koekenttiä perustettiin mm. maan tiivistymisen ja viljelyksiltä tapahtuvan ravinnehuuhtouman tutkimiseksi. Vuosina 1973-1975 Maatalouden tutkimuskeskus ja Vakola suorittivat yhteistyönä tutkimuksia maan tiivistymisestä ja vuosina 1975-1979 tutkimuksiin osallistui myös Helsingin yliopiston maanviljelyskemian laitos. Kokeita suoritettiin Pakankylän tilalla Espoossa, Lounais-Suomen koeasemalla Mietoissa, Kymenlaakson koeasemalla Anjalassa sekä Keski-Suomen koeasemalla Laukaalla. Maan tiivistymisen vaikutusten selvittämiseksi käynnistettiin keväällä 1979 myös Teknillisessä korkeakoulussa kokeellinen tutkimus. Tutkimus tehtiin mautiloilla Loimaalla ja Somerolla.

1970-luvun puolivälissä perustettiin useita koekenttiä pelloilta huuhtoutuvien ravinne määrien tutkimiseksi. Maatalouden tutkimuskeskuksen toimesta perustettiin vuonna 1975 Jokioisiin ja Vesihallituksen toimesta vuosina 1977-1978 Liperiin ja Maaningalle huuhtoutumiskoekentät. Huuhtoutumistutkimuksia on tehty myös analysoimalla valuma-alueilta mitattuja suureita. Tutkimuskohteina ovat olleet mm. Lounais-Suomen tehokkaasti viljellyt alueet ja Kyrönjoen vesistöalueen happamat sulfaattimaat. Avo- ja salaojitettujen alueiden valuntaa on verrattu mm. Liesnevan metsäkoejitusalueella ja pisimmät valumahavaintosarjat viljelysmailta ovat vesi- ja ympäristöhallituksen vuonna 1972 perustetulta koekentältä Vihdistä.

### 1980-luku

Salaojituskoekenttiä on perustettu 1980-luvulla useita. Koekentillä on tutkittu ja tutkitaan salaojitusten toimintahäiriöitä ja kuivatuksen tehostamista. Salaojitustyömailla on tutkittu työmenekkiä sekä aurojitusta. Maatalouden tutkimuskeskus on perustanut 1980-luvulla koekenttiä sorasalaojituksen, salaojien kaivuleveyden, ojaetäisyyden, ympäryksineiden, vajaatoimivuuden, salaojien täyttötavan ja maanpinnan muotoilun sekä syväkynnön tutkimiseksi. Tutkimuskeskus on perustanut koekenttiä sekä savi- että turvemaille. Savimaiden koekentät sijaitsevat Jokioisissa ja osa turvemaiden kentistä Pohjois-Pohjanmaan koeasemalla Ruukissa. Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitos aloitti kesällä 1984 tutkimuksen maan tiivistymisen aiheuttamien toimintahäiriöiden korjaamiseksi. Koekenttiä perustettiin Lopelle, Urjalaan, Outokumpuun ja Viikkiin. Myös Salaojakeskus ja Salaojituksen tutkimusyhdistys ovat perustaneet koekenttiä käytännön viljelyssä oleville pelloille. Koekenttiä on perustettu tiivistyneiden maiden salaojituksen tehostamisen tutkimiseksi Loimaalle ja Turenkiin, turvemaiden salaojituksen tutkimiseksi Jalasjärvelle ja Lappiin ja salaojavaluman tutkimiseksi Nurmijärvelle. Kaikki koekentät on perustettu 1980-luvulla.

Myös maan tiivistymisen ja ravinteiden huuhtoutumisen tutkimiseen on perustettu koekenttiä 1980-luvulla. Maatalouden tutkimuskeskus perusti syksyllä 1981 kenttäkokeen suuren akselipainon vaikutuksesta eri maalajien tiivistymiseen. Huuhtoutumistutkimuksia varten rakensi Vesihallitus vuonna 1982 Tohmajärvelle Maatalouden tutkimuskeskuksen käyttöön koekentän ja Oulun Yliopiston, Vesihallituksen sekä osaksi Kemiran, Salaojakeskuksen ja Maatalouden tutkimuskeskuksen yhteistyönä perustettiin Limingan Ruhko-ojan alueelle vuonna 1984 koealue happamien sulfaattimaiden ojituksen tutkimiseksi. Vesi- ja ympäristöhallitus on lisäksi perustanut vuonna 1986 koekentän peltoviljelyn pohjavesivaikutuksien tutkimista varten ja vuonna 1987 koealueen erilaisten viljelymenetelmien vaikutuksen valumavesien määrään ja koostumukseen tutkimiseksi.

### 3.22 Laboratoriokokeet

Salaojatutkimuksia on tehty kenttäkokeiden lisäksi myös laboratoriossa. Laboratoriokokeita on tehty eniten maan ominaisuuksista, ympäryksineistä ja putkimateriaaleista. Osa laboratoriokokeista on tehty yliopistojen, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten omilla laboratorioissa ja osa toimeksiantoina mm. Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa. Seuraavassa on lyhyesti käyty läpi eräitä laboratorioissa tehtyjä tutkimuksia.

Lauri Keso aloitti salaojituksen liittyvät laboratoriokokeet selvittäessään maanviljelyssä olevien maalajien ominaisuuksia ja luokitellessaan maalajit näiden ominaisuuksien perusteella. 1920-luvulla Keso suoritti laboratoriokokeita myös laatikkosalaojien veden johtokyvystä ja 1930-luvulla veden pääsystä salaojaputkeen. Viljelykasvien kykyä kestää vesipeittoa tutkittiin vuonna 1934 suorittamalla astiakokeita sekä näitä täydentäviä kenttätutkimuksia.

1950-luvulla tutkimus keskittyi kenttätutkimuksiin, mutta myös muutamia tutkimuksia tehtiin laboratoriossa. Mm. vuonna 1953 valmistuneessa diplomityössä selvitettiin turpeen koostumusta, maatumisastetta, kuormitustilaa sekä luonnontilassa olevan turvemaan horisontaali- ja vertikaalisuuntaista vedenläpäisykykyä. Laboratoriokokeita suoritettiin 1950-luvulla lisäksi määritettäessä salaojituksissa käytetyn soran rakeisuutta ja selvitettyä kairatujen puuputkien paineen kestävyttä ja vedenjohtokykyä.

Taulukko 1. Varsinaiset salaojituskentät

Kokeen perus- tamis- ja lopetusvuosi	Sijainti	Maalaji	Tutkimus- kohde	Perustaja
1908-1926	Tikkurila, Änä	hiesusavi	OE	MVTK
1925-1949	Jokioinen, Kartanot	aitosavi	OE, VAS, YA, VA	SK
1925-1940	Porvoo, Kiiala	urpasavi	OE, VAS, VA	SK
1926-1939	Kangasala, Vääksy	hiesusavi	OE, VAS, VA	SK
1926-1944	Kauhava, Jokiniemi	urpahiesu	OE, VAS, VA	SK
1927-1939	Köyliö, Kepola	hiekkahieta	OE, VAS, VA	SK
1930-1956	Revonlahti, Ruukki	mutasuo	OE, VAS	SK
1931-1944	Tammela, Mustiala	rahkaturve	OE, VAS	SK
1931-	Tohmajärvi	corpisuo	OE, VAS	SSV
1940-1943	Vihti, Maasoja	hiesusavi	P	MAT
1947-	Jokioinen, Kotkanoja		OE, OS	MAT
1947/51/53-	Jokioinen, Lammintie	jäykkä savi	OE, OS	MAT
1949-1950	Utajärvi	rahkasaraturve	R	HY
1953-	Jokioinen, Lintupaju	hiesusavi	OE	MAT
1951/1953-	Muhos, Koivikko	hiesuhieta	OE, OS	MAT
1951/53	Tikkurila, Rekola	savi	OE, OS	MAT
1952-	Mouhijärvi, LK	savi	OE, OS	LK
1950-	Rovaniemi, Apukka	turve	OE	SK
1950-luku	Kolari, Teuravuoma	turve	OE	SK
1958-	Pelso, Hallakoeasema	saraturve	OE, OT	SSV
1964-	Jokiniemi, Ruotsinpyhtää		YA	AHL
1965-	Askola, Lappeenranta		YA	PAR
1976-	Muhos, Koivikko	karkeahieta	VS	SK
1982-	Loppi	hieta	YA	PALO
1984-	Jokioinen, Korpela	aitosavi	SR, PM, KL	MITK
1984-	Mietoinen	aitosavi	SR	MITK
1984-	Liminka, Ruhko-oja	sulfaattimaa	OE	mm. OY, VYH
1984-	Nurmijärvi, Houni	hietasavi	VA	SK
1984-	Jalasjärvi, Soini	turve	VT	SK
1984-	Loppi	turve	TO	HY
1984-	Urjala	savi	SU, TO, SR	HY
1984-	Viikki	savi	SR	HY
1984-	Outokumpu	siltti, turve	TO	HY
1985-	Jokioinen, Ojainen	savi	VT	MITK
1985-	Jokioinen, Kuuma	savi	VT	MITK
1986-	Jokioinen, Pellilä	savi	SR, OE	MITK
1986-	Turenki, Jaakonsaari	hiesusavi	SU	SK
1986-	Loimaa, Perho	aitosavi	SU	SK
1987-	Ruukki	turve	MP, SK	MITK
1987-	Koijärvi	turve	OT	MITK

Merkkien selitykset:

KL = kaivuleveys	AHL = A.Ahlström Oy
OE = ojaetäisyys	LK = Laidunkoeasema
OS = ojasyvyys	MAT = maataloushallitus
OT = ojantäyttökoe	MITK = Maatalouden tutkimuskeskus
PM = putkimateriaali	MVTK = Maanviljelystaloudellinen koelaitos
R = ruostetutkimus	OY = Oulun yliopisto
SR = sorasalaojitus	PALO = Paloheimo Oy
SU = suoto-ojitus	PAR = Paraisten Kalkkivuori Oy
TO = täydennysojitus	SK = Suomen Salaojitusyhdistys
VA = valumakoekenttä	SSV = Suonviljelysyhdistys
VAS= vertailu avo/salaojitus	VYH = vesihallitus/ vesi- ja ympäristöhallitus
VS = vedenalainen ojitus	
VT = vajaatoimivuus	
YA = ympärysaineet	

Taulukko 2. Salaojitukseen läheisesti liittyvät koekentät

Kokeen perus- tamis- ja lopetusvuosi	Sijainti	Maalaji	Tutkimuskohde
1938-1970-luku	Vihti, Maasoja	turve, savi	vesitalous
1939-1942	Hki pit., Backas	aitosavi	routa, kosteus, lämpötila
1953-1970	Vihti, Hovi		kalibrointi
1971-	- " -		valunta
1957-1962	Tikkurila	savi	tiivistyminen
1967-1974	Laukaa	hiesu	syväkyntö
1970-1979	Tikkurila	hiesu-, hietasavi	kylvöaika
1970-			tiivistyminen
1973-1975	Pakankylä, Espoo	hiesusavi	tiivistyminen
1975-	Pakankylä, Anjala		tiivistyminen
	Mietoinen, Laukaa		tiivistyminen
1975-	Jokioinen	savi	huuhtouma
1977-	Liperi	savi	huuhtouma
1978-	Maaninka	kivennäismaa	huuhtouma
1982-	Tohmajärvi	turve	huuhtouma
1980-	Jokioinen	aitosavi	kylvöaika
1981-	Jokioinen	aitosavi, hiesu	tiivistyminen
1983-	Jokioinen	savi	viljelytekn./vedenl.
1984-	Jokioinen	savi	suorakylvö, penkkiv.
1986-	Maaninka		huuhtouma
1987-	Aurajoki		erosio

Muoviputki tuli markkinoille 1960-luvulla ja silloin sen ominaisuuksia selvitettiin useassa tutkimuksessa laboratoriokekein. Muovista valmistettujen salaojaputkien tutkimukset aloitettiin vuonna 1962. Tutkimuksia suoritettiin mm. Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen geoteknisessä laboratoriossa ja niissä selvitettiin muovin ja muovista valmistettujen salaojaputkien lujuus-tekniisiä ominaisuuksia. Vuonna 1964 laboratoriotutkimuksia jatkettiin selvittämällä PVC-putkien pitkäaikaista lujuutta. Muoviputken lisäksi myös tiiliputki oli laboratoriokeiden kohteena. Tiiliputkien ominaisuuksia ja mahdollisuuksia pienentää putken seinämän paksuutta tutkittiin vuosina 1965-1967. Myös salaojien ympärysaineita tutkittiin laboratoriokekein. Vuonna 1965 selvitettiin A.Ahlström OY:n toimeksiannosta lasivillan soveltuvuutta salaojaputkien ympärysaineeksi VTT:n geoteknisessä laboratoriossa. Lisäksi kesällä 1968 ja 1969 suoritettiin Maasojan koekentällä Vihdissä joukko mallikokeita, joiden tarkoituksena oli selvittää, millä tavoin eri suuruiset maahiukkaset kulkeutuvat eri vedennopeuksilla erilaisissa salaojaputkissa.

1970-luvulla laboratoriotutkimuksia tehtiin salaojasorasta ja salaojaputkien ominaisuuksista. Rathmayer selvitti 1970-luvun alussa VTT:n geoteknisessä laboratoriossa suodatinsoralle asetettuja reunaehtoja ja etsi kokeellisesti erilaisille suomalaisille maalajeille soveltuvia suodatinsoralaatuja. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden laboratoriossa suoritettiin 1970-luvun lopussa tutkimuksia tiili- ja muoviputken vedenotto- ja -johtokyvystä ja myöhemmin suoritettiin täydentävä tutkimus, jonka pääasiallisena tarkastelukohteena oli vedenottokyvyn riippuvuus putkia ympäröivän maa-aineksen rakeisuudesta ja tiiviyydestä. Myös ravinteiden huuhtoutumisesta maasta tehtiin laboratoriokeita 1970-luvulla.

1980-luvulla on laboratoriotutkimuksia tehty mm. maan vedenläpäisykyvystä, kosteuden vaikutuksesta viljakasvien itämiseen, rikin hapettumisesta ja huuhtoutumisesta sulfaattimaista sekä ympärysaineiden ominaisuuksista. Vuonna 1986 mitattiin Teknillisen korkeakoulun laboratoriossa tehdyn diplomityön ja Maatalouden tutkimuskeskuksessa tehdyn pro gradu -työn yhteydessä maan vedenläpäisevyyksiä. Vuonna 1986 valmistui myös toinen salaojitukseen läheisesti liittyvä diplomityö Teknillisessä korkeakoulussa, jossa suoritettiin laboratoriotutkimuksia. Työssä selvitettiin maaveden jännityksen ja lämpötilan vaikutusta kevätvehnän ja ohran itämiseen. Salaojakeskuksessa selvitettiin kesällä 1986 Suomessa käytettävän salaojatoran laatua kuivaseulonalla. Viimeksi laboratoriotutkimuksia on tehty salaojien ympärysaineista. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden laboratoriossa tehtiin vuonna 1987 kaksi laboratoriotutkimusta. Toisessa tutkimuksessa selvitettiin sahanpurun soveltuvuutta salaojan ympärysaineeksi. Toinen tutkimus oli esitutkimus esipäälylystettyjen salaojaputkien suodatinominaisuuksista.

### 3.3 Kirjallisuus- ja mallitutkimus

Salaojituksen alalta kirjallisuustutkimuksia tai selvityksiä on tehty kunkin tutkimuksen kirjallisessa osassa, mutta myös pelkästään kirjallisuutta selvittävätkin tutkimusta on tehty. Kirjallisuus selvitykset ovat usein tehty yliopistojen tai korkeakoulujen seminaareja varten tai tutkintovaatimuksiin kuuluvina erikoistoina.

Varsinaisia kirjallisuusselvityksiä on tehty eniten viime vuosikymmeninä. Teknillisessä korkeakoulussa 1978-79 pidetyn vesitalouden seminaarin aiheena oli salaojitus ja seminaarista tehdyssä julkaisussa on useita salaojitusalan kirjallisuusselvityksiä. Seuraavana vuonna pidetyssä seminaarissa aiheena oli maaperän kosteusolojen problematiikka ja siinä on kirjallisuusselvityksiä salaojitukseen läheisesti liittyvistä alueista. Myös Salaojakeskuksen toimesta on tehty kirjallisuusselvityksiä. Vuonna 1977 valmistui kirjallisuuskatsaus vuosina 1972-1977 ilmestyneistä peltosalaojitukseen liittyvistä tutkimuksista käsittäen myös ulkomaalaiset tutkimukset. Vuonna 1982 ilmestyi kirjallisuustutkimus "Kookoskuitukankaan ominaisuudet salaojan ympärysaineena" ja vuonna 1984 kirjallisuusselvitykset "Maan rakenne salaojatutkimuksissa" ja "Salaojatoran laatuvaatimuksista". Vuonna 1987 valmistui kirjallisuustutkimus "Salaojaputken ympärysaineet" erikoistytöinä Teknillisessä korkeakoulussa Salaojituksen tutkimusyhdistyksen rahoittamana.

Salaojituksen mitoittamiseen on ulkomailla kehitetty erilaisia kaavoja ja malleja, ja jo salaojituksen alkuaikoina käytössä oli erilaisia mitoitusyhtälöitä, jotka perustuivat maan ominaisuuksiin mm. raekokoon. Tutkimuksessaan "Kulttuuritekniillisiä maaperätutkimuksia erityisesti ojaetäisyyttä silmällä pitäen" Lauri Keso tutki näiden kaavojen soveltuvuutta Suomen oloihin. Myöhemmin ojaetäisyyksien laskennalliseen määrittämiseen on kehitetty uusia veden virtausyhtälöihin perustuvia ojitusyhtälöitä. Näiden soveltuvuutta Suomen oloihin on tutkittu Teknillisessä korkeakoulussa tehdyssä diplomityössä vertaamalla laskennallisesti saatuja arvoja pellolla käytettyihin arvoihin. Myös salaojituksen kustannusten arviointia on myös pyritty mallittamaan. Varsinaisia salaojitusmalleja on Suomessa kehitetty vain yksi. Vuonna 1988 valmistuneessa väitöskirjassaan Karvonen esitti kehittämänsä mallin, jonka avulla voidaan arvioida salaojituksen vaikutus pellon satotason, kun meteorologiset tiedot, maaperän ominaisuudet ja kuivatuksen tehok-

kuus tunnetaan. 1980-luvulla on Helsingin yliopiston maatalousekonomian laitoksella kehitetty malleja salaojituskustannusten ja -hyötyjen arvioimiseksi.

### 3.4 Kyselyt ja mielipidetiedustelut

Salaojituksen alkuaikoina kyselyitä tehtiin lähinnä salaojituskustannusten osalta. 1950-luvulla kyselyitä tehtiin myös muista aiheista. Mm. syksyllä 1951 Maataloushallituksen vesiteknillisen tutkimustoimisto suoritti kyselyn, jonka tarkoituksena oli selvittää mm. risuriuku- ja kiviojituksen erilaiset tekotavat, toimintakyky ja kesto aika. Vuonna 1952 epätavallisen viileän ja sateisen kesän jälkeen maataloushallituksen vesiteknillinen tutkimustoimisto suoritti uuden tiedustelun, jonka avulla pyrittiin selvittämään sekä kuivatuksessa yleensä esiintyviä puutteita että sitä, mikä vaikutus ojitustavalla on peltoviljelystöiden suoritusmahdollisuuksiin tällaisissa oloissa. Kolmas 1950-luvulla järjestetty kysely oli myös maataloushallituksen maa- ja vesiteknillisen tutkimustoimiston järjestämä, ja siinä pyydettiin viljelijöiltä tietoja mm. ojituksissa esiintyneistä tukkeumista ja niiden syistä.

1970-luvun lopussa ja 1980-luvulla tehtiin useita kyselyjä liittyen salaojituksen hyötyihin. Maanviljelijöiltä tiedusteltiin mm. tehtyjen salaojituksen kustannuksia, hyötyjä, rahoitusta sekä ojitushalukkuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Myös salaojituksen toimivuutta on kyselty 1980-luvulla.



## 4 TUTKIMUSTULOKSET

### 4.1 SALAOJITUKSEN MITOITUS

#### 4.11 Ojaetäisyys

Salaojaetäisyyden määrittämiseen on sen jälkeen kun suunnitelmallinen salaojitus viime vuosisadan alkupuolella tuli käytäntöön, kiinnitetty eri maissa suurta huomiota. Kehitettiin matemaattisia menetelmiä, jotka yleensä perustuivat maalajien rakenteeseen: hiukkassuuruuteen, tiiviyyteen ja läpäisykykyyn. Aina 1920-luvulle saakka pyrittiin imuojaetäisyydet määrittämään meillä Saksassa ja Tšekkoslovakiassa esitettyjen teorioiden antamien ohjeiden mukaan (Rauste 1939).

Keso epäili, että kyseisten teorioiden perusteet eivät anna oikeata pohjaa eri maalajien kuivatustarpeen arvioimiselle. Lähinnä tästä syystä hän selvitti, mitä ojaetäisyyksiä eri maalajeissa jouduttaisiin meillä käyttämään näiden menetelmien mukaan. Tulokset Keso julkaisi teoksessaan "Kulttuuritekneillisiä maaperätutkimuksia erityisesti ojaetäisyyttä silmälläpitäen" (Keso 1930). Tutkimus osoitti, että menetelmiä käyttäen saatiin toisistaan huomattavasti poikkeavia ja jopa ristiriitaisia ojaetäisyyssarvoja. Keson mielestä todella tarkoituksenmukaisia etäisyyssarvoja oli saatavissa vain pitkäaikaisten eri maalajeja käsittävien ojaetäisyyssarvojen avulla. Ojaetäisyyteen liittyvät tutkimukset ovatkin olleet pääasiassa kenttäkokeita, vasta 1980-luvulla on erilaisten laskentamenetelmien soveltuvuutta ojaetäisyyteen tutkittu uudelleen.

#### Ensimmäinen ojaetäisyyssarvo 1908-1926

Ensimmäisen salaojien etäisyyssarvon järjesti vuonna 1908 prof. Hallakorpi silloisen maanviljelystaloudellisen koelaitoksen pelloille Jokiniemi-nimiselle (Anäs) tilalle Tikkurilaan. Salaojien etäisyydet olivat kokeessa 8, 10.5, 13 ja 15 m, ja maalaji oli tiivistä hiesusavea. Kokeen tarkoituksena oli tutkia, miten etäälle toisistaan salaojat voidaan sijoittaa satojen kärsimättä maan kosteudesta. Kokeen 13-vuotisten tulosten perusteella ei ole todettavissa selvää riippuvuussuhdetta satomäärien ja käytettyjen ojaetäisyyksien välillä, vaikka satovertailukauden aikana vv. 1914-1926 sattui sekä erittäin sateisia että kuivia kesiä (Hallakorpi 1917, Juusela 1953, Pälikkö 1967, Simola 1936).

#### Suomen Salaojitusyhdistyksen koekentät 1925-1956

Salaojien etäisyyssarvojen selvittelyllä oli keskeinen asema salaojituskoetoiminnassa usean vuosikymmenen ajan; pyrittiin löytämään olosuhteisiimme soveltuvat ojavälit eri maalajeissa. Salaojitusyhdistys perusti ins. Keson (myöskin prof.) johdolla vuosina 1925-1931 yhteensä seitsemän ojaetäisyyssarvoa. Koekenttien suuruus oli 1.5-2 ha ja niillä oli salaojien etäisyyssarvojen selvittämiseksi suoritettu salaojitus neljää tai viittä toisistaan poikkeavaa ojaetäisyyttä käyttäen (taulukko 3). Kokeita järjestettiin seitsemälle pelloissamme yleisimmin tavattavalle maalajille. Ojien syvyys oli kaikissa kokeissa sama, noin 120-130 cm putken päältä mitattuna. Koekentillä seurattiin mm. pohjavedenkorkeuksia ja satojen suuruuksia.

Ennen koekenttien hyväksymistä kokeeseen niillä oli tehty tutkimus maan fysikaalisista ja osittain myös kemiallisista ominaisuuksista, pohjavesisuhteista sekä kasvuston tasaisuudesta. Tulokset maiden fysikaalisista ominaisuuksista Keso on esittänyt v. 1930 ilmestyneessä julkaisussa "Kulttuuritekneillisiä maaperätutkimuksia erityisesti ojaetäisyyttä silmälläpitäen".

Taulukko 3. Salaojitusyhdistyksen salaojituskoekentät kivennäismailla.

Kokeen perustamis- vuosi-lopetusvuosi	Sijainti	Maalaji	Salaojaetäisyys
1925-1949	Jokioinen, Kartanot	aitosavi	12.5, 15, 17.5, 20, 22.5
1925-1940	Porvoo, Kiiala	urpasavi	15, 20, 25, 30, 35
1926-1939	Kangasala, Vääkysy	hiesusavi	10, 12.5, 15, 17.5, 20
1926-1944	Kauhava, Jokiniemi	urpahiesu	13, 17, 21, 25
1927-1939	Köyliö, Kepola	hiekkahieta	15, 20, 25, 30
1931-1944	Tammela, Mustiala	rahkaturve	22, 34, 45, 56

Kokeet jatkuivat koko 1930-luvun. Vuonna 1939 hietamaan koe Köyliön Kepolassa ja tiiviin hiesusaven koe Kangasalan Vääkysyssä lopetettiin. Sodista johtuen havaintojen teko ei 1940-luvun alussa ollut yhtä säännöllistä kuin aikaisemmin ja sotien jälkeen kiinnostus ojaetäisyyskokeita kohtaan väheni. Salaojitusyhdistyksen vuosikertomuksessa v. 1945 todetaankin, että ojaetäisyyskokeista tehtiin havaintoja vain aitosavi- ja mutasuomaalla (saraturve). Mutasuomaalla havaintoja jatkettiin vuoteen 1956 saakka, aitosavimaalla ne lopetettiin jo 1949 (Salaojitusyhdistyksen vuosikertomukset 1925-1956).

Koetoiminnan tuloksia ei, eräitä erillisiä havaintoja lukuunottamatta (mm. Keso 1940 "Ojaetäisyyskoe urpasavimaalla", Kankare 1956 "Jokioisten ojituskoekentän pohjavesihavainnot vuosilta 1928-1941"), ole saatettu julki suuteen. Juuselan (1953) mukaan tämä on johtunut siitä, että koejärjestely oli ojaetäisyyksiin nähden tarkoituksenmukainen vain aitosavi-, hiesusavi- ja mutasuokokeessa. Hiekka-, hieta-, urpahiesu- (löyhä savihiesu), urpasavi- ja mutasuomaalla ojaetäisyydet olivat liian pienet ja rahkaturpeella liian suuret. Lisäksi hiesusavella oleva koealue osoittautui maalajieroavaisuuksien vuoksi epäonnistuneeksi ja mutasuokokeessa ojituksen toiminta oli rautasaostumisen vuoksi jatkuvasti epätyydyttävää. On kuitenkin otaksuttavaa, että myös näistä kokeista saadut tulokset ovat vaikuttaneet meillä salaojituksessa käytettyjen ojaetäisyyksien valintaan.

Kiialassa tehdyt ojaetäisyyskokeet osoittivat, että aikaisemmin käytetyn 14 m ojaetäisyyden sijasta urpasavimailla voitaisiin käyttää 80-100 metrin ojavälejä, ojasyvyyden ollessa 1.0 m. Tutkimuksessa todettiin tiiviimpienkin savien suhteellisen hyvä vedenläpäisevyys, vieläpä niiden ollessa roudassa (Keso 1940). Jokioisten koekentällä tehtyjen pohjavesimittausten tulosten perusteella pohjavesisuhteiden kannalta edullisin salaojaetäisyys aitosavimaalla olisi 12.5 m (Kankare 1956).

1950-luvulla Salaojitusyhdistys tutki Rovaniemelle Apukkaan rakennetulla koekentällä turvemaiden salaojitusta. Tässä kokeessa tutkimuskohteena oli ojitusyvyys ja ojaväli. Ojasyvyys oli koetta perustettaessa 80, 110 ja 140 cm. Ojavälit olivat 15, 20, 30 ja 45 m. Ojitusmateriaali oli lauta- ja tiiliputki. Edellisen lisäksi Salaojitusyhdistys perusti turvemaan koekentän 1950-luvulla myös Teuravuomalle Kolariin (Juusela 1953). Valtaosa tästä kokeesta oli tehty puuputkella. Koe näyttää jääneen kokonaan hoitamatta (Kivisaari 1984).

#### Suomen Suonviljelysyhdistyksen ojituskoe

Samana vuonna (1931), kun oli perustettu Mustialan rahkasuokoe, perusti Suonviljelysyhdistys Tohmajärvelle salaojituskoekentän. Koejäsenenä olivat 10, 20, 30 ja 40 m:n imuojaetäisyydet ja alkuperäinen salaojasyvyys oli 120 cm. Kokeessa käytettiin yleensä kaura-heinävuorottelua (Kotiaho 1953, Juusela 1953). Kotiahon (1953) mukaan koe osoitti mm., että kokeessa olisi pitänyt



olla vielä heikommin kuivatettuja koejäseniä kuin 40 m:n imuojaetaisyys, sillä parhaimmat heinäsadot saatiin suurimmalla ojaetaisytydellä pohjaveden ollessa lähellä maanpintaa. Kauran suurimmat sadot olivat vaatineet keskimäärin voimakkaamman kuivatuksen kuin heinän. Parhaat satotulokset saatiin pääasiassa 10 m:n imuojaetaisytydellä. Lisäksi koe osoitti, että salaojitusta käytettäessä on vaarana, että suo ilman pohjaveden padotusta kuivuu liikaa. Koekentät ovat jo pitkään olleet tutkimustoiminnan ulkopuolella (Kivisaari 1984).

Taulukko 4. Salaojituskoekentät turvemilla 1930- ja 1950-luvulla.

Sijainti	Perustettu	Ojaetaisyys	Ojasyvyys
Revonlahti			
Ruukki	1930	17,24,31,38	120
Tohmajärvi	1931	10, 20, 30 ,40	120
Rovaniemi			
Apukka	1950	15, 20, 30, 45	80, 110, 140
Kolari			
Teuravuoma	1950	-	-
Pelso			
Hallakoeasema	1958	10, 20, 30, 40	90

Maataloushallituksen ojaetaisytytkoekentät 1950-1960-luvulla

Sotien jälkeen vuonna 1947 perustettiin Jokioisiin silloisen Maataloushallituksen vesiteknillisen tutkimustoimiston aloitteesta mm. ojaetaisytyden jäsyytyden selvittelyä varten koekentät. Kokeessa ojien etäisytydet olivat 12, 18 ja 24 m ja syvytydet 30, 60, 90 ja 120 cm (Juusela 1953).

1951 liitettiin Maataloushallituksen vesiteknillisen tutkimustoimiston tehtäviin entistä tuntuvasti laajemmaksi suunniteltu salaojitusmenetelmien kehittämistä ja salaojituskustannusten alentamista koskeva koe- ja tutkimustoiminta. Tutkimuksia johti tekn.tri T.Juusela. Niiden ensisijaisiksi kohteiksi tulivat edelleen salaojien etäisytyden- ja syvytykysymykset. Tutkimustoiminnan rungon muodostivat kolmelle valtioneillalle, Jokioisten kartanoiden pelloille, Muhokseen Koivikon koulutilalle ja Maatalouskoelaitoksen pelloille Helsingin pitäjän Tikkurilaan, perustetut koekentät (taulukko 5). Alunperin tiloja piti olla neljä, mutta jostain syystä yksi tila jouduttiin jättämään pois (Kivisaari 1984).

Taulukko 5. 1950-luvun alussa valtion tiloille perustetut salaojetaisytyden ja -syvytykset (Juusela 1960, Kivisaari 1984).

Sijainti	Perustettu	Maalaji	Ojaetaisytyden	Ojasyvytyden
Jokioinen				
Kotkanoja	1947		12,18,24	30,60,90,120
Lammintie	osaksi 1947	jäykkä savi	16,32	120
	osaksi 1951-1953		15	60,90,120
Lintupaju (rinneojituskoee)	1953	hiesusavi	18,36	90
Muhos				
Koivikko	1951-1953	hiesuhieta	19 19,38	60,90,120,150 90,120
Tikkurila				
Rekola	1951-1953	savi	16,32 10,16	90,120 60,90,120

Tikkurilan ojaetäisyyskokeiden tuloksia ovat käsitelleet mm. Laurinen (1958) laudaturtyössään ja Pälikkö (1958). Laurisen kesällä 1956 tekemät tutkimukset osoittivat mm, että ojaetäisyyksien ollessa 16 m ja 32 m saterot olivat varsin pienet. Muhoksen koealueen havainnoista on julkaistua materiaalia hyvin vähän. Tahvanaisen (1978) mukaan 38 metrin imuojaväli on ehdottomasti ollut liian suuri, sillä kyseisellä ojavälillä vesi seisoo keväällä useissa kohdissa peltoa.

Valtion tiloille perustettuja koekenttiä täydensivät yksityisille tiloille perustetut erilliset koealueet. Niitä oli tarkoitus perustaa 143 tilalle (Juusela 1953), mutta käytännössä tavoitteista jouduttiin tinkimään ja koealueita oli vain 103:lla (Pälikkö 1962b) tai 106:lla tilalla (Kivisaari 1984). Tilalle tehtiin joko yksi tai useampi koe. Salaojaetäisyyden selvittelyä varten perustettiin 90 koetta, ojasyvyyden selvittelyä varten 42 koetta, ojattomuus- ja rinneojituskokeita yhteensä kuusi ja muita kokeita noin 20 (Pälikkö 1962b).

Koealueiden perustaminen tapahtui kokonaan vapaaehtoisesti ja viljelijät joutuivat itse maksamaan ojituskustannukset. Tämä rajoitti koetoiminnan järjestämismahdollisuuksia varsinkin ojaetäisyyskokeissa, joissa jouduttiin käyttämään Salaojitusyhdistyksen asianomaiselle maalajille suosittellemaa ojaetäisyyttä tai kyseistä ojaetäisyyttä kaksinkertaisena (esim. savella 16 m ja 32 m). Lisäksi maanviljelijät olivat kiinnostuneita lähinnä kivennäismaiden salaojituksista, vain joissakin poikkeustapauksissa koealue perustettiin turvemaalle. Osoittautui myös, että ne havainnot, jotka maanviljelijät tekivät omatoimisesti eivät olleet tarpeeksi yhdenmukaisia ja varsinkin satohavainnot laiminlyötiin sateisina syksyinä ja kiireisinä sadonkorjuuaikoina (Juusela 1960).

Vuoteen 1962 mennessä oli kahdeksalla ojaetäisyyden selvittelykoealueella saatu niin selviä tuloksia, että varsinaiset kenttähavainnot niillä voitiin lopettaa. Nämä koealueet sijaitsivat pienen kaltevuuden omaavilla ja hitaasti vettä läpäisevillä mailla. Kun kokeissa käytännöllisistä syistä oli vain kaksi koejäsentä 15 m ja 30 m tai 16 m ja 32 m, vertailut voitiin tehdä lähinnä vain näitä ojaetäisyyksiä silmälläpitäen. Osoittautui, että "leveää" salaojaväli on em. tapauksissa puutteellisen kuivatustehonsa johdosta aiheuttanut viljelytoi-mempiteille erityisesti korjuuaikana suurta haittaa (Pälikkö 1962a).

Vuonna 1960 maatalousministeriö siirsi varojen puutteen vuoksi Maataloushallituksen suorittaman salaojituskoetoiminnan ministeriön maataloustoimiston valvontaan. Samalla tutkimustoimintaa jouduttiin supistamaan määrärahojen vähyyden vuoksi. Osasyynä kiinnostuksen lopahtamiseen oli varmasti se, että koealat olivat riittämättömästi ojitettu (Pälikkö 1967).

Koetoiminnan tulokset ovat suurelta osin hyödyntämättä. Salaojakeskus suoritti 1980-luvun alussa kyselyn, jonka tarkoituksena oli selvittää yksityisille tiloille perustettujen koekenttien vaiheet ja mahdollisuudet niistä saatujen kokemusten hyödyntämiseen. Tiedot koealueiden kuivatuksen toiminnasta perustuivat viljelijöiden haastatteluihin. Vuoden 1984 loppuun mennessä oli käyty läpi 68 koekohdetta. Näistä 30:lle alueelle ei vielä oltu tehty mitään muutoksia. 15:llä alueella oli ojitusta jouduttu muuttamaan. 17:ää aluetta ei oltu alunperinkään toteutettu koekenttäsuunnitelman mukaan. Kuusi koealuetta oli jäänyt tien alle tai alueen käyttömuoto oli muuten oleellisesti muuttunut.

Kyselyssä kävi ilmi, että muutoksia koealueiden kuivatusjärjestelyissä oli jouduttu tekemään puutteellisen kuivatuksen johdosta. Muutokset olivat yleensä harvan ojavälin kohdalla täydennyksiä joko koko alueella tai vain

osalla aluetta. Muutoksia oli tehty lähes kaikilla maalajeilla. Lämpikäydyistä koealueista maalajiltaan hietasavesta hiekkaan vaihtelevilla alueilla ei täydennyksiä toistaiseksi oltu tarvittu, eikä pellon kuivumisessa eri ojaväleillä ollut selviä käytännön eroja kuin yhdellä alueella. Muta-alue oli jouduttu kokonaan uusintaojittamaan. Muilla maalajeilla on kuivatus ollut parempi tiheän ojituksen alueilla kuin harvaan ojitetuilla (Suortti-Suominen 1984).

Salaojituskoetoiminnan yhteydessä pyrittiin myös selvittämään rinnemaiden ojitustarvetta. Kokeita tehtiin 1950-luvulla mm. Laidunkoeasemalla Mouhijärvellä sekä Lintupajun tilalla Jokioisissa. Laidunkoeasemalla salaojat sijoitettiin vain pellon kosteimpiin kohtiin, notkoihin ja rinteiden taiveisiin. 1950-luvulla julkaistuista kirjoituksista (Laine 1954, 1958) käy ilmi, että valtaosa ojituksista on täyttänyt ainakin siihen asti käytännön maatalouden edellyttämät kuivatukselliset vaatimukset. Lisäojitusta ovat kaivanneet lähinnä pitkät (yli 150 m), tasaisesti viettävät rinteet sekä pienemmät painanteet ja eräissä tapauksissa kohdat, missä hieta vaihtuu saveksi. Jokioisissa koepellon kaltevuus oli 5.5 %. Koejäsenenä olivat 18 m ja 36 m salaojavälit. Maalaji oli hiesun sekainen savi. Pälikön (1961) mukaan 1960-luvun alkuun mennessä koejäsenten välillä ei oltu havaittu eroja. Edes sääoloiltaan normaalia kosteampana kasvukautena 1962 ei suuremmasta ojaetäisyydestä ole ollut haittaa peltotöille eikä kasvustolle. Pälikön (1962b) mielestä koealueelle alunperin suunniteltua 18 m:n ojaetäisyyttä olisi voitu kenties tuntuvastikin lisätä aiheuttamatta sanottavaa riskiä.

#### Ojaetäisyydentäkökeet 1960-luvulta lähtien

1950-luvun lopun jälkeen salaojituskoekenttien rakentaminen ja salaojatutkimus yleensä tyrehtyi jälleen. 1960-luvun ainoa uusi ojaetäisyysskoe järjestettiin Vaalassa, Pelsonsuon Hallakoeasemalla vuosina 1961-1974. Saraturpeella tehdyissä kokeissa seurattiin mm. salaojaetäisyyden vaikutusta pohjaveden korkeuteen. Koejäsenenä olivat 10, 20, 30 ja 40 m ojaetäisyydet. Suunniteltu ojitusvyvyys oli 90 cm. Tutkimuksissa ilmeni, että pohjavesi oli suurimman osan vuotta salaojien alapuolella, ja sen alin korkeus riippui valtaoijan veden korkeudesta. Kokeen mukaan salaojia ei siis tarvittu niinkään pohjavesihaitan vaan pintaveden poistamiseksi lähinnä keväällä ja toisinaan myös kesällä ja syksyllä. Alueella pohjaveden pinta pysyi kevästä syksyyn melko tasaisena ja pellon korkeimmat kohdat alavia kuivempina. Havaittiin, että ojien sijoittaminen pellon korkeampiin kohtiin ei olisi ollut tarpeellista (Koskenkorva & Valmari 1975).

Hallakoeasemalla aloitettiinkin vuonna 1966 tutkimukset ns. tarpeemmukaisesta salaojituksista salaojituskustannuksien säästämiseksi sijoitettiin salaojia vain pellon alavimpiin kohtiin. Olemainen osa tarpeemmukaista salaojitusta olivat notkokaiivot, joihin pintavedet pyritään keräämään. Tarpeemmukaisesta salaojituksista saadut kokemukset ovat olleet lupaavia (Valmari 1968a,b, 1971, 1977, Valmari & Heikkinen 1971, Koskenkorva & Valmari 1975).

Seuraavan ojaetäisyysskoekentän perustamista saatiin odotella miltei 20 vuotta. Vuonna 1985 Limingan Ruhko-ojan koekentällä aloitettiin tutkimus, jonka yhtenä tarkoituksena oli selvittää ojaetäisyyden vaikutusta satoihin happamalla sulfaattimaalla (Hooli ja Manninen 1984).

#### Ojaetäisyyden määrittäminen laskentamenetelmillä

Ulkomailla on kehitetty ojaetäisyyden määrittämiseksi laskentamenetelmiä, jotka perustuvat teorioihin veden virtauksesta idealisoidussa maaperä-vesi-systeemissä joko vakio tai muuttuvissa olosuhteissa. Rintanen (1986) tutki diplomityössään hydraulisen johtavuuden määrittämiseen käytettävän laitteen, MSU-laitteen soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin. Määritetyillä hydraulisen johtavuuden arvoilla laskettiin koepelloille ojituksen mitoitus eri ojitus-

yhtälöitä käyttämällä. Laskettua mitoitusta verrattiin pelloilla jo tehtyihin ojituksiin. Vertailussa todettiin pellolla käytettyjen ojaetäisyyksien hyvin vettä läpäisevillä alueilla olevan laskettujen ojaetäisyyksien kanssa lähes samanlaisia. Turvemaan osalta ojavälit olivat noin puolet pellolla käytetystä ojavälistä. Savimaalla ojitusyhtälöillä ei saatu käyttökelpoisia tuloksia.

Alkuvuodesta 1988 ilmestyi Karvosen peltojen kuivatusta ja erityisesti salaojitusta käsittelevä väitöskirja. Tutkimuksessa on kehitetty laskenta-menetelmiä, joilla voidaan arvioida kuivatuksen vaikutus pellon satotasoon. Menetelmien keskeinen sovellutuskohde on salaojituksen suunnittelun optimointi. Mallin avulla on mahdollista etsiä se ojaväli, jolla tulos viljelijän kannalta on paras mahdollinen. Lisäksi voitiin osoittaa, että ojavälin valinnassa tulee ottaa huomioon myös viljelykasvi, sekä viljelyn voimaperäisyys eli pellon satotaso ennen salaojitusta.

#### 4.12 Salaojasyvyystutkimus

Varhaisemmissa salaojakokeissa keskityttiin lähinnä ojaetäisyyden tutkimiseen, ojasyvyyttä ei tutkittu juuri lainkaan. Katsottiin, että meillä suuren routavaaran vuoksi oli pakko käyttää 120 cm ojasyvyyttä. Keso ilmaisi asian kirjassaan "Kulttuuritekneillisiä maaperätutkimuksia erikoisesti ojaetäisyyttä silmälläpitäen" sivulla 260 seuraavasti: "Järjestettävistä ojaetäisyyksikoista ja -tutkimuksista on tärkeimpinä pidettävä maiden laadun vaikutusta selvittelevää, vaikkakaan muidenkaan tekijöiden tutkimuksen merkitystä ei ole väheksyttävä. Mitä erikoisesti tulee salaojasyvyyteen, menettää kokeilu siihen nähden meikäläisissä oloissa suureksi osaksi merkitystään sen vuoksi, että meillä puhtaasti teknillisten syiden, kuten jäätymis- ja juuritukkeumavaaran vuoksi on pakko käyttää jo melkoisen suurta syvyyttä, nimittäin Etelä-Suomessa 1.20 m ja Pohjois-Suomessa 1.40 m savimaillakin". Salaojasyvyyttä määritettäessä noudatettiinkin 1950-luvulle saakka periaatetta, että salaojaputkien tulee olla vähintään roudattomassa syvyudessa.

Salaojasyvyystutkimus pysyi vähäisenä aina 1940-luvun loppupuolelle saakka. Eräs harvoista tutkimuksista tehtiin Maataloushallituksen Vihdin koekentällä vuosina 1940-43. Kokeiden tarkoituksena oli selvittää roudan vaikutusta salaojaputkien kestävyteen. Niinivaaran (1945) mukaan kolme vuotta 0-60 cm syvyudessa olleissa putkissa ei havaittu murtolujuuden heikkenemistä eikä rapautumista lukuunottamatta ojien päissä ilman vaikutuksen alaisina olleita putkia.

1940-luvun lopulla alkoi esiintyä arvostelua Salaojitusyhdistyksen käyttämää salaojasyvyyttä kohtaan. Juusela (1947) epäili Ruotsissa ja Suomessa (Niinivaara 1945) tehtyjen havaintojen perusteella Suomessa käytössä olevan syvän salaojituksen tarkoituksenmukaisuutta. Hänen mielestään routa- ja juuritukkeumavaaraa oli Suomessa liioiteltu. Juusela vaatikin, että olisi pikaisesti aloitettava koetoiminta sen selvittämiseksi, voitaisiinko myös meillä (Ruotsissa salaojasyvyys oli 20-30 cm matalampi kuin Suomessa) siirtyä matalampaan salaojitukseen.

Vuonna 1947 Maataloushallituksen vesiteknillinen tutkimustoimisto perusti ojasyvyyskoekentän Jokioisiin. Kokeissa salaojien syvyys oli 30, 60, 90 ja 120 cm. Tehdyt havainnot osoittivat yllättäen, että oleellisia eroja viljelyn ja satojen kannalta ei eri ojasyvyyksillä ollut (Kaitera 1951).

1950-luvun alussa myös Kaitera (1951) esitti, että salaojasyvyyttä olisi pienennettävä. Hänen mielestään tämä olisi tarpeen salaojituskustannusten alentamiseksi sekä salaojitustyön koneellistamisen edistämiseksi. Salaojitusyhdistyksen silloinen toimitusjohtaja prof. Keso (1951) vastusti kuitenkin voimakkaasti ojasyvyyden madaltamista vedoten mm. matalien salaojien suurem-

paan routa- ja juuritukkeumavaaraan.

Juuselan ja Kaiteran esittämät ajatukset aiheuttivat kuitenkin sen, että 1950-luvun alussa käynnistetyn koetoiminnan yhtenä päätarkoituksena oli tarkoitukseenmukaisen salaojasyvyyden selvittäminen. Ojasyvyyškokeita perustettiin Jokioisiin, Tikkurilaan ja Muhokselle kolmelle valtion omistamalle tilalle (taulukko 5). Sen lisäksi ojasyvyyškokeita oli tarkoitus järjestää 40:llä yksityisellä tilalla (Juusela 1953). Matalaan salaojitukseen siirtymisen teknillisten edellytysten selvittelyssä päähuomio kohdistettiin maamme vanhimpiin tiiliputkisalaojituksiin. Koska vanhoista salaojista suurin osa oli ojitettu sen aikaisia vaatimuksia matalampaan, keskimäärin 70-90 cm:n syvyyteen, katsottiin tarkoitukseenmukaiseksi mm. tutkia, missä määrin niissä ilmeni routavaurioita ja juuritukkeutumia. Kesällä 1952 selvitettiin tällaisten ojitusten kuntoa yhteensä kuudella tilalla. Ojien syvyys oli 39-127 cm. Tutkimus osoitti putkien suurimmalta osin säilyneen hyväkuntoisina. Nekin putket (noin 1 %), jotka ylösotettaessa särkyivät, olivat kaikki olleet ojassa täysin toimintakykyisiä. Rikkoutuneet putket eivät olleet ojitusten matalimmissa kohdissa, joten routa ei liene ollut syynä niiden heikkouteen. Juuritukkeutumia ei ojien mataluudesta huolimatta esiintynyt lainkaan (Juusela 1953). Muhoksen koekentällä tehdyissä havainnoissa ovat äärisyvyydet 60 ja 150 cm osoittautuneet huonoimmiksi vaihtoehdoiksi (Tahvanainen 1978).

Yksityisille tiloille perustetuilta koekentiltä saatuja tuloksia on käsitelty vain eräissä lehdissä julkaistuissa artikkeleissa. Vuonna 1962 Pälikkö kirjoitti artikkelissaan "Salaojitoiminnan tavoitteista ja tuloksista" (Koneviesti 4 s.11) eri ojasyvyyksiä vertailevan koetoiminnan tuloksista seuraavasti: "...matalat vain 60 cm syvät salaojat ovat osoittaneet mainitun salaojasyvyyden varjopuolelta käytännön peltoviljelyssä. Sen sijaan vertailevat kokeet 90 cm:n ja 120 cm:n koejäsenillä eivät ole antaneet toistaiseksi selviä eroja puoleen eikä toiseen". 1980-luvun alussa Salaojakeskus suoritti kyselyn yksityistiloille käynnistetystä koetoiminnasta. Kyselyssä saadut tiedot olivat ojasyvyyden suhteen ristiriitaisia; toisilla alueilla matalampi ojitus (60 cm tai 90 cm) oli kuivattanut syvää (120 cm) paremmin, toisilla taas syvä matalaa paremmin (Suortti-Suominen 1984).

Kesällä 1956 Laurinen (1956) teki havaintoja mm. ojasyvyyden vaikutuksesta maan kosteusoloihin ja lämpötilaan sekä mahdollisiin satoeroihin Maatalouden tutkimuskeskuksen koetilalla Tikkurilassa. Ojasyvyyden vaikutusta selvittelevässä kokeessa ojasyvyydet olivat 60, 90 ja 120 cm ja ojaetäisyys 16 m. Koekasveina olivat syysrypsi ja kevätvehnä, maaperä oli savea. Kokeessa havaittiin, että 60 cm:n koejäsen antoi suuremman kevätvehnäsadon kuin 120 cm:n ojasyvyys. Kasvualustan lämpötilaan nähden eivät koejäsenet eronneet toisistaan. Kevätvehnän kohdalla matala salaojitus piti pohjaveden koko kasvukauden 20-30 cm korkeammalla kuin 120 cm:n ojasyvyys.

#### 4.13 Salaojaputkien mitoitus

1930-luvulla Keso tutki vedennopeuksia erilaisissa putkimateriaaleissa. Siinä yhteydessä hän havaitsi, että vedennopeus putkissa ja samalla putkien vedenjohtokyky oli todellisuudessa huomattavasti suurempi kuin Euroopassa yleisesti käytettyjen laskelmien mukaan (esim. Kutterin kaava) olisi pitänyt olla. Tutkimuksen vaikutuksesta Kutterin kaavan vakiokertoimen arvoa pienennettiin meillä 0.30:stä 0.20:een (Keso 1935 ja 1944).

Vielä 1930-luvulla epäiltiin putkisalaojitusten kuivatuskykyä, koska ei uskottu vesien pääsevän riittävän nopeasti putkistoon. Jotta veden pääsystä salaojaputkistoon olisi saatu selväpiirteisempi käsitys ja laskelmia varten



lukuja, teki Keso 1930-luvun lopulla tiiliputkien saumojen vedenläpäisykykyä koskevia tutkimuksia. Tutkimus osoitti mm., että tiiliputken saumat tiiveimmässään asennossa kykenevät läpäisemään monin kerroin sen vesimäärän, mikä kuivatuksen kannalta olisi tarpeen. Lisäksi koe osoitti sen, että kuivatuksen kannalta putken seinämän läpi kulkevaa vesimäärää on pidettävä täysin merkityksettömänä (Keso 1938).

Vuonna 1961 Maataloushallituksen vesitekniillisen tutkimustoimiston johtaman salaojituskoetoiminnan yhteydessä tutkittiin muovisten salaojaputkien siivilä- ja saumarakojen vedenotto- ja vedenjohtokykyä. Laboratoriossa tehdyssä tutkimuksessa kävi ilmi, että em. muoviputkien vedenottokyky oli riittävä, sillä vähitenkin vettä läpäissyt ojasto kykeni vastaanottamaan vettä ainakin 2.5 l/s hehtaarilta. Vedenjohtokyvyltään muoviputki osoittautui saman suuruisista ja samoissa olosuhteissa ollutta tiiliputkea tuntuvasti paremmaksi (Pälikkö 1962c).

Tekniillisessä korkeakoulussa suoritettiin vuosina 1977-78 laboratoriotutkimuksia salaojaputkien vedenotto- ja vedenjohtokyvystä. Tutkimusten pääasiallinen tarkoitus oli verrata tiiliputkien ja muoviputkien edellä mainittuja ominaisuuksia keskenään. Tutkimuksilla pyrittiin osaltaan selvittämään salaojien mitoitusperusteita ja täten luomaan paremmat edellytykset mahdollisimman tehokkaalle salaojitukselle. Mittauksissa ilmeni, että muoviputkien vedenottokyky on huomattavasti tiiliputkien vedenottokykyä suurempi. Ero oli suurimmillaan pienemmissä putkissa ja pieneni putken halkaisijan kasvaessa. 40 mm tiiliputken vedenottokyvyksi saatiin 0.07 l/s/m, joka on 35-kertainen verrattuna normaalien peltojen kuivatustarpeeseen (Maunula 1978). Vedenjohtokykyä koskevissa mittauksissa havaittiin, että 1% kaltevuudella 40 mm muoviputki johtaa 0.40 l/s ja tiiliputki 0.68 l/s. Samalla kaltevuudella johtaa 160 mm muoviputki 17 l/s ja tiiliputki 25 l/s (Suortti 1978). Tiiliputken vedenjohtokyky oli siis noin puolitoistakertainen muoviputkeen verrattuna. Tutkimukset osoittivat, että vedenottokyky ei ole rajoittava tekijä, vaan putken vedenjohtokyky määrää salaojan tehokkuuden, elleivät muut tekijät ole rajoittavana tekijänä (Hooli 1979). Tutkimuksen tuloksia on myös arvosteltu. On esitetty, että vaikka laboratorioskokeissa onkin havaittu tiiliputken vedenjohtavuus paremmaksi kuin muoviputken, ettei ero käytännössä olisi suuri (Anon. 1979).

Uusimmassa tutkimuksessa, vuonna 1988 valmistuneessa Karvosen väitöskirjassa on tarkasteltu myös salaojaputkien mitoitusta, ja siinä esitettyjen laskelmien mukaan esimerkiksi putkikokoa voitaisiin pienentää nykyisestä.

#### LÄHDELUETTELO

- Anon. 1979. Näkökohtia tiili- ja muovisalaojaputkien mitoituksesta. Vesitalous 20, 1979, 2: 10-15.
- Hallakorpi, I.A. 1917. Maan kuivatus. Porvoo. 232s.
- Hooli, J. 1979. Salaojaputkien vedenotto- ja vedenjohtokyky suoritettujen laboratoriotutkimusten valossa. Vesitalous 20, 1979, 1: 3-11.
- Hooli, J. & Manninen, H. Ojituskoekenttä Liminkaan. Käytännön Maamies 33, 1984, 4: 79-80.
- Juusela, T. 1947. Salaojasyvyyskysymysten selvittelyä. Maataloustieteellinen Aikauskirja 19, 1947: 60-68.
- 1953. Salaojituskoetoiminnasta Suomessa. Eripainos. Maataloustieteellinen Aikauskirja 25, 1953. 23s.
- 1960. Dräneringsförsöksverksamheten. Nordisk Jordbruksforskning. Suppl. 2: 199-207.
- Kaitera, P. 1951. Peltojen salaojituksesta. Maataloustieteellinen Aikauskirja 23, 1951: 1-32.

- Kaltio, M.J. 1969 50 vuotta salaojitusta. Tiili 1969, 2: 36-38.
- Kankare, E. 1956. Jokioisten ojituskoe kentän pohjavesihavainnot vuosilta 1928-1941. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööri osasto.
- Karvonen, T. 1988. A model for predicting the effect of drainage on soil moisture, soil temperature and crop yield. Helsinki University of Technology. Publications of the laboratory of hydrology and water resources engineering. Otaniemi. 1988/1. 215s.
- Keso, L. 1930. Kulttuuritekniillisiä maaperätutkimuksia erikoisesti ojaetäisyttäsilälläpitäen. Helsinki. 327s.
- 1932. Laidunviljelysten kuivatus. Eripainos julkaisusta Suomen laiduntalous IV.
  - 1935. Kairaten tehdyt, pyöreät, puiset salaojaputket, veden nopeus niissä, sekä tiili- ja lautaputkissa. Teknillinen Aikakauslehti 1935: 7-8. Eripainos. 8s.
  - 1938. Tutkimuksia veden pääsystä salaojaputkistoon. Teknillinen Aikakauslehti 1938: 11. Eripainos. 7s.
  - 1940. Ojaetäisyyskoe urpasavimaalla. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Julkaisuja 42, 1940, 2: 1-34.
  - 1944. Salaojituksen erikoisuuksista Suomessa. Maatalous 1944, 4: 3-8.
  - 1951. Salaojitusmenetelmistä. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 23, 1951: 161-181.
- Kivisaari, S. 1984. Salaojatutkimuksen järjestäminen Suomessa. Esitutkimus. Maatalouden tutkimuskeskus. Jokioinen. 43s.
- Koskenkorva, E & Valmari, A. 1975. Salaojaitäisyyden merkitys suoviljelyksen kuivatuksessa. Hallakoeaseman tiedote 1. Pelsonsuo. 11s.
- Kotiahho, A. 1953. Suomaan salaojitukselta ja vertailua salaojituksen ja avo-ojituksen kesken. Koetoiminta ja Käytäntö 10, 1953, 2: 2.
- Laine, T. 1954. Pintavesikaivoja. Pellervo 55, 1954, 8: 361.
- 1958. Kokemuksia erilaisista tiiliputkisalaojista. Pellervo 59, 1958, 19-20: 756-758.
- Laurinen, V. 1958. Maan kosteudesta ja lämpötilasta viljelyskasvien satoihin vaikuttavina tekijöinä, erityisesti Maatalouden tutkimuskeskuksen koekentällä Tikkurilassa kasvukautena 1956. Laudaturtyö. Helsingin Yliopisto. 114s.
- Maunula, M. 1978. Kokeellinen tutkimus salaojaputkien vedenottokyvystä. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. 85s.
- Niinivaara, K. 1945. Kestävyykskokeitä jäädytetyllä ja roudan vaikutuksen alaisina olleilla salaojaputkilla. Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja 1944-45: 74-92.
- Pälikkö, E.A. 1958. Ojituskoekaiden järjestely Maatalouden tutkimuskeskuksen koetilalla Tikkurilassa. Maatalous ja Koetoiminta XII: 37-41.
- 1961. Salaojaitäisyyden vaikutuksesta kuivatustehoon rinnemaalla. Koetoiminta ja Käytäntö 15, 1958, 10: 1,24.
  - 1962a. Salaojitus toiminnan tavoitteista ja tuloksista. Koneviesti 10, 1962, 4: 10-11.
  - 1962b. Havainnot pohjaveden korkeusvaihteluista Jokioisten rinneojituskoalueella v.1962. Koetoiminta ja Käytäntö 19, 1962, 11: 38,40.
  - 1962c. Muovisten salaojaputkien siivilä- ja saumarakojien veden läpäisykyvyistä. Koetoiminta ja käytäntö 19, 1962, 1: 1-4.
  - 1967. Salaojituksen ja salaojitus työn tutkimuksesta ja kehittämismahdollisuuksista. Tiili 1967, 2: 22-24.
- Rauste, E. 1939. Salaojituksen kehityksestä. Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja 1939: 226-263.
- Rintanen, S. 1986. Hydraulisen johtavuuden mittaaminen, vaihtelu ja hyväksikäyttö salaojituksen mitoituksessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. 94s.
- Salaojitusyhdistyksen toimintakertomukset vuosilta 1920-1986. (75-52)
- Simola, E.F. 1936. Peltoviljelykiertokokeiden tuloksista maatalouskoelaitoksen kasvinviljelyosastolla vv.1914-1926. Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja 78. 64s.

- Suortti, T. 1978. Kokeellinen tutkimus salaojaputkien vedenjohtokyvystä. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. 78s.
- 2 Suortti-Suominen, T. 1984. Selvitys vanhoista salaojituskoekentistä. Julkaisematonta materiaalia. Salaojakeskus.
- 3 Tahvanainen, S. 1978. Salaojituskokemuksia. Pellervo 79, 1978, 3:52-53.
- Tiilikainen, S. 1979. Tutkimus salaojituksen apuna. Pellervo 80, 1979, 8: 47.
- Valmari, A. 1968a. Tarpeenmukainen salaojitus. Pellervo 69, 1968:507-509.
- 1968b. Muovisesta salaojaputkesta tehty notkokaivo. Koetoiminta ja Käytäntö 25, 1968: 32.
  - 1971. Vähemmän mutta tehokkaampia salaojia. Koneviesti 19, 1971, 9: 4.
  - 1977. Torrlägningsfrågor på myrjordar. Nordisk Jordbrukets Forskning 59: 640-641.
- Valmari, A. & Heikkinen, K. 1971. Avoimet notkokaivot toimivat talvella. Pellervo 72, 1971, 6: 342-343.



## 4.2 SALAOJAMATERIAALIT

### 4.21 Putkimateriaalit

Salaojituksessa on maassamme käytetty lähes yksinomaan tiilestä, muovista ja puusta valmistettuja putkia. Tiili oli aina 1980-luvulle asti käytetyin materiaali, mutta muovin osuus on jatkuvasti kasvanut ja vuonna 1983 muovilla salaojitettiin tiiliputkea enemmän. Puusta tehtyjen putkien käyttö on ollut vähäistä muovin tultua markkinoille.

#### Tiiliputkitutkimus

Tiiliputkisalaojitusta esiteltiin maassamme ensimmäisen kerran Mustialan maanviljelyskokouksessa kesällä 1852. Ensimmäiset laajemmat tiiliputkisalaojitukset tehtiin kuitenkin vuonna 1858 Forssan ja Haminan lähistöllä (Zilliacus 1983). Putkiojitus aloitettiin herraskartanoista. Koska kartanoita oli Suomessa harvassa ja kuljetusmahdollisuudet olivat kehnot, oli niiden, jotka halusivat salaojittaa, hankittava itselleen putkentelekokone. Suurtilojen käytössä olleilla pienehköillä putkipuristimilla voitiin tehdä 1", 1 1/2", 1 3/4" ja 2" läpimittaisia ja 30 cm:n mittaisia putkia noin 4 000 kpl päivässä. Ensimmäiset erikoistehtaat olivat Juurikorven (1906) ja Savion (1914) tiilitehtaat. Nykyään käytössä olevien putkityyppien valmistus aloitettiin v. 1921 Kupittaan Saviteollisuus Oy:n tehtaalla (Holma 1965, Pälikkö 1962a).

Vanhojen tiiliputkiojitus kuntoa on maassamme selvitetty useita eri kertoja. Ensimmäisen kerran niitä tutkittiin pian Salaojitusyhdistyksen perustamisen jälkeen Boen kartanon pelloilla lähellä Porvoota. Putkien ikä oli 50-55 vuotta (Keso 1924). Vuonna 1952 Maataloushallituksen vesitekniilinen tutkimustoimisto tutki salaojituskoetoiminnan yhteydessä Suomen 11 vanhimman salaojituksen (salaojitusajankohta 1850-1880) kuntoa ja putkimateriaalia (Juusela 1960). Viimeksi vanhoja tiiliputkiojituksia on tutkittu vuonna 1983, jolloin Mustialassa kaivettiin esiin 125 vuotta vanha tiiliputkiojitus (Suonio 1983).

Kaikissa tutkimuksissa on käynyt ilmi, että huolimatta nykyistä mittapuuta käyttäen suuristakin putkien päiden viistouksista, soikeuksista ja seinämäpaksuuksien eroista ei tukkeutumia tai muita vaurioita ole juuri esiintynyt. Näiden maassa kauan olleiden putkien lujuuskin on ollut vielä nykyisten luokkaa huolimatta siitä, että ojien syvyys on ollut usein nykyistä pienempi.

Vuosina 1940-1943 tehtiin Maataloushallituksen Maasojan koekentällä tutkimuksia, joiden tarkoituksena oli selvittää lähinnä roudan vaikutuksia tiiliputkien kestävyysasteeseen. Tehdyt kokeet osoittivat, etteivät putket, joissa oli 70-100 % kyllästysvesimäärästä ja joita oli tämän jälkeen jäädytetty yhdeksän kertaa, olleet sanottavasti jäädyttämättömiä vertailuputkia heikompia. Myöskään 0-60 cm:n syvyydessä kolme vuotta olleissa putkissa ei havaittu murtolujuuden heikkenemistä tai rapautumista, lukuunottamatta ojien päissä ilman vaikutuksen alaisena olleita putkia. Aineiston suppeuden vuoksi kokeita voitiin pitää vain suuntaa antavina (Niinivaara 1945).

Oman osansa tiiliputkitutkimuksista on muodostanut tiiliputkien laadunvalvonta. Salaojitusyhdistys teki vuonna 1957 tutkimuksen kuuden suurimman tiiliputkitehtaan tuotteitten laadusta. Tutkimus osoitti, että putkien laatu vaihteli eri tehtaiden välillä huomattavasti. Käyttökelvottomien putkien osuus tuotannosta vaihteli alle 2 % :sta jopa 30 % :iin (Salaojitusyhdistyksen pöytäkirja 12.3 1957).

Yksityisten yritysten tekemä koetoiminta on selvästi kytkeytynyt niiden omaan tuotekehittelyyn. Esim. tiiliputkia valmistavalla Paloheimo-yhtymällä tämä toiminta on pääosiltaan keskittynyt putkimateriaalin ominaisuuksien tutkimiseen. Tätä on tehty sekä laboratoriossa että vuodesta 1978 lähtien myös kenttäoloissa (Kivisaari 1984). Laboratoriossa 1980-luvun alussa tehdyt kokeet osoittivat, että tiiliputken seinämää voidaan ohentaa. Rajan keventämiselle asettaakin putken asennus, sillä kevyempi putki siirtyy asennusvaiheessa helpommin paikaltaan (Kananen 1988).

#### Betoniputkitutkimus

Sementin käytön tultua yleisemmäksi, alettiin salaojitusta varten valmistaa myös betoniputkia. Putkien valmistusta varten kehitettiin erikoisia betoniputkikoneita, joita meilläkin levisi useille Etelä-Suomen tiloille (Rauste 1939). Kesällä 1921 Salaojitusyhdistys tutki betoniputkien kestävyyttä viidellä eri tilalla. Neljällä tilalla putket olivat osittain tai kokonaan rapautuneet 5-10 vuodessa. Vain yhdellä tilalla putket olivat vielä lujia 8 vuotta ojituksen jälkeen. Maat olivat laadultaan osittain savea, osittain hietaa (Keso 1924). Saatujen huonojen kokemusten vuoksi betoniputkien käytöstä luovuttiin vähitellen kokonaan.

#### Puuputkitutkimus

Ennen muoviputken markkinoille tuloa salaojituksessa käytettiin lautaputkea. Lautaputken suunnitelmallinen käyttö salaojitusmateriaalina alkoi 1920-luvulla ja loppui käytännöllisesti katsoen kokonaan 1970-luvun alussa. Lautaputken käytön loppumiseen on muoviputken tulon lisäksi vaikuttanut puutavaran voimakas hinnannousu ja lautaputken vaatima suuri työmenekki. 1980-luvun alussa kiinnostus lautaputkea kohtaan kasvoi muoviputkissa esiintyneiden häiriöiden vuoksi (Holma & Halonen 1974, Saavalainen 1984). Lautaputken lisäksi erityisesti 1940- ja 1950-luvuilla valmistettiin kairaamalla pyöreitä, puisia salaojaputkia (Mäenpää 1983).

Puusta valmistettujen putkien mitoitusta, lähinnä vedenjohtokyä on tutkittu ainakin kolmeen eri otteeseen. 1920-luvun alussa Salaojitusyhdistys teki kokeita eri kokoisilla laatikkosalaojilla. Kokeet osoittivat, että ulkomaisista mitoituskäytännöistä Kutterin kaava soveltuu parhaiten myös laatikkosalaojien mitoitukseen (Keso 1923). 1930-luvulla Salaojitusyhdistyksen laboratoriossa tekemät pyöreiden puuputkien ja lautaputkien vedenjohtokykyä koskevat mittaukset osoittivat molempien putkityyppien vedenjohtokyvyn olevan käytännössä selvästi suuremman kuin eri mitoituskäytännöillä laskettuna (Keso 1938). 1950-luvulla Maataloushallituksen insinööriosasto tutki kairattujen puuputkien paineenkestävyyttä ja vedenjohtokykyä (Peräkylä 1955).

#### Muoviputkitutkimus

Suomessa käytettiin ensimmäisen kerran muoviputkea salaojituksessa melko tarkasti 100 vuotta ensimmäisten tiiliputkiojitusten jälkeen, eli vuonna 1958; kyseessä oli metsäojitus. Peltojen salaojituksessa muoviputkea alettiin käyttää vasta vuonna 1960 (Muotiala 1984). Kotimaassa muoviputkien valmistus alkoi vuonna 1963. Ennen muovisalaojaputken tuloa markkinoille Suomessa oli kokeiltu huonolla menestyksellä muovinauhaojitusta.

Muoviputkien tultua markkinoille oltiin epätietoisia niiden kelvollisuudesta salaojituksessa. Asian selvittämiseksi aloitettiin Maatalousministeriön pyynnöstä muovista valmistettujen salaojaputkien tutkimukset vuonna 1962. Tutkimuksia suoritettiin Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen geoteknillisessä laboratoriossa. Tarkoituksena oli selvittää pienille putkijohdoille tulevia kuormituksia (Korhonen 1963) sekä muovin ja muovista valmistettujen salaojaputkien lujuusteknillisiä ominaisuuksia (Haverinen 1964). Korhosen selvityksessä kävi ilmi mm., että tutkitut salaojaputket eivät maassa joutuneet sellaisten staattisten ja dynaamisten kuormitusten alaisiksi, että ne salaojitusvyvydydessä olisivat haitallisesti litistyneet.

Haverisen tutkimus koski PVC-, PE- ja seostettuja muoviputkia. Käytettyjen seosaineiden todettiin alentavan muovin murtolujuutta sekä tekevän putken hauraaksi. Verrattaessa PVC- ja PE-putkia toisiinsa voitiin tutkimustulosten perusteella todeta, että PVC on suuremman lujuutensa ja parempien kimmoisten ominaisuuksiensa puolesta PE:ä soveliaampi käytettäväksi salaojajohtomateriaalina.

Muoviputken ominaisuuksien tutkimista jatkettiin laboratoriotutkimuksilla, joissa pyrittiin selvittämään putkien pitkäaikaista lujuutta ja kenttä-tutkimuksella muoviputkien käyttömahdollisuuksia ja kuormitusolosuhteita (Perälä 1966). Perälän suorittamat kenttä- ja laboratoriotutkimukset osoittivat mm, että PE- ja seosputket olivat painuneet selvästi enemmän kuin PVC-putket. Kimmo-modulin pieneneminen tapahtuu tutkimusten mukaan pääosaltaan ensimmäisen vuoden aikana. Laskennallisesti (Larson-Miller-menetelmällä) todettiin kimmo-modulin pienenevän 30:ssä vuodessa noin  $30\ 000\ \text{kg/cm}^2$  :sta noin  $8\ 000\ \text{kg/cm}^2$  :een. Saatujen tulosten ja VIT:n geoteknisessä laboratoriossa aikaisemmin suoritettujen selvitysten perusteella laskettiin PVC:stä valmistettujen erikokoisten salaojaputkien vaadittavat seinämäpaksuudet.

#### 4.22 Muut ojamateriaalit

Tiilen, puun ja muovin lisäksi meillä on käytetty ojamateriaaleina jonkin verran risuja, kiviä ja soraa. Näistä risuojitus yhdessä kivilsalaojituksen kanssa luetaan nk. varhaiskantaiseen salaojitukseen.

Risuojitusta käytettiin jo 1700-1800-luvuilla lähinnä Länsi-Suomessa. Har-rastus oli kuitenkin melko laimeaa. Itä-Suomeen menetelmä levisi myöhemmin. Risuojitusta on meillä etupäässä käytetty tiiviillä, huonosti vettä läpäi-sevillä savimailla sekä turvemilla. (Juusela 1955). Nykyisin risuriukkuja rakennetaan erittäin vähän. Ojitukset toteutetaan pelkästään omatoimisesti ilman varsinaista suunnitelmaa (Rusila 1980).

Kivilsalaojia käytettiin ilmeisesti jo 1600-luvulla Itä-Suomessa. Aluksi niiden tarkoituksena lienee ollut kivien saaminen pois pellon pinnalta. Myöhemmin ne havaittiin hyödyllisiksi myös veden johtajina, mitä osoittaa se, että ne rakennettiin pellon notkelmiin tai muutoin märkiin paikkoihin (Virrankoski 1959). Vaatimansa suuren työmäärän vuoksi kiviojitus oli kallista ja sen käyttö tuli lähinnä kysymykseen pääomaköyhillä pienviljel-millä, joilla työvoimaa oli runsaasti käytettävissä (Juusela 1953b). Kivi-salaojituksella on nykyään vain historiallista merkitystä. Soraojitukset eroavat varsinaisesta kivilsalaojituksesta ennen kaikkea vedenjohtokerroksessa käytettyjen aineiden raesuuruuden osalta.

Soraojitusta on meillä käytetty ainakin tämän vuosisadan alusta lähtien (Juusela 1953b). Ojitusmäärät ovat kuitenkin olleet niin pieniä ettei mene-telmällä ole ollut suurta merkitystä. Viime vuosina soraojitusta on ryhdytty käyttämään ongelmallisten alueiden, lähinnä helposti tiivistyvien savimaiden salaojituksessa.

1950-luvun alussa tehtiin kunnianhimoisia suunnitelmia salaojitusmäärien lisäämisestä yli viisinkertaiseksi sen hetkisestä tasosta. Katsottiin, että siinä määrin salaojitusta ei voitaisi laajentaa yksinomaan silloisia ojitus-tapoja käyttäen. Tämän vuoksi pidettiin tarpeellisena kohdistaa entistä enemmän huomiota eri salaojitusmenetelmien kehittämismahdollisuuksiin. Syksyllä 1951 Maataloushallituksen vesiteknillinen tutkimustoimisto suoritti kyselyn, jonka tarkoituksena oli selvittää mm. risuriuku- ja kiviojituksen erilaiset tekotavat, toimintakyky ja kesto aika. Lisäksi suoritettiin täyden-täviä kenttätutkimuksia, joiden tarkoituksena oli ojitusten kunnan ja teko-tavan selvittäminen.

Selvityksessä ilmeni, että muun kuin tiiliputkisalaojituksen osuus koko salaojitusmäärästä oli esim. Mikkelin läänissä 71 %, Uudenmaan läänissäkin osuus oli 50 %. Muun kuin tiiliputkisalaojituksen todettiin jakautuvan tekotapaansa nähden siten, että keskimäärin 80 % siitä oli risuriukuojitusta, 15 % kiviojitusta, 3 % soraojitusta ja 2 % muuta sekalaista salaojitusta. Risuriukuojitusta oli keskimääräistä yleisempää Hämeen, Kymen ja Uudenmaan lääneissä. Kivisalaojitusta oli käytetty suhteellisesti eniten Mikkelin läänissä, ja soraojitusta tavattiin miltei yksinomaan Uudenmaan läänissä. Risuojitusta oli tutkimuksen mukaan tehty eniten vuosina 1926-1930 (Juusela 1953a). Risuojoissa yleisimmin käytetty puulaji oli leppä, kataja oli puula-jeista kestävin ja koivu huonoin. Ojien avausten ja muun aineiston perusteella arvioitiin huolellisesti tehdyn risuojan säilyvän toimintakykyisenä keskimäärin 30-35 vuotta. Risuojitusten toimintahäiriöt johtuivat pääasiallisesti puutäytteen lahoamisesta ja lieteainesten kasautumisesta tähän kerrokseen. Kiviojitus näytti olleen vilkkaimmillaan vuosina 1925-1935. Myös sotien jälkeen sen käyttö lisääntyi melkoisesti. Kiviojitusten toimintaikä lienee pitempi kuin risuriukuojitusten, sillä esim. yli 40 vuotta vanhoista kiviojituksista oli tutkimuksen mukaan vielä 74 % hyvässä kunnossa. Soraojista, joista lähes 60 % oli toteutettu 1920-luvulla, oli vielä 80 % hyvässä kunnossa (Juusela 1953b). Vastaavanlaisia selvityksiä ei ole tehty myöhemmin.

#### 4.23 Ympärysainetutkimus

Yleensä kaikkialla, missä salaojitusta käytetään peltojen ja rakenteiden kuivattamiseksi on tapana tavalla tai toisella suojata salaojaputket heti niiden paikoilleen asettelun jälkeen ennen ojan lopullista täyttöä. Menettelyn tarkoituksena on:

- suojata putkia rikkoutumiselta ja estää niitä siirtymästä pois paikoiltaan ojaa lopullisesti täytettäessä,
- estää lieteainesten kulkeutuminen ja asettuminen saumarakoihin sekä itse putkistoon,
- edistää veden pääsyä ojitettavasta maasta suojusaineen kautta putkien saumarakojen tai reikien kohdalle.

1800-luvun puolella tehdyissä salaojituksissa tiiliputkien saumauskohdat peitettiin sammalilla tai ruohotupoilla. Tämä käytäntö jäi kuitenkin vähitellen pois ja 1900-luvun alussa putket peitettiin ojan seinämästä pudotetulla hienomaakerroksella tai ruokamultakerroksella. Soraa kehoitettiin kuitenkin jo silloin käyttämään tiiviissä savimaissa ja hietamaissa. Salaojitusyhdistys on perustamisestaan (1918) lähtien pyrkinyt siihen, että tiiliputkisto suojattaisiin aina soralla. Aluksi vain suositeltiin näin tehtäväksi, koska soraa käytettäessä "tuntuvasti lisätään putkien veden vastaanottokykyä" (Keso 1924), mutta 1930-luvulta lähtien soran käyttö tuli kivennäismailla valtion salaojitus-tuen edellytykseksi (Juusela 1958). Lauta- ja puuputkien suojaksi on taas käytetty yksinomaan turvetta, joka sopiikin siihen parhaiten. Sora on säilyttänyt meillä asemansa käytetyimpänä ympärysaineena nykypäiviin saakka. Sahajauhoa, kookoskuitua ja erilaisia kuonia käytetään jonkin verran.

#### Varhaiset tutkimukset

Ympärysainetutkimus aloitettiin Suomessa vuonna 1926 Salaojitusyhdistyksen perustamalla Jokioisten ja Porvoon koekentillä. Tutkimuksissa selvitettiin mm. oljen, turpeen, soran ja ruokamullan ominaisuuksia ympärysaineena. Porvoossa urpasavimaalla koealue salaojitettiin lautaputkilla. Tarkastettaessa salaojaputkistoa 10 vuotta ojituksen jälkeen ei mitään selvästi näkyvää eroa lahoamisessa eri suojusaineiden kohdalla ollut havaittavissa. Ruokamulta oli menettänyt suojusaineena hyvin huomattavasti multavuuttaan ja muuttanut enemmän perusmaan näköiseksi. Oljet olivat säilyneet varsin hyvin, vaikkakin niiden päissä ja maata vastaan olevissa oljissa lahoamisen alkaminen oli

selvästi jo nähtävissä. Turvepehku oli muuttunut maassa tummemmaksi ja sen maatumisaste oli muuttunut H2:sta H4:ään (Keso 1940). Jokioisten tutkimuksen tuloksia ei liene julkaistu.

1930-luvun jälkipuoliskolla Keso teki laboratoriotutkimuksia veden pääsystä salaojitusputkistoon. Niissä hän selvitti mm. ympärysaineen vaikutusta putkisaumojen vedenläpäisykykyyn. Tutkimuksissa havaittiin suojussoran vähentävän saumojen vedenläpäisevyyttä 50-66 %. Suojussora oli "luonnonso-  
raa", jossa oli alle 0.6 mm raekokoa olevaa lajitetta noin 15 % ja yli 2 mm:n raekokoa noin 67 %. Tutkimuksessa suojattiin putkistot myös 4-5 cm:n paksuisella ruokamultakerroksella. Se alensi saumarakojen kautta virranneen veden määrän 2-3 %:iin suojaamattoman putken saumojen vedenläpäisymäärästä. Kun suojauksessa käytettiin vastaavasti turvetta, jonka maatumisaste oli H 3, aleni veden pääsy putkiin 5-10 %:iin suojaamattomaan putkeen verrattuna (Keso 1938). 1951 ilmestyneessä julkaisussaan Keso suosittelleekin turvepehkun ja ruokamullan käytön välttämistä suojausaineena (Keso 1951).

#### Salaojasoratutkimukset

Vuonna 1953 suoritetussa salaojasoran laatua selvittelevässä tutkimuksessa pyydettiin noin 1 kg:n soranäyte 500 sellaiselta tilalta, joilla mainittuna vuonna oli suoritettu salaojitustöitä. Tutkimuksessa mukana olleet tilat oli valittu eri osista maata. Salaojaputkien suojauksessa käytettävän soran laadusta silloin annettujen ohjeiden (Keso 1951) mukaan soran tuli olla raesuuruudeltaan 0.5-3.0 mm. Tutkimusta varten hankittujen näytteiden se-  
lontatulokset osoittivat, että käytetty sora sisälsi keskimäärin 12 % alle 0.5 mm:n, 47 % yli 2.0 mm:n ja noin 40 % yli 3.0 mm:n raesuuruutta olevia aineksia. Yleisen suodatinperiaatteen mukaan tällainen sora soveltuu suodatinkerrokseksi hiekkamailla. Yksityiskohtaisempaa tutkimusta varten tutkitut soranäytteet ryhmiteltiin alle 0.5 mm:n raesuuruutta olevien ainesten mukaan (taulukko 6) (Juusela 1958).

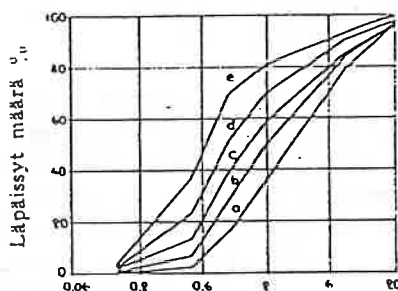
Taulukko 6. Soranäytteiden jako eri soralaaturyhmiin niiden sisältämien alle 0.5 mm:n ainesten määrän perusteella (Juusela 1958).

Soralaatu	Alle 0.5 mm:n aineksia %	Näytteitä	
		kpl	%
a	5	151	29
b	6-10	146	28
c	11-20	143	28
d	21-30	58	11
e	30	19	4
Yhteensä	—	517	100

Suojussorien rakeisuuskäyrät on piirretty kuvioon 2. Näiden eri suojussoralaatujen soveltuvuutta suomalaisille maalajeille arvosteltiin yleisen suodatinperiaatteen mukaan. Soralaatujen a ja b todettiin soveltuvan varsinaisille hiekkamaille; b, c ja d soveltuivat karkealle hietamaalle ja e karkean hietamaan lisäksi hienolle hiedalle. Kaikkien edellä mainittujen soralaatujen todettiin olevan liian karkeitä estämään lieteainesten kulkeutumisen putkistoon runsaammin hienoja aineksia sisältävillä maalajeilla. Suojussoran todettiin kuitenkin tiivistyvän ja lajittuvan veden virtauksen vaikutuksesta ja soran vedenläpäisevyyden pienenevän ja suodatinvaikutuksen paranevan.

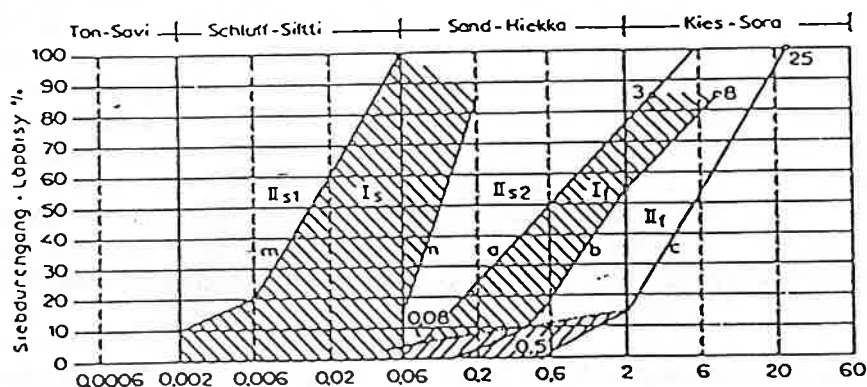
1960-luvun alussa tehdyssä laboratoriotutkimuksessa verrattiin suojaamattomassa 40 mm:n tiiliputkisalaojassa virtaavaa vesimäärää vastaavissa olosuhteissa olleen soralla suojatun salaojan vesimääriin. Vertailu osoitti, että 5 cm paksu sorakerros (raekoko 2-4 mm) vähensi virranneen veden määrää noin kolmanneksella (Pälikkö 1962b).





Kuvio 2. Soranäytteiden keskimääräinen lajitekoostumus soralaaturyhmittain (Juusela 1958).

1970-luvun alussa Rathmayer selvitti VTT:n geoteknisessä laboratoriossa suojussoralle asetettuja reunaehtoja. Lisäksi hän etsi kokeellisesti erilaisille suomalaisille maalajeille soveltuvia suodatinsoralaatuja. Laboratorio-kokeiden perusteella Rathmayer päätyi kuviossa 3 esitettyihin soveltuvuus-alueisiin (Rathmayer 1971).

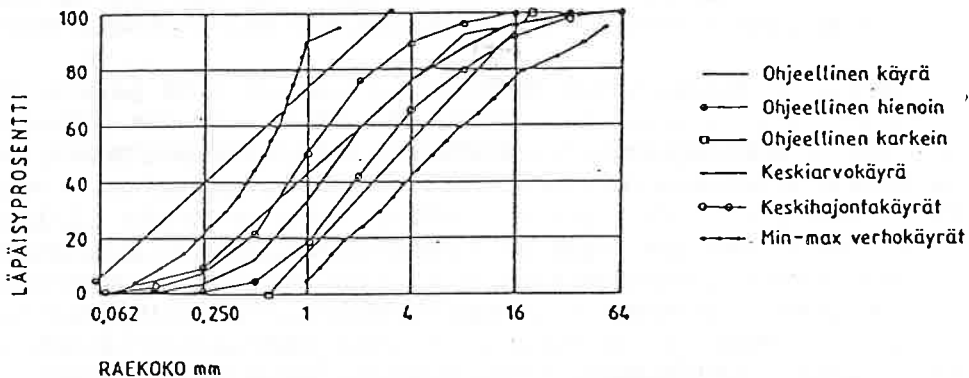


Suodatinsora- ja maalajivyöhykkeet (Rathmayer). Suodatinta, jonka rakeisuus on alueella  $I_f$ , voidaan käyttää kaikilla maalajeilla. Jos kuivatettavan maalajin rakeisuuskäyrä kulkee enimmäkseen vyöhykkeessä  $I_s$  (m,n), voidaan käyttää ainoastaan tätä  $I_f$ -alueeseen kuuluvaa suodatinta. Muilla maalajeilla vedenläpäisyominaisuudet asettuvat suodatinominaisuuksien edelle ja  $IIF$ -alueen sora-ainekset ovat tästä syystä parempia.

Kuvio 3. Suodatinsora- ja maalajivyöhykkeet.

1970-luvun lopussa Teknillisessä korkeakoulussa tutkittiin putkien vedenotto-kyvyn riippuvuutta putkia ympäröivän maa-aineksen rakeisuudesta ja tiiviyydestä (Silfverberg 1978). Tutkimuksessa ilmeni, että eniten salaojan vedenottokykyyn vaikuttaa suojussoran rakeisuus. Soran kymmenen prosentin läpäisyraekoko  $d_{10}$  osoittautui hyväksi kriteeriksi verrattaessa eri soralaatujen vaikutusta vedenottokykyyn. Kun tutkittujen sorien raekoot  $d_{10}$  vaihtelivat 0.23 - 1.1 mm, siis noin viisinkertaisesti, salaojien maksimivirtaamat tiiliputkilla olivat kaksitoistakertaiset ja muoviputkilla vieläkin suuremmat minimivirtaamaan verrattuna. Tutkimuksen mukaan suojussora on valittava riittävän karkeaksi, jotta sen vedenläpäisy ei muodostuisi salaojaputken vedenottokykyä rajoittavaksi tekijäksi. Jos suojussora on liian hienorakeista ( $d_{10} < 0.25$  mm), ei salaojan toimivuutta voida muilla keinoin parantaa. Myös suojussoran tiiveyden todettiin vaikuttavan salaojan vedenottokykyyn, mutta ei läheskään samassa suhteessa kuin soran rakeisuuden. Tiiliputkella tiivistäminen 85 % :sta 90 % :iin pienensi virtaamaa 30 %, muoviputkella vain 15 %. Toisaalta tiivistäminen tasoitti virtaaman vaihteluja ja pienensi putken tunkeutuneen sora-aineksen määrää, joten sen vaikutus salaojan toiminnalle oli lähinnä positiivinen.

Kesällä 1986 Salaojakeskus selvitti Suomessa käytettävän salaojasoran laatua. Työmailta otetut soranäytteet arvosteltiin ensin silmämääräisesti, jonka jälkeen niiden rakeisuus selvitettiin kuivaseulonnalla. Saatua rakeisuutta verrattiin voimassa oleviin laatuvaatimuksiin. Useimmiten seulomalla saadut rakeisuuskäyrät osuivatkin voimassa olevien laatuvaatimusten ohjealueelle ollen siten karkeaa hiekkaa tai hienoa soraa (kuvio 4). Aineiston perusteella voitiin päätellä, että kentällä pidetään hyvänä salaojasorana karkeaa hiekkaa tai hienoa soraa eli nykyisten laatuvaatimusten karkeammalla puolella olevaa ainesta. Käytännössä oli siten varsin hyvin noudatettu Rathmayerin suosituksia suodatinsoran suhteen.



Kuvio 4. Soranäytteiden keskiarvo- ja hajontakäyrät sekä seulontakäyrien minimi- ja maksimiverhokäyrät (Suortti-Suominen & Virtanen & Saavalainen 1987).

Salaojakeskus tutkimuksessa selvitettiin myös soran hintaa soraesiintymällä sekä tilalle toimitettuna. Keskimääräiseksi hinnaksi saatiin esiintymällä 9 mk/m<sup>3</sup> ja tilalle toimitettuna 29 mk/m<sup>3</sup>. Kalleinta sora oli Etelä-Suomen ruotsinkielisellä alueella ja Pohjanmaalla keskimäärin 35 mk/m<sup>3</sup>. Yli 50 mk/m<sup>3</sup> maksava sora oli tutkimuksen mukaan vielä harvinaista (Suortti-Suominen & Virtanen & Saavalainen 1987).

#### Muita ympärysaineita koskevat tutkimus

Talvisalaojituskokeilujen yhteydessä kävi meillä ilmi, että ojitustyötä saattaisi monessa tapauksessa ratkaisevasti helpottaa, jos putkistojen suojaamiseen olisi soran asemasta käytettävissä jokin muu suodattimeksi soveltuva, helposti käsiteltävä, vähän kuljetuskalustoa vaativa ja hinnaltaan kohtuullinen materiaali. Ulkomaisen tutkimusaineiston perusteella näytti siltä, että esimerkiksi maassamme valmistettava lasivilla voisi tulla kysymykseen suojausmateriaalina.

Tämän selvittämiseksi aloitettiin kenttäkokeet kahdellakin eri taholla. A.Ahlström OY perusti kevättalvella 1964 noin 40 ha suuruisen koekentän Maataloushallituksen valvonnan alaisena omistamalleen Jokiniemen tilalle (Anon.1964, Pälikkö 1967). Vuotta myöhemmin Paraisten Kalkkivuori OY aloitti omat tutkimuksensa Lappeenrannassa sijaitsevalla Askolan tilallaan (Enckell & Maasilta 1968). Molemmilla koekentillä osa salaojista oli rakennettu tavanomaiseen tapaan sorastettuina vertailuojiksi. Osassa ojia sora korvattiin sepelillä (Askola), vuorivillalla (Askola) tai lasivillalla (Askola ja Jokiniemi).

Jokiniemen koekentällä vuosina 1964 ja 1965 tehdyt pistokokeet osoittivat, että lasivillan suojaamat putkien saumat olivat pysyneet auki. Lasivillasuodatin oli pysynyt ehjänä ja puristunut putkea vasten 5-7 mm:n vahvuiseksi vaipaksi. Sekä lasivillalla että soralla suojattuihin putkiin oli kulkeutunut lietettä. Lietteen määrä oli tosin hyvin pieni, eikä selväpiirteistä eroa lietteen määrässä lasivillalla ja soralla suojatun putkiston välillä ollut todettavissa. Tutkimuksia oli tarkoitus jatkaa vielä kahden vuoden ajan, mutta niiden tuloksia ei liene julkaistu.

A.Ahlström OY:n tutkimuksiin liittyi myös laboratoriokokeita, jotka teki VTT. Kokeet viittasivat siihen, että Karhuntaalja-lasivilla soveltuu sala-ojaputkien suojaamiseen liettymistä vastaan. Suhteellisen hyvänä suodattimena Karhuntaalja päästi lävitseen vain hienoimpia maahiukkasia (Anon. 1965).

Myös Paraisten Kalkkivuoren koekentällä vuosina 1966 ja 1967 tehdyt havainnot olivat myönteisiä. Ne osoittivat, että kaikissa ympärysaineissa oli putkisauman vedenläpäisykykyä ajatellen noin kuusinkertainen varmuus verrattuna tulvan aikaiseen valumaan. Näiden tulosten perusteella voitiin olettaa, että mineraalivilloja voidaan käyttää soran asemasta tiiliputkiojituksen suojusaineina, varsinkin jos suojusmateriaalin päälle pudotetaan salaojituksessa noudatetun käytännön mukaisesti ojan reunalta ruokamultaa. Havaintojen lyhytaikaisuuden ja keskitasoa edullisempien olosuhteiden vuoksi on varottava kuitenkin tekemästä liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä (Enckell & Maasilta 1968). Tietoja tutkimuksen myöhäisemmistä vaiheista ei liene julkaistu.

Kotimaisten rauta- ja terästeollisuuden kuonien yhtenä mahdollisena käyttökohteena on niiden käyttö salaojien ympärysaineena. Toistaiseksi kenttäkoe-tasolla olevista tutkimuksista on saatu rohkaisevia tuloksia etenkin ruosteongelma-alueilla. Outokumpu Oy:n ja Salaojakeskuksen yhteistyönä rakentamasta koesalaojasta, jossa ympärysaineena käytettiin FeCr-kuonahiekkaa, otettiin kesän 1983 kuluessa näytteitä ja mitattiin niistä pH:t ja analysoitiin kromi- ja rautapitoisuudet. Kromin suhteen ei salaojaan tulevan ja poistuvan veden välillä todettu eroa. Sen sijaan pH-arvo nousi salaojassa ja rautapitoisuus pieneni huomattavasti. Rautapitoisuuden huomattava aleneminen herätti epäilyksen, että FeCr-kuonahiekalla olisi veden rautapitoisuutta alentava vaikutus. Asian selvittämiseksi tehtiin laboratorio-olosuhteissa vertailevat kokeet kuonahiekalla ja luonnonhiekalla. Analyysituloksien perusteella on kuonahiekalla veden pH:ta nostattava vaikutus. Koska raudan saostuminen on riippuvainen hiekan pH-arvosta, voidaan kuonahiekan käyttöä ympärysaineena pitää ruosteen sakkautumisvaaran ehkäisyn kannalta positiivisena vaihtoehtona (Päiväläinen 1986).

#### Kirjallisuustutkimukset

Koska uusia ympärysaineita koskevaa kokeellista tutkimusta on tehty Suomessa vähän, perustuu meikäläinen ympärysainetietous monen suodatinmateriaalin kohdalla ulkomaisiin tutkimuksiin. Ympärysaineita koskevia kirjallisuustutkimuksia onkin maassamme tehty viimeisen kymmenen vuoden aikana ainakin viisi. Teknillisessä korkeakoulussa 1978-79 pidetyssä vesitalouden seminaarissa tehtiin kaksi kirjallisuustutkimusta ympärysaineista: Strandmanin "Erilaatuiset suodatinsorat salaojituksessa" ja Muotkan "Muut suodatinaineet salaojituksessa".

Salaojakeskuksessa ympärysaineista on tehty kolme kirjallisuustutkimusta. Suortti-Suomisen vuonna 1982 ilmestynyt tutkimus "Kookoskuitukankaan ominaisuudet salaojan ympärysaineena" keskittyy pääasiassa kookoskuidusta tehdyn ulkomaisen koe- ja tutkimustoiminnan esittelyyn. Rintasen vuonna 1984 tekemän tutkimuksen "Salaojasoran laatuvaatimuksista" tarkoituksena oli selvittää ne perusteet, joilla nykyisiin salaojasoran laatuvaatimuksiin on päädytty. Näiden lisäksi on vuonna 1987 tehty tutkimus "Salaojaputken ympärysaineet"



(Tiainen 1987). Se on laajempi selvitys, jonka tarkoituksena on ollut selvittää yleisesti veden ja maapartikkeleiden salaojaputkeen kulkeutumisen teorian, sekä kuvata ympärysaineiden vaikutustapaa ja eri tehtäviä. Lisäksi on kuvattu eri ympärysainemateriaalien ominaispiirteet ja luotu katsaus muissa maissa käytettäviin ympärysaineisiin. Lopuksi on luetteloidu ja luokiteltu mahdollisimman kattavasti tällä hetkellä ympärysaineista saatavissa oleva tutkimustieto.

#### LÄHDELUETTELO

- Anon. 1964. Iasivilla salaojaputkiston suojana. Koneviesti 12, 1964, 4:5.
- Anon. 1965. Iasivillan käyttö salaojituksessa. A. Ahlström OY Karhulan mineraalivillatehdas. Moniste.
- Enckell, P. & Maasilta, A. 1968. Salaojien suojausaineista. Vesitalous 9, 1968, 6: 29-30, 34.
- Haverinen, A. 1964. Muovista valmistettujen salaojaputkien lujuusteknillisistä ominaisuuksista. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennus insinööriosasto.
- Holma, M. 1965. Tiilisalaojaputkista ja niiden laatuvaatimuksista. Tiili 1965, 2a: 35-39.
- Holma, M & Halonen, R. 1974. Salaojitusopas. Timokarin kustannus. Forssa. 1974. ss. 39-52.
- Juusela, T. 1953a. Risujen ja riukujen käytöstä salaojituksessa. Eripainos. Maatalous ja Koetointa 1953, 7: 40-47.
- 1953b. Risujen, riukujen ja kivien käytöstä salaojituksessa. Maa- ja Vesirakentaja 1952-53: 92-124.
- 1955. Ojituskoetointimman tehtävät. Maatalous 48, 1955, 10:219-222.
- 1958. Salaojaputkiston suojaustavoista ja soran käytöstä suojausaineena. Maa- ja Vesirakentaja 3: 34-55.
- 1960. Dräneringsförsöksverksamheten. Nordisk Jordbruks Forskning 42, 1960, 2: 199-207.
- Kananen, A. 1988. Puhelinkeskustelu 8.1.1988.
- Keso, L. 1923. Tutkimuksia laatikkosalaojien vedenjohtokyvystä sekä niiden suuruuden laskeminen suunnittelussa. Teknillinen Aikakauslehti 13, 1923: 373-381.
- 1924. Salaojitustäytteistä ja salaojittamisvirheistä. Suomen Salaojitusyhdistyksen julkaisu n:o 4: 5-10.
- 1938. Tutkimuksia veden pääsystä salaojaputkistoon. Teknillinen Aikakauslehti 28, 1938, 11. Eripainos. 7s.
- 1940. Ojaetaisyyskoe urpasavimaalla. Suomen Maataloustieteellisen seuran julkaisuja 42, 1940, 2: 1-34.
- 1951. Salaojitustyöt. Helsinki. 299s.
- Kivisaari, S. 1984. Salaojatutkimuksen järjestäminen Suomessa. Moniste. Maatalouden tutkimuskeskus. Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto. 46s.
- Korhonen, K-H. 1963. Pienten putkijohtojen kuormituksesta. VIT:n julkaisu 78. 79s.
- Muotiala, S. 1984. Muovisalaojaputkien käyttö Suomessa. Suomen ja Neuvostoliiton välinen tieteellis-tekniillinen yhteistoiminta. Maanparannus ja vesitaloussymposium 30.7-3.8.1984 Jyväskylä. Muovien käyttö maanparannustöissä. S. 50-58.
- Muotka, J. 1978. Muut suodatinaineet salaojituksessa. Vesitalouden seminaari. TKK. 28s.
- Mäenpää, O. 1983. Salaojituksen tekninen kehitys Suomessa. Tiilisalaojitus 125 vuotta. Tiili 1983. 18-21.
- Niinivaara, K. 1945. Kestävyysskojeita jäädytetyillä ja roudan vaikutuksen alaisina olleilla salaojaputkilla. Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja 1944-45: 74-92.

- Peräkylä, O. 1955. Kairattujen puuputkien paineenkestävyys ja vedenjohtokyky. Maa- ja vesirakentaja 2, 1955: 98-102.
- Perälä, T. 1966. Muovista valmistettujen salaojaputkien lujuusvaatimuksista. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööri-osasto. 31s.
- Päiväläinen, S. 1984. FeCr-kuona salaojahiekkana. Outokumpu Oy:n raportti 5397-135/84.
- 1962a. Putket kehittyvät. Käytännön Maamies 11, 1962, 5: 228-230
  - 1962b. Muovisten salaojaputkien siivilä- ja saumarakojen vedenläpäisykyvystä. Koetoiminta ja Käytäntö 19, 1962, 1: 1,4.
  - 1967. Salaojituksen ja salaojityön tutkimuksesta. Tiili 1967, 2: 22-24.
- Rathmayer, H. 1971. Kiesfilter für tondränrohre bei fundamententwässerungen. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Tiedotussarja 3, 1971, rakennus 165. 45s.
- Rauste, E. Salaojituksen kehityksestä. Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja 1939, 226-263.
- Rintanen, S. 1984. Salaojasoran laatuvaatimuksista. Moniste. Salaojakeskus. 11s.
- Rusila, S. 1980. Salojittajan opas. Tieto tuottamaan 10. Maatalouskeskusten liiton julkaisuja n:o 633. 36s.
- Saavalainen, J. 1984. Salaojittajan käsikirja 2a. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys 1984. 84s.
- Salaojitusyhdistyksen pöytäkirja 12.3.1957.
- Silfverberg, P. 1978. Kokeellinen tutkimus rakennuspaikan salaojitukseen liittyvistä tekijöistä. Moniste. Rakennushallitus. 1978. 41s.
- Strandman, A. 1978. Erilaatuiset suodatinsorat salaojituksessa. Vesitalouden seminaari. TKK. 23s.
- Suonio, J. 1983. 125 vuotta tiiliputkisalaojitusta. Tiili 1983. Tiilisalaojitus 125 vuotta: 4-5.
- Suortti-Suominen, T. 1982. Kookoskuitukankaan ominaisuudet salaojan ympäryrsaineena. Vesitalous, 23, 1982, 6: 14-22.
- 1983. Salaojaputken ympäryrsaineista. Teho 34, 1983, 4: 8-9.
- Suortti-Suominen, T. & Virtanen, S. & Saavalainen, J. Soraa salaojiin. Teho 38, 1987, 4: 6-8.
- Tiainen, I. 1987. Salaojaputken ympäryrsaineista. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 1987, 3: 21-55.
- Virrankoski, P. 1959. Suomen varhaiskantainen salaojitus. Suomen museo 1959: 90-119.
- Zilliacus, L. 1983. Salaojakeskuksen vuosikirja 1983. Artikkeliosa. Ss. 32-37.

### 4.3 SALAOJITUSTYÖ

Salaojitustyötä käsittelevään tutkimukseen on tässä sisällytetty myös salaajakoneisiin ja -laitteisiin kohdistunut tutkimus. Salaojituskoneiden ja laitteiden tutkimus on ollut lähinnä valmistajien tekemää omaa kehittämistyötä. Koneiden tekemän salaojan laatua sekä myyräojitusta ja holviojitusta on sensijaan tutkittu tutkimuslaitosten toimesta, kuten myös itse salaojitustyötäkin.

#### 4.31 Salaojituskoneiden ja laitteiden tutkimus

##### Salaojituskoneet

Jo 1920-luvulla pyrittiin kehittämään kaivuuta varten koneita, koska lapiokaivu oli hidasta ja raskasta. Ensimmäinen maahamme tuotu kone oli amerikkalainen Buckeye, jota oli kokeiltu maassamme vuosina 1920-22. Yleisölle se esiteltiin ensi kerran Tampereen maatalousnäyttelyssä vuonna 1924. Melko tyydyttävästä työsuorituksesta huolimatta jouduttiin koneiden käytöstä jo muutaman vuoden kuluttua luopumaan, koska kaivutyö niitä käyttäen tuli huomattavasti lapiotyötä kalliimmaksi. Sotien jälkeen alettiin Yhdysvalloista tuoda Buckeye-koneiden lisäksi Cleveland-merkkisiä kaivukoneita. Näistä edellinen osoittautui meidän oloihin sopivammaksi (Juusela 1950 b, Mäenpää 1983).

Kesällä 1950 Maatalouskoneiden tutkimuslaitoksessa tehdyssä tutkimuksessa vertailtiin salaajakaivukoneiden ominaisuuksia, mm. kaivutarkkuutta. Tutkimuksen kohteena olivat Buckeye- ja Cleveland-salaojankaivukoneet sekä Santahaminan tehtaan valmistama kone. Tutkimus osoitti, että silloiset salaajankaivukoneet täyttivät salaojitustyön laadulle asetetut vaatimukset (Airaksinen 1951).

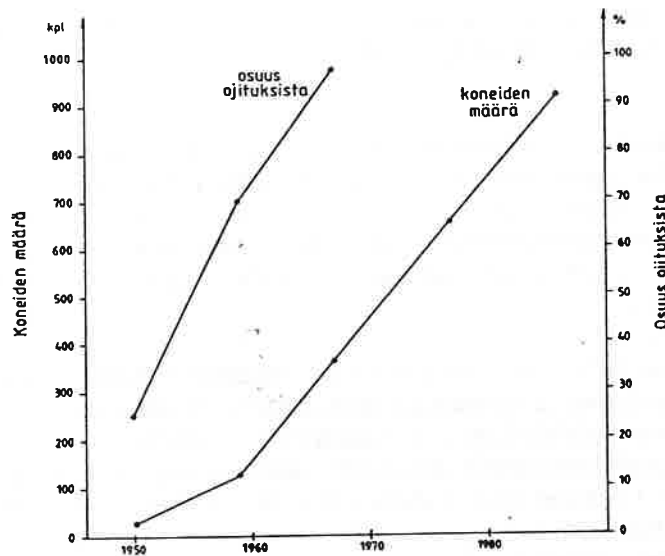
Ulkomaisten salaajankaivukoneiden aiheuttaman runsaan sora- ja korkeiden hankintakustannusten vuoksi pyrittiin Suomessa kehittämään kotimainen salaajankaivukone. Kahdella eri taholla valmistuikin vuonna 1949 kotimainen raskas kauhapyöräkone. Sekä Puolustuslaitoksen Santahaminan konepajan että Pellonraivaus OY:n kone oli rakennettu White-maastoauton alustalle. Raskaat koneet olivat tehokkaita ja käyttöominaisuuksiltaan hyviä. Koska työmaat kuitenkin olivat pieniä, keskimäärin 3 ha, sekä hajallaan, muodostivat koneiden siirrot tuntuvan lisän kustannuksiin. Myöskin miehistön majoittaminen, n. 10 miestä, tuotti pienemmille tiloille hankaluuksia. Suhteellisen kalliit ja raskaat koneet eivät yleistyneetkään (Juusela 1950b, Kaltio 1968).

Raskaan kaivukoneen soveltumattomuus meikäläisiin olosuhteisiin johti siihen, että niiden tilalle alettiin suunnitella kevyempiä ja halvempia koneita. Useita malleja kokeiltiin jo 1940-luvulta lähtien. Varsinainen läpimurto tapahtui kuitenkin vasta 1950-luvun lopulla, jolloin kevyt tavalliseen maataloustraktoriin kytketty kaivulaite valmistui kahdellakin kotimaisella konepajalla. Toinen oli Pohjanmaalla valmistettu Jehu-merkkinen laite ja toinen loimaalaisen Kurpan Konepajan suunnittelema Mara. Näiden rinnalle ilmestyi kilpailijana Ruotsissa valmistettu Hercules-niminen salaajankaivukone. Koska pääosa salaojituksestamme tehtiin silloin tasaisilla, kivettömillä, helppokaivuisilla mailla, nämä yksinkertaiset kevyet kaivukoneet yleistyivät nopeasti 1960-luvun alussa. Mara osoittautui näistä kilpailukykyisimmäksi. Jehun kohtaloksi koitui heikko kestävyys ja huoltojärjestelmän puuttuminen. Hercules oli puolestaan kömpelö ja sen tekemä jälki oli huonoa. 1960-luvun loppulla Mara-ketjukone olikin vallannut kotimaiset markkinat kokonaan (Kaltio 1968, Kurppa 1984 & 1987).

Vuonna 1962 Kurpan konepaja toi markkinoille kaivukonemallin, jossa oli ns. tandem-alusta. Siinä oli yksi vetävä pyöräpari lisää ja edeltäjänsä parempi maastokelpoisuus. Seuraavana vuonna valmistui raskaampi kaivupyöräkone, Ukko-Mara, joka traktoriin kytkettynä kuitenkin säilytti hyvät siirto-ominaisuudet.

1970-luvulla salaajitukset toteutettiin maassamme miltei yksinomaan kevyillä, kotimaisilla kaivukoneilla, joita oli olemassa kolme eri tyyppiä. Varsinaisia salaajankäivukoneita olivat kaivupyöräkoneet ja kaivuketjukooneet. Kolmantena tyyppinä oli tavallinen salaajakauhalla varustettu kauha-kone, jolla kaivettiin yleensä kaivot, teiden alitukset ja kiviset alueet (Vesitalouden seminaari 1978-79). 1980-luvulla salaajitustöissä on em. lisäksi käytetty aurasalaajakoneita.

Viime vuosina tapahtunut salaajituksen painopisteen siirtyminen pohjoisemmaksi Keski- ja Itä-Suomen vaikeasti ojitettaville alueille on asettanut salaajituskoneille uusia vaatimuksia. Vuonna 1984 Kurpan Konepajalta tulikin markkinoille Karhu-Mara, järeä ketjukäivukone vaikeimmin ojitettaville maille. Vähän myöhemmin valmistui Norsu-Mara (Kurppa 1987). Kuviossa 5 on esitetty salaajituskoneiden yleistymisen ja konekaivun lisääntymisen 1950-luvulta lähtien.



Kuvio 5. Salaajituskoneiden yleistymisen ja konekaivun lisääntyminen 1950-luvulta lähtien.

Aurasalaajitusmenetelmä kehitettiin myyräojituksesta 1960-luvulla. Aurasalaajituskoneella asennetaan maahan salaajaputki kaivantoa tekemättä. Vetokoneen perässä on jankkuria tai myyräauraa muistuttava laite (aura), jonka sisällä salaajaputki siirtyy maan sisään. Aura tekee putkelle tilaa kohottamalla ja/tai tiivistämällä maata. Menetelmän käyttömahdollisuuksia tutkittiin Kurpan Konepajalla jo vuonna 1962. Tuotteen kehittelystä kuitenkin ennen pitkää luovuttiin siitä saatujen huonojen kokemusten vuoksi (Kurppa 1987).

Vuonna 1981, kun maahamme oli tuotu kolme länsisaksalaista aurasalaajituskonetta Salaajituksen tutkimusyhdistys käynnisti esitutkimuksen, jonka tarkoituksena oli selvittää aurasalaajituksen soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin. Tutkimuksessa tehdyn kirjallisuusselvityksen mukaan aurasalaajien kuivatus-teho on kaivumenetelmällä tehtyjä salaajia huonompi hienorakeisimmissa maalajeissa, joiden rakenteen pysyvyys varsinkin märkänä aikana ojitettaessa on huono. Sen sijaan esim. hiekkamaissa kuivatus-tehoissa ei ole todettu eroa. Kesällä 1981 käytännön työmailla tehdyissä tutkimuksissa mitattiin

mm. aurasalaojien tasaisuutta, kaltevuutta ja korkeustasoa vaaitsemalla. Lisäksi havainnoitiin muiden vaadittujen rakenteiden laatua. Pyrkimyksenä oli selvittää, pystytäänkö aurasalaojitusmenetelmällä tekemään suomalaiset salaojitusvaatimukset täyttävää salaojaa. Mittausten perusteella ei aurasalaojituksen laatu vielä kaikilta osin täyttänyt salaojitukselle Suomessa asetettuja vaatimuksia. Oikean korkeustason saavuttaminen näytti riippuvan selvästi urakkaryhmän huolellisuudesta ja tottuneisuudesta. Oikean kaltevuuden saavuttamisessa ei teknisesti näyttänyt olevan suuria ongelmia, sen sijaan tasaisuudessa oli ensimmäisillä työmailla vielä parantamisen varaa (Vakkilainen & Suortti-Suominen 1982ab).

Aurasalaojitusstudkimusta jatkettiin Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitoksessa. Tutkimuksessa "Aurasalaojituksen käyttömahdollisuudet" selvitettiin aurasalaojakoneella tehtyjen ojien teknistä laatua ja verrattiin sitä asetettuihin vaatimuksiin sekä myös kaivavilla koneilla tehtyjen ojien laatuun. Tutkimus osoitti, että aurasalaojakone on täysin kilpailukykyinen kaivavien koneiden rinnalla. Esim. pohjan tasaisuudessa on aurasalaojako- neen tulos jonkin verran muiden koneiden tulosta parempi. Aurasalaoja- ja kaivupyöräkoneilla tehdyistä ojista runsas 60 % ja kaivuketjukoneilla tehdyistä noin 20 % täytti asetetun pohjan tarkkuusvaatimuksen. Tutkimuksessa ei kiinnitetty huomiota eri koneilla tehtyjen ojien toimivuuteen (Esala 1983a,b).

Taulukko 7. Eri salaojituskoneilla tehtyjen ojien laatu (Esala 1983b).

Koejäsen	Eri kokoisten poikkeamien määrä				Tasaisuusvaatimuksen täyttäviä ojia		Keskimääräinen havaittujen poikkeamien väli	
	± 1 - ± 2 cm		yli ± 2 cm		kpl/kpl	%	± 1 - ± 2 cm   yli ± 2 cm	
	*)kpl/kpl	%	*) kpl/kpl	%			m	m
Aurasalaojakone	36/1136	3.2	2/1136	0.2	30/48	62	111	1995
Kaivupyöräkone	14/322	4.3	4/322	1.2	13/20	65	87	306
Kaivuketjukone	44/541	8.1	12/541	2.2	4/20	20	42	155

\*) poikkeamien määrä kaikista havainnoista koejäsenittäin

#### Salaojituslaitteita koskevat tutkimukset

Sorastus oli miltei poikkeuksetta viljelijän tehtävänä 1960-luvun loppupuolelle asti. Salaojituksen nopeutuminen ja työvoiman jatkuva väheneminen maataloudessa muuttivat kuitenkin tilanteen sorastuksen osalta varsin hankalaksi. Yhä useammalle viljelijälle kävi ylivoimaiseksi suoriutua siitä muiden työvaiheiden edellyttämällä nopeudella. Koska sorastusta ei voi siirtää myöhemmin tehtäväksi, vaan sen on varsin kiinteästi seurattava putkitusta, tuli sorastuksesta siten koko salaojituksen edistymistä rajoittava tekijä. Syntyi tarve rationalisointiin. Vuonna 1963 kehitettiinkin Kurpan konepajalla soran levitysvaunu, joka kuitenkin vasta 1960-luvun loppupuolella alkoi yleistyä urakoitsijoiden keskuudessa. Nykyisin se kuuluu lähes jokaisen työryhmän koneistukseen (Heikkilä 1967, Kurppa 1984, Mäenpää 1987).

Myös konekaivussa oli aluksi paljon jälkityötä. Irtomaat jouduttiin poistamaan ja pohja tasaamaan ajokeppiä ja vettä apuna käyttäen. Koneiden kaivutarkkuuden parannuttua niin, että huolellinen ajaja pystyi kaivamaan pohjan yhden senttimetrin tarkkuudella, muoviputkia voitiin laskea koneellisesti heti kaivun jälkeen. Tällöin myös tiiliputkiteollisuus alkoi etsiä vastaavaa rationalisointikeinoa. Kun samoihin aikoihin myös tiiliputkien laatu parani, saatiin pitkän kehittelytyövaiheen jälkeen aikaan toimiva laite, jolla voitiin laskea 40-65 mm:n putket puoliautomaattisesti. Menetelmässä putken-



laskija istuu koneen perässä ja sovittaa putket käsin kouruun, josta ne liukuvat ojan pohjalle. Puoliautomaattisen putkenlaskun käyttöönotto oli 1970-luvulla merkittävin kehitys salaojitusstyössä (Mäenpää 1983, Huttunen 1986). Kurpan konepajalla kokeiltiin 1970-luvun alussa myös täysautomaattista putkenlaskukonetta. Kokeilu kuitenkin epäonnistui ja hankkeesta luovuttiin (Kurppa 1984).

Salaojan kaivussyvyys säädettiin pitkään käsiventtiileistä. Pelloilla oli tähtäyssihdit, joiden perusteella ojittaja ajoi. Menetelmällä saatettiin päästä n. 1 cm:n tarkkuteen, mutta kaikki riippui tähtäyssihtien asettelu-tarkkudesta ja ajajan huolellisuudesta. Vuodesta 1969 lähtien Mara-salaoja-koneissa on ollut mahdollista käyttää laser-sädeohjattua automaattista syvyydensäätölaitetta, joka kallistuksen säädön jälkeen hoitaa kaiken auto-maattisesti. Laserin käyttö lisäsi kaivutarkkuutta ja mahdollisti ojittamisen hämärässä. Samalla se vähensi työvoiman tarvetta, kun paljon työtä aiheut-tanut sihtien asettelu jäi pois (Kurppa 1984, Mäenpää 1983). Toistaiseksi laserlaitteen kalleus on ollut laajemman käytön esteenä. Vuonna 1983 kaiva-vista koneista 5 % oli varustettu laser-ohjauksella (Esala 1983a).

#### 4.32 Myyräojitus

Myyräojaksi kutsutaan sellaista ns. myyräauralla maahan tehtävää, salaojana toimivaa, yleensä maanpinnan suuntaista uraa, jossa veden poisjohtajana ei käytetä minkäänlaista putkistoa. Myyräojitus on kivettömille loivasti viet-ävälle savimaille sopiva ja tavallista tiiliputkisalaojitusta huomattavasti halvempi ratkaisu. Se suunnitellaan nykyisin miltei aina ojitusyhdistelmäksi, jonka runkona on harva tiiliputkiojaverkosto. Kotimaassaan Englannissa myyräojitus on yhä tiiliputkisalaojitusta suositumpi. Sen suosio johtuu siitä, että hitaasti vettä läpäisevät savimaat voidaan salaojittaa riittävän matalaan ja tiheään kustannusten silti kohoamatta kohtuuttomasti: tarkoitus on lähinnä pintavesien seisonnan estäminen ja poisjohtaminen eikä pohjave-denpinnan alentaminen (Elomaa ym. 1974).

Ensimmäisen kerran myyräojitusta kokeiltiin Suomessa jo 1920-luvun loppu-puolella. Tällöin maahamme oli tuotu muutama englantilainen myyräaura, joilla suoritettiin lähinnä kokeilumielessä eräitä ojituksia Lounais- ja Etelä-Suomessa. Kokeilujen tulokset olivat miltei poikkeuksetta kielteisiä, ja kun salaojitus-harrastus oli tällöin vielä muutoinkin varsin vähäistä, ei tätä täysin suunnittelematonta koetoimintaa jatkettu (Hallakorpi 1927). Juuselan (1950) mukaan epäonnistuminen on ainakin osaksi johtunut liian suurista ojaetäisyyksistä (10-12 m). Myöskään maalajin valintaan ei oltu aina kiinnitetty tarpeeksi huomiota. Uusia myyräojituksen käyttöyrityksiä ei maassamme liene tehty ennen vuotta 1949, jolloin Kiialan kartanossa Porvoon maalaiskunnassa tehtiin myyräojituskokeita urpasavimaalla. Vuonna 1950 Salaojitus-työ Oy suunnitteli kartanon pelloille aitosavimaalle myyrä-ojituskoekentän. Kentän toteuttamisesta ei ole tietoa. Harrastuksen uudel-leen heräämiseen vaikuttivat ennen kaikkea Ruotsissa tästä ojitustavasta saadut myönteiset kokemukset.

Maataloushallituksen vesitekniillisen tutkimustoimiston 1950-luvun alussa aloittaman ojituskoetoiminnan yhtenä tarkoituksena oli tutkia myyräojituksen käyttömahdollisuuksia Suomen oloissa. Koetoiminnan tehtävänä oli lisäksi selvittää mm. millä tavoin ja mahdollisesti mitä lisäaineita käyttäen myyräkanavan seinämien kestävyttä voitaisiin lisätä ja ojituksen toiminta-aikaa näin pidentää (Juusela 1953, 1955a). Tätä tarkoitusta varten perustet-tiin maahamme toistakymmentä myyräojituskoealuetta (Pälikkö 1956). Runkover-kostona myyräojituskokeissa käytettiin harvaa poikittaissuuntaista tiiliput-kiojitusta, jossa imuojien etäisyys oli 50-100 m ja syvyys vain 70-80 cm. Myyräojien väli oli maalajista riippuen 2-4 m ja syvyys 40-60 cm (Juusela 1953).



Tulokset myyräojituksen tehokkuudesta olivat myönteisiä. Tikkurilan aitosavimaalla syksyllä 1954 sattuneen sadekauden jälkeen tehdyt mittaukset osoittivat salaojitettua (ojaetäisyys 16m) ja myyräojitetun alueen saavuttaneen riittävän kantavuuden 2 vuorokautta sateen päätyttyä. Ojattomalla loholla sama tilanne saavutettiin 10 vuorokautta myöhemmin (Juusela 1957). Muilta koealueilta saatiin vastaavanlaisia tuloksia. Tiiviillä, hitaasti vettä läpäisevillä savimailla kuivatusteho oli myyräojitetuilla alueilla jopa parempi kuin muilla tavoin salaojitetuilla alueilla. (Juusela 1954, 1955b, 1956a). Tutkimustoiminta jatkui, mutta kiinnostus myyräojitusta kohtaan kuitenkin laimeni. Osoittautui, että se meikäläisissä olosuhteissa roudan vaikutuksesta tukkeutuu nopeasti. Ojitus joudutaan uusimaan 3-5 vuoden välein.

#### Muovinauhaojitus

Muovinauhaojitus levisi Suomeen Keski-Euroopasta 1950-luvun lopulla. Siinä myyräoja-auran reiän vahvistuksena käytettiin spiraaliksi kierrettyä muovinauhaa. Suomessakin muoviteollisuus yhdessä eräiden ojittajien kanssa kehitti oman version muovinauhaojituksesta. Siinä myyräauran puristama myyräkanava suojattiin muovinauhasta taivutetulla putkella (Juusela 1960). Muovinauhaojituksen kustannukset olivat vain kolmasosa verrattuna tavalliseen tiili-putkiojitukseen. Pian kuitenkin osoittautui, että muovinauhaojitus ei toiminut. Ojat sortuivat tukkoon ja pellot jouduttiin salaojittamaan uudestaan (Juusela 1959a, Huttunen 1986).

### 3.33 Holvisalaojitus

Turvemaiden salaojituksessa on lautasalaojituksen lisäksi kokeiltu myös miesvoimin tehtävää holvisalaojitusta. Onnistuminen riippui ennen muuta turpeen kiinteydestä ja tasalaatuisuudesta, sillä holvin katteeksi taivutettu turvereuna murtuu helposti. Menettely oli suuritöisyydestään huolimatta suhteellisen halpa, koska varsinaista putkistoa ei tarvita. Holviojat tehtiin usein vanhojen avo-ojien pohjaan. Ojitus tapa on käytetty myös Suomessa, lähinnä polttoturvesoiden kuivauskenttien kuivatuksessa (Juusela 1959b, Kaitera 1951).

Professori Pentti Kaiteran johdolla suoritettiin tutkimuksia halvempien salaojitusmenetelmien käyttöönottamiseksi. Osan näistä muodosti Kujalan (1951) tutkimus reikäsalaojien käyttömahdollisuuksista turvemaalla. Tutkimuksen kohteena oli kolme erilaista ojatyyppeä: kansioja, suon pinnalta umpeen taivutettu holvioja sekä vanhan avo-ojan pohjalle tehty holvioja. Tutkimuksessa kävi ilmi, että sara- ja saravaltaisessa turpeessa ojat kestävät paremmin kuin rahkavaltaisessa turpeessa. Maatumisasteella ei havaittu olevan käytännössä merkitystä ojien kestävyysasteeseen. Kujalan mielestä holviojien voidaan olettaa tukkeutuvan, jos ojitus suoritetaan raivauksen yhteydessä, jos työn suoritusta ei valvota ja jos suossa on hyvin paljon hakoja. Eräät holviojat ovat Kujalan mukaan pysyneet toimintakuntoisina yli 30 vuotta.

### 4.34 Talvisalaojitus

Salaojien kaivutöiden suoritustapaan ja sen kannattavuuteen vaikuttaa oleellisesti vuotuisen työkauden pituus. Maan keväisen märkyyden ja syysajan runsassateisuuden vuoksi on tehokas salaojituskausi Etelä-Suomessa noin 5 kuukautta ja pohjoisempaan vieläkin lyhyempi. Lyhyt työkausi pienentää etenkin raskaiden ja kalliiden koneiden käytön kannattavuutta (Elomaa ym. 1974).

Salaojitus työn kausiluontoisuuden poistamiseksi ryhdyttiin keväällä 1963 järjestelmällisesti selvittämään peltomaiden salaojittamismahdollisuuksia maan ollessa roudassa ja lumen peitossa. Tutkimus kuului osana valtiovallan vuonna 1951 käynnistämään keskitettyyn koe- ja tutkimustoimintaan. Talvisalaojitusta koskevan koesuunnitelman mukaan tarkoituksena oli selvittää sekä ojituksen teknilliset suoritusmahdollisuudet johdannaisineen että talvioloissa tehtyjen salaojien toiminta (Pälikkö 1963 & 1965).

Keväällä 1963 suoritettiin koeojitus Helsingin kaupungin omistaman Tuomarin- kylän kartanon maalla. Pälikön (1965) mukaan ojituskoe osoitti, ettei routa ja lumi tuottanut huomattavaa haittaa konekaivulle. Alkukaivuun kului enemmän aikaa kuin normaalisti. Pohjan puhdistajalle ojan reunoilta kariseva lumi antoi ajoittain lisätyötä. Putkien lasku ja asettelu ojan pohjalle sujui työntekijän käsityksen mukaan suunnilleen normaalisti. Putkien kuljetus ja soran ajo ojien varteen sujui ajoittain epätyytyttävästi ja hidasti ojitustöiden valmistumista. Ojien täyttö pyörätraktorilla oli paksun lumipeitteen vuoksi hidasta. Tarkoitukseen olisi ilmeisesti paremmin sopinut puoliteloilta varustettu pyörätraktori. Työn tilaajat pitivät salaojitus töiden toimeenpanoa talvisaikana edullisena. Tähän oli syynä helppo työvoiman ja kuljetuskaluston, lähinnä traktorien ja peräkärrien saanti naapureilta kiireiseen kesäkauteen verrattuna. Etuna pidettiin myös sitä, että talvella salaojitettu pelto voidaan keväällä normaaliin tapaan muokata kylvöjä varten jättämättä aluetta kesannolle ojitustöiden ajaksi, kuten eräillä tiloilla on tapana tehdä. Työsaavutukset talvella jäivät keskimäärin 60-70 % :iin kesän normaali ojituksiin verrattuna. Koneen suurempi kuluminen ja huoltotarve ja toisaalta pienempi kaivunopeus lisäävät kaivukustannuksia n. 20-25% (Pälikkö 1966).

Ensimmäiset työmaat antoivat talvisalaojitukselta siksi myönteisiä tuloksia, että mm. maamme suurin salaojitusurakoitsija, Pellonraivaus OY, otti talvisalaojitus työt ohjelmaansa. Ojitusmäärät olivat kuitenkin varsin pieniä esim. talvina 1964 ja 1965 Pellonraivaus OY salaojitti yhteensä 157 ha peltoa (Pälikkö 1965). Vaikka talvisalaojitus kokeilua pidettiin onnistuneena, ei työmuoto ole yleistynyt, koska se on suuresti riippuvainen routa- ja sääoloista (Anon. 1986). Talvella onkin salaojitettu lähinnä sellaisia alueita, joiden salaojitus ei kesällä maan huonon kantavuuden vuoksi ole mahdollista.

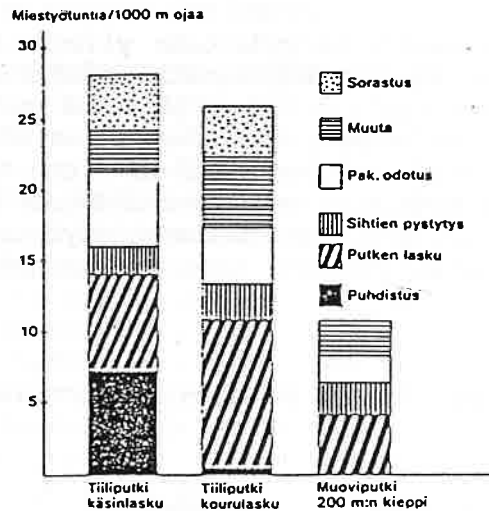
#### 4.35 Salaojitus työntutkimukset

Salaojitus työtä on Suomessa tutkittu suhteellisen vähän. Tutkimuksia on tehty vesihallituksessa (Mattila 1976), Helsingin yliopiston Maatalousteknologian laitoksella (Puputti 1981b) sekä Työtehosteissa (Peltola ym. 1983).

Vesihallituksen teknillinen tutkimustoimisto tutki kesällä 1975 salaojituksen työmenekkiä. Käytännön salaojitus työmailla tehdyissä tutkimuksissa vertailtiin kolmea eri menetelmää: tiiliputken käsinlaskua laskukoukulla, tiiliputken puoliautomaattista kourulaskua sekä muoviputken laskua suoraan 200 m:n kiepiltä. Kokonaistyömenekin lisäksi havainnoitiin eri työnvaiheisiin eri menetelmillä kulunut aika.

Kokonaistyömenekin suhteen ei tiiliputken laskussa käytetyillä menetelmillä ollut suurta eroa. Kourulasku vaati 2.3 miestyötuntia/ 1000 m ojaa vähemmän kuin käsinlasku. Muoviputkea käytettäessä työmenekki oli vajaa puolet tiiliputkeen verrattuna. Eniten odotusaikaa oli käsinlaskussa (5 mt/1 000 m), vähiten muoviputkea laskettaessa (n. 2 mt/1 000 m). Odotusajan muodostuminen oli eri menetelmillä erilaista. Kourulaskussa työntekijät joutuivat odottamaan, koskakaivukoneen teho ei ollut riittävä. Sama koski muoviputken laskua. Käsinlaskussa sen sijaan putkenlaskijan työsaavutus asetti rajan

päivittäiselle työsaavutukselle. Kaivussyvyyden säätö Laser-säteellä ei tutkimuksen mukaan vähentänyt työmenekkiä, kun kaivetaan lyhyitä imuojia. Salaojakaivukoneen kuljettajan työtä se helpotti kuitenkin olennaisesti (Mattila 1976).



Kuvio 6. Työmenekki eri salaojitusmenetelmillä (Mattila 1976).

Kesällä 1980 Maatalousteknologian laitoksella tehdyn tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää traktorikaivurilla tapahtuvan salaojituksen kokonaistyömenekki ja sen jakautuminen työn eri vaiheille kivennäismaalle tehtävässä muovi- ja tiiliputkiojituksessa. Tarkoituksena oli myös hankkia tietoa kaivurisalaojituksen työmenetelmistä ja välineistä.

Jokaiselta työmaalta selvitettiin kaivurin, putkien- ja soransiirtotraktorin sekä kaikkien työntekijöiden kokonaistyömenekit ja niiden jakautuminen eri työtapahtumille. Kaivurin kokonaistyömenekki oli sataa ojametriä kohden 1.51-2.76 h. Mikäli työmaalla käytettiin yhtä traktoria putkien ja soran siirtämiseen, oli kokonaistyömenekki 1.84-2.48 h/100m, ja kahta traktoria käytettäessä se oli 2.98-5.47 h/100 m. Nämä työmenekit riippuivat kaivurin työmenekistä, sillä traktorit olivat työmaalla yleensä saman ajan kuin kaivuritkin. Niiden tapahtumien osuus, jotka eivät ole tehokasta työaikaa, oli kaivurilla noin 20 %, traktorilla noin 35 % ja työntekijöillä 17-37 % kokonaistyömenekistä. Viimeksi mainittuun vaikutti lähinnä työntekijöiden lukumäärä. Tutkimus osoitti, että kaivurin tehollista työaikaa voidaan lisätä muuttamalla työnjakoa niin, että kuljettajan kaivurin käyttämisen osuus lisääntyy. Muita työmenekin pienentämiskeinoja olivat tutkimuksen mukaan: kauhan puhdistus ja huoltaminen riittävän usein, kauhojen kehittäminen, vain yhden traktorin käyttäminen putkien ja soran siirtoon, työntekijöiden määrän vähentäminen kahteen tai kolmeen sekä salaojittajien opastamisen lisääminen (Puputti 1981a,b).

Työtehoseurassa tutkittiin vuosina 1981-82 salaojitusta kaivupyörä- (Ukko-Mara) ja kaivuketjukoneella (Ketju-Mara). Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mahdollisuuksia salaojituksen työtehon parantamiseksi. Tutkimuksia tehtiin sekä tiili- että muoviputkityömailla.

Salaojituksen kokonaistyömenekki tutkituilla 36:lla työmaalla oli 233 min/100 m ja työnryhmän työntuotos 121 m/h. Ukko-Maran työmailla työntuotos oli 150 m/h ja Ketju-Maran työmailla 28 m/h. Osasyynä varsin huomattavaan eroon olivat olosuhdevaihtelut. "Tehottomien" ja "tehokkaiden" työmaiden työmenekkiä verrattaessa erot olivat suurimmat putkenlaskutoissa ja pakollisessa odotuksessa. Molemmilla konetyypeillä kokonais- ja työnryhmän työmenekki "tehottomilla" työmailla oli lähes kaksinkertainen "tehokkaisiin"

työmaihin verrattuna. "Tehottomilla" työmailla salaojituskone seisoj paljon työssä esiintyvien häiriöiden johdosta ja kuljettajan puuttuessa välillä muiden työhön. Lisäksi verrattiin salaojitustyötä Suomessa ja Ruotsissa. Salaojituksen työntuotos oli Ruotsissa huomattavasti parempi kuin Suomessa lähinnä parempien olosuhteiden ansiosta.

Muoviaaltoputki todettiin käsiteltävyydeltään ylivoimaiseksi tiiliputkeen nähden. Käytännössä muoviaaltoputkea käyttämällä säästetään yhden työntekijän työpanos. Tutkimuksen perusteella voitiin päätellä salaojituskoneella ja sen kuljettajalla olevan ratkaiseva vaikutus salaojitusryhmän työtehoon. Kaivunopeuden tulee olla suuri ja koneen kaivaa ilman tarpeettomia keskeytyksiä. Kuljettajan pitää keskittyä omaan tehtäväänsä ja jättää muut työt apumiehille. Ammattitaitoiset apumiehet ovat edellytyksenä työn edistymiselle ja heidän koulutuksensa salaojitus työn tehostamisen avainkohta (Peltola & Salonen & Oksanen 1983).

Taulukko 8. Yhteenveto salaojituksen standardiajoista (Peltola 1983).

Työnvaihe/menetelmä	Työnmenekki, min/100 m			Työnvaihe/menetelmä	Työnmenekki, min/100 m		
	Olosuhteet				Olosuhteet		
	Hyvä	Tyypillinen	Huono		Hyvä	Tyypillinen	Huono
Sihüän käsittely	10,9	17,9	22,9	Ljitostyt (min/vuotos)	16,2	19,9	24,6
Laser-laitteen asennus ja säätö	1,6	3,0	4,3	- tiiliputkiliitos			
Kaivaminen ja siihen liittyvät tapahtumat				- muoviputkiliitos	15,0	20,6	29,8
- Ketju-Mara	29,1	46,9	72,2	kauhakaivurilla evälen	18,1	21,5	27,1
- Ukko-Mara	19,2	32,7	55,6	kaivukoneen ojaan			
Ojanpohjan tasoitus	-	5,0	13,0	Kaivotyöt (min/käyrä)			
Putkenlaskutyöt (tiiliputki):				- kauhakaivurin työ	33,0	44,0	55,0
Koukkulasku				- muu miestyö	27,5	38,5	49,5
- kokooajan koukkulasku	38,5	49,5	66,0	Tiiliputken nouto ja jako			
- imujan koukkulasku	27,5	30,8	35,2	- koneen telineeseen kourulaskussa			
Kourulasku				1 mies	16,5	21,0	27,5
- syöttö laskukouruun				2 miestä	22,0	28,6	37,4
Ketju-Mara	21,5	30,5	39,5	- ojan reunalle koukkulaskussa	27,5	30,8	35,2
Ukko-Mara	13,5	18,6	24,9	Soran nouto ja sorastus			
- putkiliinjan oikaisu	4,8	18,2	30,0	- kuoraus ja kuljetus	10,2	15,8	21,5
- koukkulasku osalle kokoojasta	-	3,7	7,5	- sorastus			
(isot putket)				Sora-Maralla	8,5	14,1	20,3
Putkenlaskutyöt (muoviputki):				lapiolla perävaunusta	64,0	82,0	99,0
- kelan nouto ja vaihto	2,3	5,3	12,4	Ruokamullan pudotus			
- putken syöttö kouruun	-	1,1	4,3	- päähyönä 1 miehellä	28,0	34,0	40,0
- putken painaminen sorastettaessa	16,5	19,8	27,5	- painoksi suodatinmuoviputken päälle	9,0	11,0	15,0
				Tarvikkeiden nouto	0,3	1,2	4,2
				Muut, häiriönkorjaus työt	0,2	5,5	16,2

Kaikki kolme työntutkimusta tehtiin havainnointimenetelmällä, ja tulokset ovat pääpiirtein vertailukelpoisia keskenään. Mattilan ja Peltolan tutkimusten välisenä aikana salaojituksen kokonaistyömenekki ja työntuotos eivät ole juuri kehittyneet. Tilanne johtuu työmenetelmien ja materiaalien vakiintuneisuudesta. Odotettavissa on, että muoviaaltoputki yleistyy edelleen (1983 lähes 50 % ojituksista tehtiin muoviputkilla, 1985 jo 60 %) ja että kokonaistyömenekki vähenee 20-25 % vuoden 1975 tasosta. Myös laserlaitteen käyttö yleistyy ja työvoimaa korvataan entistä enemmän koneilla (Peltola 1983, Anon. 1986).

#### LÄHDELUETTELO

- Anon. 1986. Drainage in Finland. Moniste. Salaojakeskus. 19s.  
 Airaksinen, J. 1951. Salaojankaivukoneiden kaivuominaisuuksista. Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja 1950: 89-95.  
 Elomaa, A. & Heinonen, R. & Jaakkola, A. ym. 1974. Maanviljelysoppi 1. 293s.  
 Esala, J. 1983a. Aurasalaojien tekninen laatu tutkittu. Teho 34, 1983, 4: 14-15, 16  
 -1983b. Aurasalaojakoneen jälki tutkittiin. Käytännön Maamies 32, 1983, 1: 58-59.  
 Hallakorpi, I. A. 1927. Myyräsalaojitus. Maatalous 20, 1927: 241-243.  
 Heikkilä, J. 1967. Vauhtia salaojien sorastukseen, koneellinen sorastus. Tiili 1967, 2: 34-35.



- Huttunen, E. 1986. Olavi Mäenpään haastattelu. Moniste. Toistaiseksi julkaisematonta materiaalia. Salaojakeskus.
- Juusela T. 1950a. Myyräsalaojituksista ja sen käyttömahdollisuuksista Suomessa. Maataloustieteellinen aikakauskirja 22, 1950:152-153.
- 1950b. Salaojien konekaivusta. Koetoiminta ja Käytäntö 7, 1950, 7-8:1,5.
  - 1953. Salaojien kaivutöiden koneellistaminen. Maatalouskoneiden käsikirja 1953. 224-234.
  - 1954. Myyräsalaojituksista erinomaisia tuloksia sateisenakin kesänä.
- Maaseudun Tulevaisuus 38, 1954, 92: 1.
- 1955a. Ojitus toiminnan tehtävät. Maatalous 48, 1955, 10:219-222.
  - 1955b. Myyräsalaojitus. Maatalous 48, 1955, 2: 31-35.
  - 1956a. Ojituksen järjestely lisää työtehoa. Teho 7, 1956, 4-5: 206-210.
  - 1956b. Salaojan kaivukoneiden käyttömahdollisuuksista Suomessa. Maatalous 49, 1956, 6: 147-150.
  - 1957. Sateen ja lämpötilan vaikutuksesta sadonkorjuutöihin. Koetoiminta ja Käytäntö. Eripainos. 14, 1957, 11. 4s.
  - 1959a. Salaojamestrin kustannus kolmannekseen uudella muovinauhamenetelmällä. Koneviesti 7, 1959, 21: 1-2.
  - 1959b. Norjalainen holvisalaoja-aura. Koneviesti 7, 1959, 23: 5.
  - 1960. Tiiliputkisalaojitusko aikansa elänyt. Koneviesti 8, 1960, 23:20-21.
- Kaitera, P. 1951. Peltojen salaojituksista. Maataloustieteellinen aikakauskirja. Eripainos. 23, 1951. 32s.
- Kaltio, M. 1968. Salaojitusyhdistys 1918-1968. Simonpaino Oy. Helsinki. 1968. 99s.
- Kujala, E. 1951. Turvemaahan tehtävistä reikäsalaojista. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööri osasto. 63s.
- Kurppa, M. 1984. Keveät koneet ja paikallisurakoitsijat saivat salaojituksen nousuun. Moniste. Salaojakeskus. 9s.
- 1987. Aarrevaaran haastattelu. Julkaisematonta materiaalia. Salaojakeskus.
- Mattila, I. 1976. Salaojituksen työmenekit on tutkittu. Saroilta 22, 1976, 1: 16-17.
- Mäenpää, O. 1983. Salaojitus tekniikan kehitysvaiheita. Tiili 1983. Tiili salaojituksessa 125 vuotta. ss. 18-21.
- Peltola, A. 1983. Salaojituksen työmenekki. Teho 34, 1983, 4: 4-7.
- Peltola, A. & Salonen, V. & Oksanen, E. 1983. Salaojitus työ kaivupyörä- ja kaivuketjukoneella. Työteho seuran julkaisuja 250: 97s.
- Puputti, S. 1981a. Kaivurisalaojituksen työmenetelmää kehitetään. Käytännön Maamies 30, 1981, 6: 53-54.
- 1981b. Havainnointitutkimus kaivurisalaojituksen työmenekistä. Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. 101s.
- Pälikkö E.A. 1956. Eräitä kokemuksia myyräojituksesta. Käytännön Maamies 5, 1956, 4: 10-11.
- 1963. Voidaanko salaojitus kautta pidentää? Käytännön Maamies 12, 1963, 4: 160-161.
  - 1965. Koetoiminnan tuloksia talvisalaojituksista. Tiili 1965, 2a: 46-49.
  - 1966. Talvisalaojituksista myönteisiä tuloksia. Pellervo 67, 1966, 18: 951-953.
- Saavalainen, J. 1981. Salaojitus, kaivaen vai auraten. Käytännön Maamies 30, 1981, 9: 46-47.
- Vakkilainen, P & Suortti-Suominen, T. 1982a. Aurasalaojituksen käyttömahdollisuuksien tarkastelua. Vesitalous 23, 1982, 1:24-26.
- 1982b. Pitkälle koneellistetun salaojituksen käyttömahdollisuudet ja kannattavuus. Esitutkimus. Salaojituksen tutkimusyhteistyö. 55s.
- Vesitalouden seminaari 1978-79. Salaojitus maankäytön perusrakennuksena. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööri osasto. 274s.

#### 4.4 SALAOJITUKSEN TOIMIVUUS

Samaan aikaan, kun salaojitettujen peltoalan määrä on lisääntynyt, peltojen viljelytavat ovat muuttuneet. Viljelymenetelmät ovat tehokkaampia ja koneiden painot ovat kasvaneet. Viime vuosien aikana salaojituksen painopiste on siirtynyt Etelä- ja Lounais-Suomesta Keski- ja Itä-Suomen riskialttiimpiin olosuhteisiin. Nämä edellämäin mainitut seikat ovat vaikuttaneet siten, että salaojien toimintahäiriöitä on alkanut esiintyä enemmän ja keskustelua salaojien toimintahäiriöistä käyty entistä vilkkaammin.

Syitä salaojituksen epäonnistumiseen tai puutteelliseen toimintaan on useita. Salaojituksen suunnitteluvaiheessa, toteutusvaiheessa ja salaojien hoidossa voidaan tehdä laiminlyöntejä tai virheratkaisuja, jolloin salaojien toiminta ei ole riittävän tehokasta. Lisäksi putkien rikkoutumiset, maaperän lietteet, ruostesaostumat, kasvien juuret, tuorerrehun puristinnesteet, valtaojien heikko kunto ja paineellinen pohjavesi aiheuttavat salaojien toimintahäiriöitä.

##### 4.41 Toimintahäiriöiden yleisyys

Vuonna 1952 epätavallisen viileän ja sateisen kesän jälkeen maataloushallituksen vesiteknillinen tutkimustoimisto suoritti tiedustelun, jonka avulla pyrittiin selvittämään sekä kuivatuksessa yleensä esiintyviä puutteita että sitä, mikä vaikutus ojitustavalla on peltoviljelystöiden suoritusmahdollisuuksiin tällaisissa oloissa. Tiedustelun tuloksista kävi ilmi, ettei viljelysten kuivatusta läheskään kaikissa tapauksissa voida saattaa kuntoon yksinomaan avo- tai salaojituksen avulla, vaikka nämä toimisivatkin erinomaisesti. Tulvasuojeluun perkausta ja pengerrystä käyttäen, olisi kiinnitettävä entistä enemmän huomiota. (Juusela 1954).

Maataloushallituksen maa- ja vesiteknillinen tutkimustoimisto suoritti vuonna 1955 uuden kyselyn. Kyselyssä pyydettiin viljelijöiltä tietoja mm. ojituksissa esiintyneistä tukkeumista ja niiden syistä. Tukkeutumia, joiden syy selvitettiin avaamalla oja, oli kaikkiaan 72 tapusta eli 8.5 % vastauksien lukumäärästä. Tämän lisäksi epäiltiin tukkeutumaa 55 tapauksessa eli 6.4 % vastauksien määrästä. Taulukkoa 9 tarkastellessa huomio kiinnittyy juuritukkeumien suureen osuuteen. 1980-luvulla Salaojakeskuksen tekemissä vikatarkastuksissa juuritukkeumien osuus on ollut huomattavasti pienempi. Kyselyn tuloksia on esitetty taulukossa 9 (Halonen 1956). Vastausten perusteella ei voitu arvioida ongelmallisten salaojitusten osuutta kaikista ojituksista, sillä viljelijät, joilla oli ongelmia salaojituksen suhteen olivat ilmeisesti vastanneet innokkaammin kuin ne viljelijät, joilla näitä ongelmia ei ollut.

Taulukko 9. Tiiliputkisalaojituksissa esiintyneiden tukkeutumien jakaantuminen lajeittain (Halonen 1956).

Tukkeutumalaji	Lukumäärä	% vastan- neista	% tukkeu- tuneista	% selvitetystä tukkeutumista
Juuritukkeutuma	17	2,0	13,3	23,6
Lietetukkeutuma	37	4,3	29,4	51,4
Ruostetukkeutuma	11	1,3	8,6	15,3
Jäätuippatukkeutuma	3	0,4	2,3	4,2
Putkirikkotukkeutuma	4	0,5	3,1	5,5
				100,0
Tukkeutuman syy selvittämättä	55	6,4	43,3	
Tukkeutumia yhteensä	127	14,9	100,0	
Tukkeutumia ei esiintynyt	727	85,1		
Vastauksia yhteensä	854	100,0		



Salaojakeskus on tehnyt vikatarkastuksia suunnittelemissaan salaojituksilla tarpeen mukaan. Lukuunottamatta vuosia 1981 ja 1982 vikatarkastuksista ei ole tehty yhteenvetoa. Aika ajoin, kun tarvetta on ilmennyt, on tiedusteltu viljelijöiltä salaojien toimivuutta. Viimeisin kysely tehtiin syksyllä 1987 sääoloiltaan poikkeuksellisen vuoden jälkeen.

Poikkeuksellisen sateisen kesän 1981 jälkeen alettiin perusteellisemmin pohtia salaojien toimintahäiriöiden syitä. Tämän keskustelun seurauksena Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitoksella käynnistettiin keväällä 1982 yhteistyössä Salaojakeskuksen, Ojamuovi OY:n ja Tiiliteollisuusliitto ry:n kanssa salaojien toimintahäiriötutkimus. Tarkoituksena oli selvittää toimimattomien tai vajaatoimisten ojastojen määrä ja toimintahäiriöiden aiheuttajat. Tutkimuksen pohjaksi saatiin Salaojakeskuksesta käyttöön vuoden 1981 vikatarkastusraportit, joiden avulla ongelmasta voitiin luoda pääpiirteittäinen kuva (Pehkonen 1984).

Salaojitusteknikoille suunnatun kyselyn avulla koottiin tiedot tiloista, joilla esiintyi salaojien toimintahäiriöitä. Kesien 1982 ja 1983 aikana tutkittiin yhteensä 92 tilan salaojitus. Toimintahäiriöiden syiden selvittämiseksi ongelmallisista ojastoista salaojaputket kaivettiin lapiolla esiin kahdesta kohtaa. Maalajit vaihtelivat tutkituilla pelloilla melkoisesti pintakerroksen ja salaojitussyvyyden välillä. Kivennäismailla oli paljon kerroksellisia maalajeja ja samoin turvemilla turpeen laatu vaihteli syvyyden muuttuessa.

Yli puolet eli 51 % tutkituista ojastoista oli tehty vuoden 1974 jälkeen. Tutkimuksessa kävi ilmi, että suuri osa salaojien toimintahäiriöistä ilmeni 3-5 vuoden kuluessa ojituksesta, vaikeimmat tapaukset jo 1-2 vuoden kuluessa. Sellaisissa tapauksissa, joissa toimintahäiriön aiheuttaja oli vaikutukseltaan vähäisempi, häiriön ilmeneminen oli kestänyt kauemmin, esim. lievissä ruostetapauksissa.

Havaitut virheet ja puutteet ryhmiteltiin vaikutustapansa ja syntymistapansa mukaisesti ryhmiin taulukoissa 10 ja 11. Ryhmittelyjen perustana oli veden virtaus pellon pinnalta salaojien kautta valtaojiin sekä salaojituksen perustuminen kolmeen osakokonaisuuteen eli suunnitteluun, toteutukseen ja salaojien käyttöön.

Taulukko 10. Ongelmien vaikutus salaojien toimintaan (Puustinen & Pehkonen 1986).

Häiriö vaikuttaa	kpl	Häiriöitä	
		%	kpl
Vesi ei pääse pois laskuaukosta	16	3,5	16
Vesi ei kulje putkessa	103	22,4	103
Vesi ei pääse putkeen	71	15,5	71
Vesi ei pääse putken läheisyyteen	185	40,3	185
Muut	84	18,3	-
<b>Yhteensä</b>	<b>459</b>	<b>100 %</b>	<b>375</b>

Taulukon 10 mukaan suurin ongelmaryhmä muodostui niistä tekijöistä, jotka estivät tai hidastivat veden valumista pellon pinnalta salaojien läheisyyteen. Yleisimpiä tällaisia virhetekijöitä olivat maan tiivistyminen, pintavesien johtamiseen liittyvät puutteet, ojakaivantojen virheellinen rakenne, turpeisiin liittyvät ongelmat ja pellon pinnarmuoto. Toiseksi suurin ongelmaryhmä muodostui veden virtausta salaojaputkissa estävistä ja hidastavista tekijöistä. Näistä tavallisimpia ovat ruoste- ja lietesakat sekä salaojien

koko ja kaltevuus. Veden virtausta salaojaputkien sisään estävistä tekijöistä tavallisimmat olivat putkisaumojen ja reikien liettyminen tai ruostuminen ja suodatinaineen puuttuminen. Vesi ei pääse pois laskuaukolta ongelmatapauksissa lähinnä pellon ympäristön vuoksi, jolloin vesien poisjohtamiselle ei ole ollut kunnollisia edellytyksiä. Ryhmään muut kuuluvat ongelmat eivät suoranaisesti vaikuttaneet veden kulkuun. Näitä olivat mm. salaojien riittämätön syvyys ja pieni kuivavara, karkea tai hieno suodatinaine, maan painuminen ja pellon heikko kantavuus.

Taulukko 11. Salaojien virheet ja puutteet syntymistapansa mukaan (Puustinen & Pehkonen 1986).

Häiriön aiheuttaja liittyy	Häiriöitä	
	Kpl	%
Suunnitteluun	235	51,2
-ratkaisumallien ja tarvittavien lähtötietojen puute	160	34,9
-muu syy suunnittelussa	75	16,3
Toteutukseen	124	27,0
Viljelyyn	100	21,8
Yhteensä	459	100,0

Taulukon 11 mukaan valtaosa toimintahäiriöistä liittyi suunnitteluvaiheeseen. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että suunnittelijalla ei ole käytössään riittävän varmoja ratkaisumalleja ja riittävästi lähtötietoja ojitettavasta peltolohkosta. Tämä tilanne esiintyi sellaisissa olosuhteissa, joissa riskitekijöinä olivat ruoste, lietteet, paineellinen pohjavesi ja turpeiden vedenpidätys- ja -läpäisykyky. Yleisimmät työvirheet olivat suodatinsoran ja ruokamullan puute ja huono laatu, ojakaivannon huono rakenne, sorasilmäkkeiden puute tai vähäisyys, salaojien virheellinen kaltevuus ja puutteellinen salaojituksen jälkityö. Viljelyn seurauksena tai siihen liittyvänä ongelmana salaojitetuilla pelloilla tavallisimmin esiintyi maan tiivistymistä ja turvemailloilla maan voimakasta painumista. Tutkimuksessa havaittiin ongelmallisissa ojastoissa kaikkiaan 48 eri tyyppistä vikaa, puutetta tai sellaista tekijää, jotka vaikuttivat haitallisesti salaojien toimintaan. Vikoja oli keskimäärin 5 kpl/ojasto.

Tutkimuksen yhteydessä laskettiin Salaojakeskuksen vuosien 1981 ja 1982 vikatarkastusraporteista yleisimmät ongelmat, jotka olivat pintavesihaitat ja ruosteen aiheuttamat ongelmat. Näiden osuus kaikista ongelmista oli 45,9 %. Yksilöidystä ongelmien aiheuttajista seuraavaksi yleisimmät syyt olivat suunnitteluvirhe, työvirhe, ja jälkihoitovirhe, joiden osuus ongelmien aiheuttajista oli 29,4 %. Ryhmän muu, johon sisältyi mm. tulva, pieni kuivavara, lähteiköt ja turpeen painuminen, osuus kaikista ongelmien aiheuttajista oli 11,5 % (Puustinen & Pehkonen 1986).

Tiiliputkiojastoissa suunnitteluvirheiden osuus oli molempina vuosina selvästi suurempi kuin muoviputkiojastoissa. Vastaavasti työvirheitä ja pintavesihaittoja oli muoviputkiojastoissa suhteellisesti enemmän kuin tiiliputkiojastoissa. Ruoste oli molemmissa putkimateriaaleissa yhtä yleinen ongelman aiheuttaja. Samoin muut ongelman aiheuttajat olivat yhtä yleisiä molemmilla putkimateriaaleilla (Puustinen & Pehkonen 1986).

Salaojakeskuksen vikatarkastusraporteissa oli keskimäärin 2 vikaa/ojasto eli 3 kpl/ojasto vähemmän kuin toimintahäiriötutkimuksessa. Suuri ero johtuu siitä, että Salaojakeskus teki vikatarkastukset pääasiassa pellon pinnalta tarkkailemalla laskuaukkoja, tarkastuskaivoja jne. (Puustinen 1986). Risto-

laisen (1982) tekemän selvityksen mukaan erilaisia salaojien toimintahäiriöitä esiintyy joka viidennellä salaojittaneella tilalla keskimäärin 5 %:lla salaojitetusta pinta-alasta. Salaojakeskuksen vuosina 1981 ja 1982 tekemien vikatarkastusten perusteella ongelmallisten peltolohkojen pinta-ala olisi 2.5 % ja varsinaisen häiriöalueen pinta-ala 1.1-1.2 % keskimääräisestä 33 000 hehtaarin vuosiojituksesta laskettuna (Puustinen & Pehkonen 1986). Toimintahäiriöiden esiintymistiheyttä tai yleisyyttä ei voida esittää tarkemmin, koska peltojen kuivatustilaan vaikuttaa suuresti kasvukauden aikainen säätila ja vuosivaihtelut voivat olla varsin suuria (Puustinen & Varis & Luoma 1987).

Turvemaiden salaojituksissa esiintyneet ongelmat tulivat korostetusti esille vaikean routatalven 1985/86 seurauksena. Samalla alettiin kiinnittää enemmän huomiota turvemaiden erikoisominaisuuksiin, koska kivennäismailla sovellettu salaojitustekniikka ei ole johtanut toivottuun lopputulokseen. Syksyllä 1987 valmistui Salaojakeskuksessa Kalottialueen salaojitusten ongelmia koskeva tutkimus. Tutkimuksen tärkeimpinä tavoitteina oli eri maiden (Suomi, Ruotsi, Norja) turvemaidella käytettävien salaojitusmenetelmien vertailu sekä suunnittelu- ja työmenetelmien kehittäminen. Tutkimus oli toisaalta kirjallisuuteen pohjautuva yhteenveto eri maiden salaojitusmenetelmistä turvemaidella ja toisaalta tilakäynteihin ja kenttätutkimuksiin perustuva salaojien toimintahäiriötutkimus. Tutkimuksen aikana käytiin yhteensä 17 maatilalla tai tutkimusasemalla Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Tiedot kerättiin pääasiassa lohkoilta, joiden kuivatuksessa oli vaikeuksia.

Tutkimuksen mukaan maaperän ominaisuudet olivat suurin syy turvemaiden kuivatuksessa esiintyneisiin vaikeuksiin, mm. turpeen vedenpidätyskyky. Ruoste häytti ojitusten toimintaa myös Suomen, mutta erityisesti Ruotsin kohteissa. Norjassa ruostetta ei esiintynyt merkittävästi. Putkitukoksia esiintyi alle puolessa tutkituista ojastoista ja yleensä ympärystään tai putkien kunto ei haitannut ojaston toimintaa. Tutkituilla alueilta ojaväli oli Suomessa ja Ruotsissa 17-24 metriä, mikä ei ollut kuivattanut peltoja riittävästi. Norjassa ojaväli vaihteli 4-7 metriin ja kuivatus toimi kohtuullisesti. Painanteet ja epätasainen turvekerroksen paksuus vaikeuttivat kuivatusta erityisesti pintaveden keräytymisen takia. Valta- ja piiriojat olivat yleensä kunnossa (Kasurinen 1987).

#### 4.32 Putkien tukkeutuminen

##### Lietetukkeumat

Salaojien liettymiseen alettiin kiinnittää vakavaa huomiota jo 1930-luvulla. Tätä osoittaa mm. se, että valtion tuen saannin ehdoksi kivennäismailla tuli putkiston suojaaminen suodatinsoralla (Juusela 1958).

Lietetukkeutumia syntyy salaojaan silloin, kun suodattimen läpi veden mukana kulkeutuva hienojakoinen maa-ainekas sedimentoituu putken pohjalle. Näin tapahtuu, kun lietteen määrä vedessä on suuri ja veden virtausnopeus on pieni. Maahiukkasia kuljettavista vedennopeuksista samoin kuin salaojajohdoissa tapahtuvista lieteaineksen käyttäytymisilmiöistä on Suomessa tehty joitakin selvityksiä (Wäre 1948, Seppälä 1958, Pälikkö 1969, Wiitalähdet 1971).

Maataloushallituksen vesiteknillinen tutkimustoimisto teki 1940-luvun lopulla kokeita maalajitteita kuljettavista vedennopeuksista. Seulotuilla maanäytteillä tehdyissä kokeissa havaittiin, että karkeaa hietaa (raekoko 0.06-2.0 mm) olevat maalajitteet alkoivat kulkeutua sysäyksittäin vedennopeudella 0.22 m/s, kulkeutuminen oli jatkuvaa vedennopeudella 0.25 m/s. Hienolla hiekalla (raekoko 2.0-6.0 mm) vastaavat arvot olivat 0.25 m/s ja 0.28 m/s (Wäre 1948).

1950-luvulla Seppälä tutki salaojaputken liettymisen riippuvuutta mm. sala-ojakaivannon pohjan epätasaisuudesta ja ojan kaltevuudesta kuudella tilalla. Tutkimuksessa ei kiistatonta syy-yhteyttä voitu havaita pohjan epätasaisuuden ja liettymisen välillä, sillä varsinaiset kuopat tai pienet vastamäet putkistossa eivät näytä olleen sen arempia liettymiselle kuin muutkaan osat putkistossa. Tämä siitä huolimatta, vaikka pohjan tasaisuuden virhe oli 2-13 cm ja keskimäärin noin + 5.5 cm. Myöskään sauman suuruuden ja liettymisen välillä ei havaittu selvää riippuvuutta. Saumanraot eivät osoittautuneet vaarallisiksi liettymiä ajatellen ainakaan silloin, kun kunnollista soraa oli käytetty putkien suojusaineena. Kun kunnollisesti sorastetuissa putkistoissa tavattiin liettymiä, niin pahimmat niistä olivat rautasakkautumien aiheuttamia. Vaikka tutkimus ei pienen aineistonsa vuoksi antanutkaan ehdottoman selvää vastausta salaojan pohjan epätasaisuuden vaikutuksesta putkien liettymiseen, Seppälän (1958) mukaan voitaneen sen perusteella kuitenkin olettaa, että pohjan laatuvaatimuksia voitaisiin nykyisestä helpottaa.

Kesällä 1968 ja 1969 suoritettiin Maasojan koekentällä Vihdissä joukko mallikokeita, joiden tarkoituksena oli selvittää, millä tavoin eri suuruiset maahiukkaset kulkeutuvat eri vedennopeuksien vallitessa erilaisissa salaojaputkissa. Koejäsenenä käytettiin tiili- ja muoviputkia sekä vedennopeuksia 0.2 m/s, 0.4 m/s ja 0.6 m/s. Vajaatäyttöisillä salaojaputkilla tehdyt kokeet osoittivat, että lieteaineiden liikkuminen ja poistuminen veden mukana putkesta edellyttää ojalta varsin suurta putousprosenttia. Minimikaltevuuden (0.3 %) vallitessa poistui putkesta vain 10-20 % sinne päässeestä alle 0.075 mm maa-aineksesta. Karkeampi aines näytti kasautuneen putkeen. Kokeiden perusteella nopeudeksi, jossa salaojaan tullut liete kulkeutuu veden mukana pois, saatiin 0.4 m/s. Nopeus on sama mitä hiesuhietamilla edellytetään miniminopeudeksi. Mallikokeiden antamien tulosten perusteella näytti siltä, että salaojan ollessa vajaatäyttöisenä, on aaltoseinäinen putki liettymisalttiimpi kuin tiiliputkesta tehty salaoja. Lietteaineella oli muoviputkissa pyrkimys jäädä herkimmin aaltopöimän ylävirran puoleiseen luiskaan ja tiiliputkiojissa vastaavasti putkipäiden välisen saumakynnyksen eteen tai taakse riippuen siitä, oliko ylävirran puoleinen putki jäänyt alemmaksi tai yleemmäksi kuin alavirran puoleinen putki (Pälikkö 1969, Wiitalahdet 1971).

#### Ruostetukkeutumät

Yksi yleisimmistä salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavista tekijöistä on pohjaveden tai maaperän rautapitoisuus. Rautasaostumia esiintyy yleisesti soissa ja karkeajakoisissa hieta- ja hiekkakerroksissa. Niitä muodostuu sekä biologisesti että kemiallisesti. Biologinen raudan saostuminen perustuu lähinnä rautabakteerien raudan hapettuessa vapautuvan energian hyväksikäyttöön. Kemiallinen raudan saostuminen tapahtuu sen sijaan joko ilman hapen tai riittävän korkean pH:n vaikutuksesta ferrihydroksidiksi. Rauta voi myös muodostaa kompleksiyhdisteitä humuksen, piihapon ja alumiinin kanssa (Puustjärvi 1953).

Seppälä (1958) suoritti vuosina 1955-1957 tutkimuksia siitä, voidaanko ruostetukkeutumia torjua estämällä ilman vapaa vaihtuminen salaojaputkistossa. Tutkimuksessa mitattiin kahdesta ojustosta tulevan veden rautapitoisuutta ennen ja jälkeen vesilukon tekemistä. Koetulokset ja havainnot vahvistivat käsitystä, että varustamalla salaojitusputkisto vesilukoilla voidaan ruostetukkeutumien syntymistä ainakin huomattavasti viivyttää ja luultavasti kokonaankin ehkäistä. Niin ikään havainnot osoittivat, että vesilukoilla voidaan aikaansaada putkiston puhdistumista sinne aikaisemmin sakkautuneesta ruosteesta.



1950-luvun alussa ojaetäisyyksien ja ojasyvyyksien vertailua varten perustetulla Koivikon koulutilan koekentällä (Muhos) ruostetukkeutumien ovat olleet ongelmana. Tämän vuoksi vuonna 1976 perustettiin 30 ha:n alalle tavallisen ja vedenalaisen ojituksen vertailukoe. Maalajina koealueella on karkeahieta, jonka pohjalla on hiesusavea. Imuojaetäisyys molemmissa ojituksissa on 20 m ja kuivatussyvyys koko alalla 110-120 cm. Tiiliputken koko tavallisessa ojituksessa on 40 mm ja vedenalaisessa 50 mm. Vedenalaisessa ojituksessa sorastuksen paksuus on 20-45 cm ja tavallisessa ojituksessa 10-20 cm. Ensimmäiset kokemukset tästä ojituksesta olivat rohkaisevia. Laskuaukosta tuli keväällä kirkasta vettä, joka heti ilman kanssa kosketukseen jouduttuaan muodosti vahvan ruostesakan. Vedenalainen ojitus kuivatti keväällä pellon hieman hitaammin kylvökuntoon kuin tavallinen ojitus (Tahvanainen 1978).

1970-luvun loppupuolella Salaojakeskus tutki noin 30 tilan vedenalaisten salaojien toimintaa. Tarkoituksena oli selvittää, miten vedenalainen ojitus vaikuttaa ojien jatkuvaan kunnossapitoon ja onko salaojien toiminnassa esiintynyt puutteellisuksia, joiden voidaan katsoa aiheutuneen vedenalaisuudesta. Tutkimuksen yhteydessä tuli esiin n. 15 tapausta, joissa rautasuolojen saostumat olivat vaarana salaojitukselle. Suoranaisia tukkeutumia ei kuitenkaan ollut ainoassakaan vedenalaisessa ojassa, mutta sen sijaan kylmäkin vedenpinnan yläpuolisissa ojastoissa. Vedenalainen ojitus ei kuitenkaan ollut pystynyt estämään saumojen osittaista tiivistymistä. Vedessä on ilmeisesti niin paljon happea, että putkien seinämiin vedenalaisissakin ojissa saostuu ohut 1-2 mm:n ruostekerros, joka saumojen kohdalta pienentää veden pääsyä putkiin. Vain yhdessä tapauksessa saumat olivat niin paljon tiivistyneet, että siitä oli selvää haittaa kuivumiselle. Kun kuitenkin vedenalaisella ojituksella on pystytty estämään putkien umpeensakkautuminen ja täten huomattavasti pidentämään ojien toimintaikää, kannattaa samaa torjuntakeinoa käyttää edelleen (Mäenpää 1979).

Vedenalaisen ojituksen lisäksi maassamme on kokeiltu myös kalkin ja kuparin käyttöä rautasaostumien torjunnassa (Puustjärvi & Juusela 1952, Puustjärvi 1953) sekä ojastoon tehtävää vesilukkoa (Seppälä 1958). Puustjärvi ja Juusela tutkivat ruostetta ja sen ehkäisyä Utajärvelle vuonna 1949 perustetulla koekentällä. Ruosteen torjuntakeinoina kokeiltiin maan pH:n kohottamista kalkilla sekä kuparilangan asettamista salaojaputkeen. Maan pH:n nosto tapahtui siten, että salaojaputken päälle levitettiin aluksi 7-10 cm:n vahvuinen maakerros ja sen päälle kalkkia 0.5, 1.0 ja 2.0 kg/ojаметri. Tarkoituksena oli saostaa rauta ennen kuin se pääsee salaojaputkeen. Sekä silmävaraiset havainnot että analyysitulokset antoivat tässä kokeessa verraten myönteisen tuloksen menetelmän käyttökelpoisuudesta. Samaa menetelmää käytettiin myös erään laajemman rautapitoisen alueen salaojituksessa niin ikään suotuisin tuloksin. Tutkijoiden mielestä menetelmän varmentaminen vaatisi kuitenkin lisätutkimuksia. Kalkin lisäksi rautasaostumien torjunnassa kokeiltiin salaojaputkeen asetettua kuparilankaa, jolla yritettiin tuhota bakteerit salaojaputkesta ja siten estää biologisten rautasaostumien syntyminen. Saadut tulokset eivät olleet yhtä hyviä kuin kalkilla. Kokeen pohjalta ehdotettiin kaksivaiheisen salaojituksen käyttöönottoa ruosteongelmaisilla alueilla. Ensin salaojitus suoritettaisiin puolisyväksi. Parin vuoden kuluessa, kun osa maassa olevasta raudasta olisi maan kuivumisen johdosta hapettunut kolmiarvoiseksi, alue salaojitettaisiin täyteen syvyyteen (Puustjärvi & Juusela 1952, Puustjärvi 1953). Menetelmä on kuitenkin liian kallis toteutettavaksi.

1980-luvun alussa Salaojakeskus tutki ruostetukkeutumien esiintymistä muovi- ja tiiliputkissa. Pohjois-Pohjanmaalla tehty tutkimus käsitti 15 ojastoa, joista 10 oli vedenalaista. Tutkimus osoitti rautapitoisuuden riippuvan pohjavedenkorkeudesta. Mitä syvemmillä vesi oli esim. kuivan ajankohdan vuoksi, sitä korkeampi oli rautapitoisuus. Veden rautapitoisuuden vaikutuk-

sesta ruostevaraahan voitiin tulosten perusteella tehdä seuraava luokittelu:

Fe-pitoisuus (mg/l)	Ruostevara
alle 5	lievä
5 - 15	selvä sakan muodostus, mutta ei havaittavaa haittaa viidessä vuodessa
yli 15	ruosteen muodostus merkittävää

Putkimateriaalin vaikutuksesta ruosteeseen havaittiin, että ruoste oli tiiliputkessa putken pohjalla, kun muoviputkessa sitä oli ympäri putkea. Muoviputkeen kertyi selvästi enemmän ruostesakkaa kuin tiiliputkeen. Vedenalaisuudella ei muoviputken kohdalla näyttänyt olevan suurtakaan merkitystä. Se kuitenkin estää rautasaostuman kovettumisen, minkä vuoksi menetelmää ei kannata hylätä (Peltomaa 1983).

Paloheimo Oy:n vuonna 1983 Lopelle perustamalla koekentällä on vertailtu eri putkimateriaalien soveltuvuutta ruostealueiden salaojitukseen. Yhteen-vetoa tutkimuksista ei ole tehty (Kananen 1988).

#### 4.43 Maan tiivistymisen aiheuttamat toimintahäiriöt

##### Maan tiivistymisen vaikutus salaojien toimintaan

Peltomaiden huono vedenläpäisykyky ja siitä johtuvat kasvu- ja talvehtemis-vaikkeudet ovat nykyisin maataloutemme suurimpia ongelmia. Nykyaikaiset, raskaat ja voimakkaat maatalouskoneet aiheuttavat pelloilla kosteissa olosuh-teissa haitallista tiivistymistä. Maan tiivistymistä vettä läpäisemättömäksi tapahtuu lähinnä kosteilla savi- ja hiesumaillo. Koneiden maata tiivistävä vaikutus perustuu siihen, että maapartikkelit joutuvat lähemmäksi toisiaan, jolloin maan rakenteelle tärkeät makrohuokokset painuvat umpeen. Seurauksena on tavallisesti kuivatuksen heikkeneminen (Vakkilainen 1980).

Salaojien toiminta luonnostaan tiiviillä mailla perustuu siihen, että suurin osa salaojan läheisyyteen tulevista vesistä valuu ojakaivantoa myöten alas. Ojakaivannon täytön jälkeen täytemaahan syntyy uusia huokosia, jotka ovat yleensä hyvin pysymättömiä suurimman osan tuhoutuessa maahan kohdistuvan paineen ja veden virtailun seurauksena. Suurien huokosten tuhoutuessa saa-vuttaa täytemaan huokostila lopulta jonkinasteisen tasapainotilan ja jää rakenteeltaan löyhemmäksi kuin ojakaivantoa ympäröivä koskematon maa (Puus-tinen ym. 1987).

Maataloushallituksen vesiteknillinen tutkimustoimisto selvitti vuonna 1952 vanhojen tiiliputkiojitusten kuntoa. Samalla tehtiin myös täytemaan tiivis-tymismittauksia. Niissä kävi ilmi, että tiiliputkien päällä oleva maa oli säilyttänyt syvemmällä melkoisen huokoisuuden, mutta lähempänä pintaa, 30-45 cm:n syvyydellä, vuosikymmenien kuluessa tiivistynyt miltei vedenläpäisy-kyvyltään koskemattoman maan kaltaiseksi (Juusela 1953).

Keväällä 1979 Teknillisessä korkeakoulussa käynnistettiin kokeellinen tutki-mus, jonka tavoitteena oli selvittää, miten koneiden aiheuttama kuormitus vaikuttaa maan rakenteeseen ja kuinka nopeasti vaikutukset näkyvät salaojien toiminnassa sekä kuinka paljon tiivistyminen hidastaa maan kuivumista. Tutkimuksen kohteeksi valittiin yhteensä kuusi 1, 5 ja 15 vuotta aikaisemmin salaojitettua peltolohkoa Loimaalla ja Somerolla. Maalaji peltolohkoilla oli lihavaa savea. Selvitys perustui imeyntämittauksiin ja häiriintymättö-mistä näytteistä tehtyihin määrityksiin.

Kokeet osoittivat, että imeynnän suuruusluokka salaojien välissä oli sama, sen sijaan salaojien kohdalla erot eri ikäisten ojitusten kesken olivat



selvät. Imeyntämittausten tulokset olivat samansuuntaiset kuivatuspainon määritysten kanssa. Tosin imeytymiskyky salaojan kohdalla ei pienene aivan niin nopeasti kuin kuivatilavuuspainojen perusteella olisi voinut odottaa. Kokeet osoittivat, että salaojien täyttömaan tiivistyminen haittaa kuivatusta merkittävästi jo 4-5 vuoden kuluttua ojittamisesta, ehkä aiemminkin (Vakkilainen 1980).

Maatalouden tutkimuskeskuksessa Jokioisissa on 1980-luvun puolella alustavasti mitattu salaojakaivannon peitemaan vedenläpäisevyyttä. Tulokset osoittavat, että peitemaan läpäisykyky ei monesti juuri poikkea muun peltomaan läpäisykyvystä. Näyttää ilmeiseltä, että nimenomaan peitemaan läpäisykykyyn on kiinnitettävä mitä suurinta huomiota, mikäli ojasto aiotaan tehdä nopeasti toimivaksi ja poistaa pellolta pintavesien esiintyminen (Aura 1987).

Maan tiivistymisen vaikutuksesta salaojien toimintaan on tehty ainakin yksi kirjallisuusselvitys nimittäin Sirviön vesitalouden seminaari vuodelta 1979. Siinä ulkomaiseen ja kotimaiseen tutkimusaineistoon perustuen tarkastellaan pääasiassa peltomaan tiivistymistä kuormituksen vaikutuksesta.

#### Maan tiivistymisestä aiheutuvien toimintahäiriöiden korjaus

Tiivistyneiden maiden kuivatusongelmien poistamiseksi on kokeiltu runsaasti erilaisia menetelmiä. Tavallisimmin käytettyjä ovat olleet sorasilmäkkeiden lisäys vajaatoimintaiseen ojastoon ja vanhojen imuojien uudelleen sorastus. Maan mekaanista kuohkeuttamista on kokeiltu erilaisilla menetelmillä mm. jankkuroimalla. Kivisaaren (1984) mukaan kyseisen toimenpiteen vaikutus on kuitenkin lyhytaikainen. Tiivistymistä voidaan ainakin jossain määrin estää paripyörien käytöllä ja välttämällä ajoa märällä pellolla. Salaojien pitäminen toimintakuntoisena on myös tärkeää pyrittäessä estämään maan tiivistyminen.

Maatalouden tutkimuskeskuksessa käynnistettiin vuonna 1983 tutkimukset siitä, voidaanko sorasalaojituksen avulla vähentää maaperän huonosta vedenläpäisykyvystä aiheutuvia vesivahinkoja. Tutkimukseen liittyen perustettiin kesällä 1983 kaksi koekenttää Jokioisiin ja seuraavana vuonna yksi kenttä Lounais-Suomen koeasemalle Mietoisiin. Jokioisissa sorasalaojien väli oli 1.5 , 2.0 ja 3.0 m ja sorapatsaan korkeus 25, 35 ja 45 cm. Mietoisisa vastaavat arvot olivat 2.0 ja 4.0 m sekä 35 ja 45 cm. Maalaji koealueilla oli aitosavea. Koekentillä mitattiin mm. pF-käyriä, maan kosteusuhteita ja juurisatoa sekä sorasalaojitetulla että pelkästään salaojitetulla alueella.

Sateisen kasvukauden 1984 jälkeen Jokioisissa tehdyt maaperän kosteusmittaukset osoittivat, että sekä 1.5 m että 3.0 m sorasalaojajaväli ja kaikki ojasyyvytydet olivat säilyttäneet vesitaloutensa optimissa sorasalaojittamattomaan alueeseen verrattuna. Tämä havaittiin myös silmävaraisesti, sillä sorasalaojitetulla alueella pintavesiä ei kerääntynyt, kun taas ojittamattomalla alueella vesi seisoi ajoittain. Jatkotutkimuksissa tullaan selvittämään mm. maan vesitalouden ja maan rakenteen muutoksia sekä kasvuston botaanisen koostumuksen muutoksia (Pulli 1985).

Kesällä 1984 aloitettiin Maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimusmäärärahojen ja Salaojakeskuksen taloudellisella tuella tutkimus tiivistymien aiheuttamien toimintahäiriöiden korjaamiseksi. Tavoitteena oli löytää taloudellisesti edullisia ratkaisukeinoja veden virtauksen varmistamiseksi salaojiin. Tutkimus jakaantui kahteen osaan; perustettiin koekenttiä, joissa kokeiltiin erilaisia toimenpiteitä veden virtauksen edistämiseksi, lisäksi tutkittiin jo aikaisemmin suoritettujen korjaustoimenpiteiden vaikutuksia. Koekentät sijaitsivat Lopella, Urjalassa ja Viikissä kolmella maatilalla. Käytännön viljelmillä tehdyissä tutkimuksissa suoritettiin yksityiskohtainen tutkimus sellaisilla salaojastoilla, joihin salaojien suunnittelijat olivat

tehneet korjaustoimenpiteitä. Nämä erilaiset korjausratkaisut olivat toteutettu jo 2-3 vuotta ennen tutkimuksen suorittamista, joten menetelmien toimivuudesta saatiin hieman pidemmän aikavälin tietoa. Tämä osa tutkimusta käsitti 15 tilakohdetta, jotka sijaitsivat pääasiassa Lounais-Suomen savimailla sekä Itä-Suomen eri tyyppisillä turvemilla (Puustinen ym. 1987).

Tiloilla tehdyistä korjaustoimenpiteistä on esitetty yhteenveto taulukossa 12. Taulukon perusteella voidaan todeta, että toimintahäiriön poistamiseksi toteutettujen korjausmenetelmien kesken oli havaittavissa selvä ero kivennäismaiden ja eloperäisten maiden ojastojen välillä. Onkin ilmeistä, että etenkin tutkituissa turvemaa- ja oja-alueilla ilmenneet ojituksen toimintahäiriöt ovat olleet useampien muuttuvien tekijöiden aiheuttamia, joten myös toteutetut korjaustoimenpiteet on täytynyt tämän vuoksi ylimitoitaa niiden vaikutusten takaamiseksi.

Taulukko 12. Korjaustoimenpiteiden jako menetelmittäin (Puustinen ym.1987).

Korjausmenetelmä	Kivenn.maat		Eloper.maat		Kaikki tapaukset	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%
1. Sorasilmien täydennys	1	20,0	1	10,0	2	13,3
2. Lisäojia joka toiseen imuojaväliin	1	20,0	-	-	1	6,7
3. Lisäojia jokaiseen imuojaväliin	3	60,0	7	70,0	10	56,7
4. Täydellinen uusinta-ojitus	-	-	2	20,0	2	13,3
Yht.	5	100,0	10	100,0	15	100,0

Ongelmallisen pellon salaojituksen toimintahäiriön korjauksen onnistumista selvitettiin käyttämällä mittareina korjausten seurauksena tapahtuneita muutoksia viljelytoimenpiteissä etenkin keväällä ja syksyllä. Ennen toimintahäiriön korjausta oli tutkituilla kivennäismailla kevätkuokkauksen aloitusta jouduttu siirtämään pelloilla vallitsevien huonojen olosuhteiden vuoksi keskimäärin 4.3 vrk, turvemilla vastaava aika oli 6.4 vrk. Vertailualueena oli tällöin saman lohkon ongelmaton, salaojitettu osa. Toimintahäiriön korjaus aikaisti kevätkuokkauksen aloitusta kivennäismaalla keskimäärin 4 vrk ja turvemilla yli 6 vrk. Toimintahäiriöiden korjaus paransi myös sadonkorjuu- ja kyntöolosuhteita selvästi molemmilla maalajeilla.

Salaojien toimintahäiriöiden korjausratkaisujen toteutuksilla pystyttiin lähes poikkeuksetta parantamaan tiivistyneiden savimaiden viljelykelpoisuutta. Parhaiten kuivatushäiriöistä kärsivä pelto pystyttiin palauttamaan viljelykelpoiseksi kaivamalla lisäojia jokaisen vanhan imuojan väliin. Tällöin riitti, että sorasilmäkkeitä tehtiin kohtuullisesti; riittävä kuivatusteho saatiin 10 m:n silmäketiheydellä. Tämän menetelmän kalleus rajoittaa kuitenkin sen soveltuvuutta eikä sitä kannatakaan käyttää kuin paikallisesti vaikeimman ongelma-alueen korjaamiseen. Joka toiseen imuojaväliin lisätyillä ojilla saadut kuivatukselliset tulokset eivät olleet riittäviä. Ojien sorastus pintaan saakka koko ojan pituudelta takasi sen, että maa kuivui hyvin uuden imuojan vaikutusalueelta, mutta ilman lisäojaa jääneet ojavälit olivat edelleen liikakosteuden vaivaamia. Sorasilmäkkeiden lisäämisellä vanhaan ojastoon saatiin eräillä alueilla hyviä tuloksia. Tämän menetelmän käyttö edellyttää, että ojatiheys on riittävä kyseiselle maalajille ja että sala-ojaputkien saumaraot ovat auki. Kaivinkoneella tehtyjen sorasilmäkkeiden vaikutus kuivatukseen oli parempi kuin kairamenetelmällä tehtyjen silmäkkeiden vaikutus.

Turvemilla olosuhteet olivat yleisesti huonommat kuin kivennäismailla ja täten kuivatushäiriöiden korjausratkaisunakin oli käytetty ainoastaan joko uusien ojien lisäystä jokaiseen imuojaväliin tai systemaattista uusinta-ojitusta. Näillä korjausratkaisuilla pystyttiin peltojen viljelykelpoisuus

suurimmalta osin palauttamaan, mutta jonkinasteisia ongelmia esiintyi edelleenkin muutamissa tapauksissa huolimatta hyvinkin radikaaleista korjaustoimenpiteistä. Ongelmallisten turvemaiden osalta ei voitu tämän tutkimuksen perusteella esittää mitään pätevää korjaustapaa suuren olosuhdevaihtelun vuoksi.

#### LÄHDELUETTELO

- Aura, E. 1987. Veden pääsy salaojiin jäykissä savimaissa. Käytännön Maamies 36, 1987, 11: 32-34.
- Halonen, R. 1956. Tiiliputkiojituksessa esiintyneistä tukkeutumista. Koetoiminta ja Käytäntö 13, 1956, 11:
- Juusela, T. 1953. Salaojituskoetoinnasta Suomessa. Eripainos. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 25, 1953. 23s.
- 1954. Pelto-ojitusten kuivatuskyvystä erikoisesti kasvukautena 1952. Eripainos. Maatalous ja Koetoiminta 8, 1952. 16s.
  - 1958. Salaojaputkiston suojaustavoista ja soran käytöstä suojausaineena. Eripainos. Maa- ja Vesirakentaja 3, 1958. 55s.
- Kananen, A. 1988. Puhelinkeskustelu 8.1.1988.
- Kasurinen, O. 1987. Kalottialueen salaojitusongelmat. Loppuraportti vuodelta 1987. Salaojakeskus. 47s.
- Keso, L. 1951. Salaojitusytöt. 299s. Helsinki.
- Kivisaari, S. 1983. Maan haitallinen tiivistyminen huonon hoidon seuraustako? Käytännön Maamies 32, 1983, 1: 24-26.
- Mäenpää, O. 1979. tutkimus vedenalaisten salaojien toiminnasta. Vesitalous 20, 1979, 5: 5-7.
- Peltomaa, R. 1983. Ruoste. Kuivatusseminaari, Eerikkilän urheiluopisto 15.2.1983. Moniste. Salaojakeskus. 6s.
- Pehkonen, A. 1984. Salaojien toimimattomuuden syyt. Esitelmä salaojitusseminaarissa Espoon Hanasaareissa 18.11.1983. Salaojakeskuksen julkaisuja 2/1984: 58-67.
- Pulli, S. 1985. Sorasalaojitus pintavesien kuivaustekniikkana ja puna-apilan talvehtimisen parantajana. Suomen itsenäisyyden juhlavuoden 1967 rahasto. Biologisen typensidonnan ja ravinnetyypen hyväksikäytön projekti. Moniste 6. S. 1-13.
- Puustinen, M. & Pehkonen, A. 1986. Salaojien toimintahäiriöt. Maatalousteknologian laitos. Tutkimustiedote n:o 48. 71s.
- Puustinen, M. & Varis, R. & Luoma, T. 1987. Salaojien toimintahäiriöiden korjaus savi- ja turvemaidella. Maatalousteknologian laitos. Tutkimustiedote n:o 51. 112s. + liitteet.
- Puustjärvi, V. 1953. Salaojien rautasaostumista ja niiden torjuntamenetelmistä. Koetoiminta ja Käytäntö 1953, 2
- Puustjärvi, V. & Juusela, T. 1952. On rust precipitates present in drainage pipes and on the means of preventing their formations. Acta Agriculturae Scandinavica 1952, 2: 131-152.
- Pälikkö, E.A. 1969. Maalajitteiden kulkeutumista salaojaputkistossa tutkitiin. Käytännön maamies 18, 1969, 1: 42-43.
- Ristolainen, R. 1982. Salaojitus viljelyn perustana. Pellervo 83, 1982, 20-23.
- Saavalainen, J. 1982. Miten salaoja toimii. Käytännön maamies 1982, 7: 32-35.
- Seppälä, N. 1958. Salaojan pohjan epätasaisuuksien vaikutuksesta putkien liettymiseen. Maa- ja Vesirakentaja 1958: 154-159.
- Tahvanainen, S. 1978. Salaojituskokemuksia. Pellervo 79, 1978, 3: 52-53.
- Vakkilainen, P. 1980. Tutkimus pellon tiivistymisen vaikutuksesta salaojituksen toimintaan. Vesitalous 21, 1980, 2: 23-28.
- Wiitalähdet, E. 1971. Salaojajohtojen lietetukkeumailmiöstä erityisesti kesällä 1967 ja 1968 Maasojan koekentällä suoritettujen mallikokeiden valossa. Laudaturtyö. Maanviljelyskemian laitos. 73s.
- Wäre, M. 1948. Eri maalajitteita kuljettavista vedennopeuksista. Teknillinen aikakauslehti 1948, 12: 415-416.

#### 4.5 SALAOJITUKSEN KÄYTTÖ KASTELUUN

Salaojituksen tarkoituksena on johtaa pellolta ylimääräinen vesi pois. Salaojia voidaan käyttää kuitenkin myös päinvastaiseen tarkoitukseen eli kuivina aikoina niitä pitkin voidaan johtaa vettä pellolle. Kyseistä kastelumenetelmää sanotaan pohjavesi-, pohjavesipadotus- tai padotuskasteluksi. Varhempina aikoina padotuskastelua käytettiin valutuskastelun ohella ja se järjestettiin padottamalla vettä avo-ojiin. Salaojituksen yleistyttyä ruvettiin vettä padottamaan myös salaojiin. Padotuskastelu onnistuu parhaiten tasaisilla pelloilla. Sadetuskastelun tullessa tunnetuksi Suomessa se syrjäytti padotus- ja valutuskastelun. Sadetuskastelun etuna on sen riippumattomuus pellon pinnan muodosta ja sen pienempi veden tarve. Padotuskastelun huonoina puolina on nähty se, ettei lisäravinteita voida antaa kasteluveden mukana (Kara 1972).

Viljelysten kasteluperinne on Suomessa pitkä. Ainakin jo 1700-luvulla viljelyksiä kasteltiin joko valuttamalla tai padottamalla (Grotenfelt 1908). Grotenfeltin mukaan vesitys on ollut harvinaista 1700-luvun jälkeen, mutta niittyjen vesitystä lienee kuitenkin käytetty ainakin Oulun läänin pohjoisosissa vielä myöhemminkin (Laurin 1909). 1900-luvun alkupuolella kiinnostus kasteluun ja eri kastelumenetelmiin heräsi ilmeisesti kuivien vuosien ansiosta. Ensimmäiset padotuskastelukokeet järjesti Suomen Suorviljelysyhdistys Leteensuolle perustettujen avo-ojaetäisyys- ja syvyyskokeiden yhteyteen (Simola 1912, 1917, 1919). Myös valutuskastelusta järjestettiin ainakin yksi koe Vihtiin rinnemaalle (Hällström 1913). Salaojitetuille pelloille ei tiettävästi Suomessa ollut vielä tuolloin järjestetty padotuskastelua, mutta esitelmässään "Nykyaikaisista vesitystavoista" Hallakorpi (1913) esittelee eräänä kastelumenetelmänä salaojavesityksen sekä ruiskuvesityksen eli sadetuksen. Hän mainitsee kastelun eräänä tavoitteena olevan myös roudan sulamisen jouduttamisen. Suorviljelysyhdistyksen Leteensuon koeasemalla jatkettiin vuonna 1911 aloitettuja padotuskastelukokeita ainakin vuoteen 1941 (Vesikivi 1942). Myös yhdistyksen Etelä-Pohjanmaan ja Karjalan koeasemilla järjestettiin padotuskastelua, Etelä-Pohjanmaan koeasemalla ilmeisesti vain kuivan kesän sattuessa ja ilmeisesti avo-ojitetuilla saroilla vaikka koealueella olikin jo salaojitettuja sarkoja (Rautakoski 1921). Karjalan koeasemalla padotuskastelu kuului koeaseman tutkimusohjelmaan avo-ojitetulla koealueella vuosina 1926-1930 (Malm 1927, 1928, 1929, 1930). Tuloksia tai yhteenvetoa ei näistä kokeista ole kuitenkaan esitetty.

Salaojien kautta tapahtuvasta padotuskastelusta järjestettiin ensimmäiset kokeet maataloushallituksen insinööri-toimiston toimesta Vihtiin vuonna 1938 perustetulle Maasojan vesitaloudelliselle koekentälle. Koekentällä oli tarkoitus selvittää maan vesitalouteen liittyviä kysymyksiä sekä veden viljelyskasveille aiheuttamaa vahinkoa tai haittaa. Koekentällä tehtiin mm. ilmastohavaintoja, pohjaveden pinnan korkeuden mittauksia, routahavaintoja, haihduntamittauksia, maan kosteuden mittauksia ja satohavaintoja. Maasojan vesitaloudellisella koekentällä järjestettiin padotuskokeita sekä avo- että salaojitetuille pelloille. Koejäsenenä oli savi- ja saraturvepellot ja kasveina olivat kaura ja heinä. Samanaikaisesti koealueella suoritettiin myös sadetus- ja valutuskastelukokeita, mutta kokeiden pääpaino oli padotuskokeissa. Padotuskokeiden tarkoituksena oli tutkia pienen kuivavaran ja sen satumisajankohdan vaikutusta kasvien kasvuun ja satoihin, eli kokeilla haluttiin selvittää vesistöjen säännöstelyyn liittyviä kysymyksiä. Avo-ojitetuilla lohkoilla vesi padottiinkin 20 cm:n etäisyydelle maanpinnasta koejäsenien mukaan kuukausien ajaksi, ja alueella järjestettiin myös upotuskokeita. Wäre (1947) on esittänyt taulukkojen muodossa havaintotuloksia alueelta vuosilta 1939-44. Salaojitetuilla lohkoilla pohjavedenpinta nostettiin maanpintaan vuorokaudeksi. Savimaalla vertailualueena oli padotettu, sadetettu (2\*15 mm) ja nollalohko, turvemaalla oli kaksi padotettua lohkoa ja nollalohko. Pohjavesipadotuksen todettiin hidastaneen kauran, apilan ja

timotein kehitystä, mutta kuivina vuosina padotuksen todettiin aiheuttaneen huomattaviakin sadonlisäyksiä savimaalla. Turvemaalla kaura ei ollut kärsinyt kuivuudesta kuivinakaan vuosina, joten padotuksen aiheuttamat sadon lisäykset jäivät vähäisiksi, timotein sadonlisäys turvemaalla oli kuivana vuonna 35 % (Wäre 1948). Vertailua sadetukseen ja padotuskastelun välillä ei havainnoista ole tehty.

Maasojan vesitaloudellisella koekentällä jatkettiin padotuskastelukokeita vuoteen 1968 asti. Padotuskastelukokeiden järjestelyä muutettiin kuitenkin jo aikaisemmin siten, että salaojitetut lohkot jäivät pois padotuskastelusta ja niillä järjestettiin sadetuskokeita. Avo-ojitetuilla lohkoilla pohjavesipadotusta jatkettiin vuosina 1946-1951 käyttämällä kuivavarana 30 cm. Vuonna 1952 koetta muutettiin siten, että kuivavara eri lohkoilla oli 20, 35 ja 60 cm (Hooli 1971). Koealueella viljeltiin mm. perunaa, kevätiljää ja nurmea. Padotuskokeista saatuja satotuloksia on esitetty ainakin nurmelle (Wäre 1955), perunalle (Wäre 1956) ja kevätiljoille (Maasilta 1961). Pälikön (1961) mukaan kokeista saatiin hyviä tuloksia.

Padotuskastelusta ei Suomessa ole järjestetty salaojitetulle kivennäismaalle kenttäkokeita Maasojan kokeiden jälkeen. Turvemaalle, Pelsonsuon Hallakoe- asemalla aloitettiin kuitenkin vielä vuonna 1961 padotuskastelukoe (Valmari 1971). Koetta jatkettiin padotuskokeena aina vuoteen 1971 asti, mutta kokeen järjestämisessä oli vaikeuksia. Mm. pohjavedenpinnan saaminen tasaiseksi ja halutulle korkeudelle tuotti vaikeuksia. Hallakoeaseman toimintakertomuksien liitteinä on esitetty pohjavesi- ja maan lämpötilahavaintoja. Padotuksen osalta kokeesta saatuja tuloksia ei ole analysoitu eikä tulkittu.

Padotuskastelun käyttäminen lienee ollut runsainta 1940-luvulla ja 1950-luvun alussa. Vuosien 1940 ja 1951 välisenä aikana Suomen Salaojitusyhdistys teki padotuskastelusuunnitelmia yhteensä 3 639 hehtaarille ja mm. vuonna 1942 Keso kirjoittaa havaitun sadon lisäyksiä padotuilla lohkoilla. Tuolloin ilmestyi mm. kasteluopas "Miten voin torjua kuivuutta ? " (Kaitera 1942), jossa padotustakin käsitellään laajasti, ja myös Keson kirjassa "Salaojitusyöt" vuodelta 1951 annetaan neuvoja padotuskastelun tekniikasta ja järjestämisestä. Myöhemmin on padotuskastelusta kirjoitettu muutama artikkeli (Pälikkö 1961, Rintanen 1984). Uusimmissa kastelua opastavissa kirjoissa esitellään kuitenkin vain sadetus, ja oppaat ovatkin nimeltään sadetusoppaita.

#### LÄHDELUETTELO

- Grotenfelt, G., 1908, Niittyjen vesittäminen Suomessa 1700-luvulla, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1908, (1908)2, ss. 164-176
- Hallakorpi, I., 1914, Nykyaikaisista vesitystavoista, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1913, (1914)2, ss. 234-247
- Hooli, J., 1971, Säätekijöiden vaikutuksesta satoiin ja vesitalouteen, Helsingin Teknillinen korkeakoulu. Tieteellisiä julkaisuja, (1971)35, 244 s.
- Hällström, E., 1914, Vesityskokeista Olkkalassa, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1913, (1914)2, ss. 226-233
- Kaitera, P., 1942, Miten voin torjua kuivuutta?, (1942), 63 s., WSOY, Porvoo.
- Kara, O., 1972, Sadetuksesta ja sen kannattavuudesta viljanviljelytiloilla Etelä-Suomessa, Acta Agraria Fennica, (1972)127, 108 s.
- Keso, L., 1942, Viljelysmaiden kastelu, Maatalousviikko, (1942)1, ss. 5-7
- Keso, L., 1951, Salaojitusyöt, Pellervoseura, Helsinki.



- Laurin, K., 1909, Kasteluniityt alkuperäisimmässä muodossaan, Suomen Suovilj. yhdist. vuosik. 1909, (1909)3, ss. 241-250
- Maasilta, A., 1961, Pohjaveden korkeus ja kevätiljojen sadot. Koetoiminta ja Käytäntö 18(1961) 11:35.
- Malm, E., 1927, Kertomus Suomen Suoviljelysyhdistyksen toiminnasta vuonna 1926, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1926, (1927)1, ss. 10-36
- Malm, E., 1928, Kertomus Suomen Suoviljelysyhdistyksen toiminnasta vuonna 1927, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1927, (1928), ss. 7-30
- Malm, E., 1929, Kertomus Suomen Suoviljelysyhdistyksen toiminnasta vuonna 1928, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1928, (1929), ss. 7-31
- Pälikkö, E., 1961, Voidaanko maan vesivaroja säädellä salaojituksen avulla?, Käytännön Maamies, (1961), ss. 288-290
- Rautakoski, A., 1921, Piirteitä Etelä-Pohjanmaan koeaseman toiminnasta., Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1920, (1921)2, ss. 78-85
- Rintanen, S., Saavalainen J. 1984, Padotuskastelu ja salaojitus, Käytännön Maamies, 33(1984)8, s. 48, 51.
- Simola, E., 1918, Leteensuon koeaseman ojitus- ja padotuskokeen tuottamien satotulosten kannattavuudesta v. 1906-1915, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1917, (1918)2, ss. 103-139
- Simola, E., 1919, Leteensuon koeaseman ojitus- ja padotuskokeen monivuotisen heinänummen satojen suuruudesta, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1919, (1919)1, ss. 52-109
- Valmari, A. Pohjavesipintaa ja maan lämpötilaa koskevia mittauksia padotuskokeesta vuosilta 1961-1970, Hallakoeaseman toimintakertomus 1972. 113 s.
- Vesikivi, A., 1942, Mutasuomaan avo- ja pohjavedenpadotuskokeiden tuloksia, Maa, (1942)4, ss. 145-148
- Wäre, M., 1947, Maanvesisuhteista ja viljelyskasviensadoista Maasojan vesitaloudellisella koekentällä vuosina 1939-1944, Maa- ja vesitekn. Tutk., (1947)15, 240 s.
- Wäre, M., 1948, Uputuksen ja lyhytaikaisen pohjavesipadotuksen vaikutus viljelyskasvien satoihin vuosina 1939-1940, Maanviljelysyhdistyksen vuosikirja 1948, (1948), ss. 81-92.
- Wäre, M., 1955, Pohjavedenkorkeuden vaikutusta selvittäviä kokeita nurmikasveilla vuosina 1939-1954, Maatalous ja Koetoiminta 1955:9, ss. 17-22.
- Wäre, M., 1956, Peruna ja pohjavesi, Koetoiminta ja Käytäntö, 13(1956) 9:31.



#### 4.6 SALAOJITUKSEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Salaojituksen ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan tässä työssä salaojituksen vaikutuksia valuntaan, ravinteiden huuhtoutumiseen (lähinnä typen ja fosforin) sekä vesien happamuuteen.

Salaojituksen ympäristövaikutuksia on tutkittu maassamme melko vähän. Tutkimus on toistaiseksi keskittynyt lähinnä maanviljelyn aiheuttaman hajakuorimituksen suuruuden arvioimiseen (mm. Kauppi 1979b, Pekkarinen 1979ab, Mussaari 1974). Jokioisissa (savimaa) on vuonna 1975 rakennetuilla Maatalouden tutkimuskeskuksen koekentillä tutkittu ravinteiden huuhtoutumista ja sen riippuvuutta erilaisista viljelystoimenpiteistä; tutkimukset jatkuvat edelleen (Jaakkola 1978, 1979ab, 1982, 1983, 1984). Vesihallituksen koekentillä Liperissä (savimaa) ja Maaningalla (kivennäismaa) on tutkittu lietelannoituksen vaikutuksia huuhtoutumiseen (Melanen ym. 1985). Huuhtoutumistutkimuksia palvelee myös vuonna 1982 Vesihallituksen toimesta Tohmajärvelle Maatalouden tutkimuskeskuksen käyttöön rakentama kenttä. Tämä kenttä on perustettu rahkaturpeelle. Oulun Yliopiston, Vesihallituksen sekä osaksi Kemiran, Salaojakeskuksen ja Maatalouden tutkimuskeskuksen yhteistyönä on Limingan Ruhko-ojan alueelle vuonna 1984 rakennettu koealue, jolla pyritään selvittämään niitä ongelmia, joita esiintyy happamien sulfaattimaiden ojituksessa (Anon. 1985).

##### 4.6.1 Salaojituksen vaikutus valuntaan

Salaojituksen vaikutuksesta valuntaan on olemassa vain vähän mittaustuloksia. Salaojayhdistyksen 1930-luvulla järjestämien ojaetäisyys- ja syvyyskokeiden yhteydessä mitattiin salaojissa virtaavia vesimääriä, mutta näistä mittauksista on julkaistu vain yksittäistapauksia (Keso 1936, 1940). Pisimmät havaintosarjat salaojitettun alueen vesimääristä ovat vesihallituksen koekentältä Vihdistä, jossa vesimääriä on mitattu vuodesta 1972 lähtien.

Seuna ja Kauppi (1981) tutkivat salaojituksen vaikutuksia purkautuvan veden määrään Vihdin Hovialueella. Vertailukohtana on ollut aikaisempi avo-ojitettu tilanne. Salaojituksen vaikutuksesta Hovin alueen pintavalunta lakkasi suurelta osin. Keskimäärin pintavalunta oli 23 % vuosivalunnasta. Salaojitettulla alueella pintavalunnan osuus oli suuri vain sulamisaikoina ja erityisesti, mikäli routa oli rakenteeltaan tiivistä. Salaojitus lisäsi vuosivaluntaa keskimäärin  $0.91 \text{ l/s/km}^2$  eli 15.1 %. Lisäys oli tilastollisesti merkitsevä 5 % riskillä. Kevätvalunta lisääntyi keskimäärin 14.6 mm eli 12.4 % verrattuna vertailualueen perusteella laskettuun arvoon. Hetkellinen kesäylivaluma väheni keskimäärin  $27 \text{ l/s/km}^2$ . Muutos oli tilastollisesti merkitsevä 1 % riskillä. Kesäalivaluma lisääntyi keskimäärin  $0.04 \text{ l/s/km}^2$  eli 200 %. Lisäys oli tilastollisesti merkitsevä 0.1 % riskillä.

Laine (1974) on vertaillut avo- ja salaojitettujen alueiden valuntaa Liesnevan (turvemaa) ojitusalueella. Vertailussa oli mukana 10, 20, 40 ja 60 metriä leveät metsäiset sarat avo- ja salaojitetulta alueelta. Tulokset osoittivat, että sarkojen leveyksien ollessa 20, 40 tai 60 metriä sala- ja avo-ojitetun alueen koko mittauskauden (touko-syyskuu) valunnan määrissä ei ollut suurta eroa. Vain 10 metriä leveällä saralla valunnan määrä oli selvästi suurempi kuin muilla sarkaleveyksillä. Kyseisellä sarkaleveydellä myös avo-ojitetun alueen valunta oli suurempi (yli 20 %) kuin salaojitettun alueen.

Liperissä savimaalla tehdyissä mittauksissa on havaittu salaojavalunnan edustavan 75-90% kokonaisvalunnasta (Melanen & Jaakkola 1985).

#### 4.62 Ravinteiden huuhtoutuminen salaojavesissä

Maan muokkauskerroksen sisältämästä typestä on huuhtoutumiselle alttiina lähinnä nitraattimuotoinen tyyppi. Nitraatti huuhtoutuu helposti, koska nitraatti-ionit eivät sitoudu maahiukkasten pinnoille, vaan ovat vapaina maanesteessä (Jaakkola 1983). Nitraatin on havaittu muodostavan salaojavesissä yli 90 % huuhtoutuvasta typestä (Seuna & Kauppi 1981). Nitriitti- ja ammoniumtyypen osuus on yleensä pieni, kuten myös orgaanisen tyypen. Helppoliukoisen nitraattityypen huuhtoutuminen riippuu siitä, miten tehokkaasti vesi huuhtoo maaperää. Jos suuri osa valunnasta on pintavaluntaa, nitraattityypen huuhtoutuma jää yleensä alhaisemmaksi, kuin jos vesi valuu maaperän läpi (Turtola & Jaakkola 1985). Tyypin huuhtoutuminen on yleensä voimakkainta kevätvalunnan aikana lumen ja roudan sulaessa. Tällöin edellisenä syksynä käyttämättä jääneet ja syksyn kuluessa mineralisaatiossa vapautuneet ravinteet ovat alttiina huuhtoutumiselle (Jaakkola 1983). Jaakkolan (1978) mukaan suuri salaojavalunnan määrä ja suhteellinen osuus kokonaisvalunnasta lisää nitraattityypen huuhtoutumista peltomaasta ja nitraattityypen pitoisuuksia valumavesissä, mutta pienentää ammoniumtyypipitoisuuksia. Vaikka tyypeä huuhtoutuukin salaojitetulta alueelta vesistöön enemmän kuin avo-ojitetulta, on edellisen eduksi luettava se, että mahdollisuus nitraattityypen joutumiselle pohjaveteen on pienempi (Jaakkola 1983).

Fosforin huuhtoutumisen on tutkimuksissa havaittu olevan kiinteästi sidoksissa pintavesivalunnan määrään. Tämä johtuu siitä, että maanpinnasta syvemmälle joutunut fosfori pidättyy tiukasti maa-ainekseen. Jokioisissa vuosina 1977 ja 1978 kevättulvan aikana pintavalumavesien keskimääräinen fosforipitoisuus 0.23 mg/l oli 2.5-3 kertaa suurempi kuin salaojavesien (Jaakkola 1983). Hihnalan (1987) mukaan 60 % koko vuoden fosforimäärästä huuhtoutuu kevään aikana.

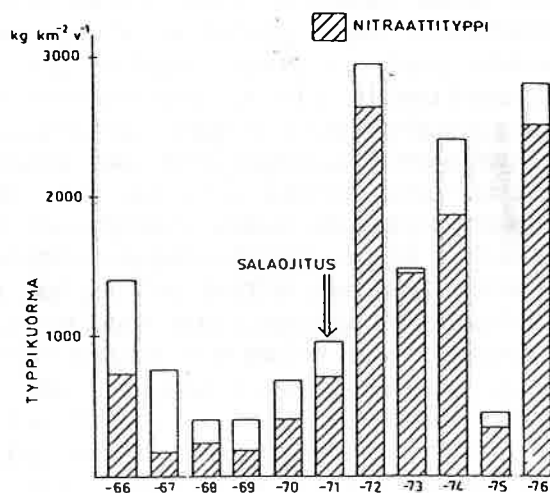
Kauppi (1979a) arvioi, että Suomessa huuhtoutuu luonnontilaisilta alueilta pintavesiin keskimäärin 1-2 kg tyypeä/ha/a. Peltoviljelyn aiheuttamaksi typpikuormitukseksi Kauppi arvioi kahdella Etelä-Suomessa sijaitsevalla valuma-alueella keskimäärin 12 kg/ha/a ja korkeimmillaan jopa 39 kg/ha/a (Kauppi 1979b). Pekkarisen (1979a,b) mukaan huuhtoutuma voi epäedullisissa olosuhteissa olla jopa 60 kg/ha/a. Mm. Pekkarinen on havainnut, että pelto-prosentin ja tyypin huuhtoutumisen välillä on positiivinen korrelaatio. Peltomaiden korkea typpihuuhtoutuma saattaa johtua viljelykäytön lisäksi siitä, että viljelykseen on yleensä otettu runsasravinteisimmat maat.

Luonnontilaisten alueiden fosforin vuosihuuhtoutumaksi Kauppi (1979a) arvioi noin 4.0-5.6 kg/km<sup>2</sup>. Kaupin mukaan maatalousmaista huuhtoutuu fosforia vesistöihin vuosittain 60 kg/km<sup>2</sup>. Mussaari (1974) puolestaan arvioi, että Lounais-Suomen tehokkaasti viljellyiltä alueilta huuhtoutuu fosforia noin 40 kg/km<sup>2</sup>/a.

Pälikkö (1963) havaitsi Jokioisissa tehdyissä salaojaetäisyyskokeissa, että nitraattityyppiä huuhtoutui 36 m:n etäisyyksin toisistaan olleista salaojista tuntuvasti vähemmän kuin 18 m:n etäisyyksin olleista ojista. Tämä lienee johtunut osittain siitä, että 36 m:n ojitus oli pitänyt maan märempanä kuin 18 m:n ojitus. Märässä maassa on tapahtunut nitraattityypen menetyksiä mikrobiologisesti tapahtuvassa nitraattien pelkistymisessä. Fosforin huuhtoutumisessa Pälikkö ei havainnut huomattavia eroja em. salaojaväleillä. Suorittamansa tutkimuksen perusteella Pälikkö arvioi, että fosfaattia huuhtoutuu salaojastosta noin 5 kg P/km<sup>2</sup>.

Kohonen (1972) analysoi 34 pienellä valuma-alueella vuosina 1962-1968 tehdyn huuhtoutumistutkimuksen tuloksia. Hän tarkasteli erilaisten ojitusolosuhteiden (ojaton, avo-ojitettu, salaojitettu) vaikutuksia ravinteiden huuhtoutumiin (typpi, fosfori) sekä graafisesti että määrittämällä niille tilastollisesti ns. pienimmän neliösumman regressioon. Tulokset osoittivat typen huuhtoutuman riippuvan pellon ojitussuhteista siten, että mitä enemmän on ojattoa sitä pienempi oli huuhtoutuma. Avo-ojitusprosentin kasvaessa lisääntyivät myös huuhtoutuvat typpimäärät muulloin paitsi keväisin. Salaojituksen lisääntyminen suurensi huuhtoutuvia typpimääriä. Kohosen mukaan fosforin kuukausihuuhtoutumassa oli kaikkina vuodenaikoina havaittavissa vähenemistä ojattomuusprosentin kasvaessa. Avo-ojitusprosentin suhde fosforin huuhtoutumaan on aivan päinvastainen. Salaojitusprosentilla oli samansuuntainen vaikutus kuin ojattomalla, tosin keväisin vaikutus oli hyvin heikko. Myös Jaakkolan (1983) mukaan salaojitus vähensi fosforin huuhtoutumaa.

Seuna ja Kauppi (1981) havaitsivat, että kokonais- ja nitraattitypen pitoisuudet kohosivat selvästi salaojituksen vaikutuksesta Vihdin Hovin alueella; salaojitusta edeltäneen havaintojakson aikana kokonaistypen vuosikeskiarvot vaihtelivat välillä 1.4-3.6 mg/l ja salaojituksen jälkeen 4.9-20.0 mg/l. Nitraattityppipitoisuus vaihteli vastaavasti 0.68-1.7 mg/l ja 2.0-17.0 mg/l. Nitraatin suhteellinen osuus kokonaistypestä lisääntyi salaojituksen jälkeen. Tämä johtui pintavalunnan osuuden pienenemisestä. Kokonaistyyppi- ja nitraattityppikuormissa salaojituksen vaikutus tuli vielä selvemmin esille kuin pitoisuuksissa. Kokonaistypen vuosikuorma kasvoi 1.5-23 kg/ha/a eli 52-410 %. Nitraattityypellä vastaava lisäys oli 1.7-24 kg/ha/a eli 106-840 %. Kokonaisfosforin pitoisuuksissa Seuna ja Kauppi (1981) eivät havainneet selvää muutosta salaojituksen johdosta verrattuna fosforikuorman edeltäneeseen avo-ojitustilaan (kuvio 7).



Kuva 7. Vuotuiset typpikuormat salaojitusalueella vv.1966-1976. Salaojitus tehtiin v.1971 (Kauppi 1979c).

Lannoituksen vastatessa kasvien tarpeita, on pellolta huuhtoutuva typpi pääasiassa mineralisoitumisesta vapautunutta typpeä (Åkerla ym. 1985). Pellon kesannoimisen aikana mineralisoituminen vapauttaa runsaasti typpeä, joka jää käyttämättömänä alttiiksi huuhtoutumiselle. Jaakkolan (1982) tutkimuksissa typpeä huuhtoutui poikkeuksellisen paljon kesannointivuonna ja sitä seuraavana vuotena. Jätevesilietteestä, lietelannasta ja väkilannoitteesta aiheutuvaa huuhtoutumista on tutkittu Liperissä ja Maaningalla sijait-

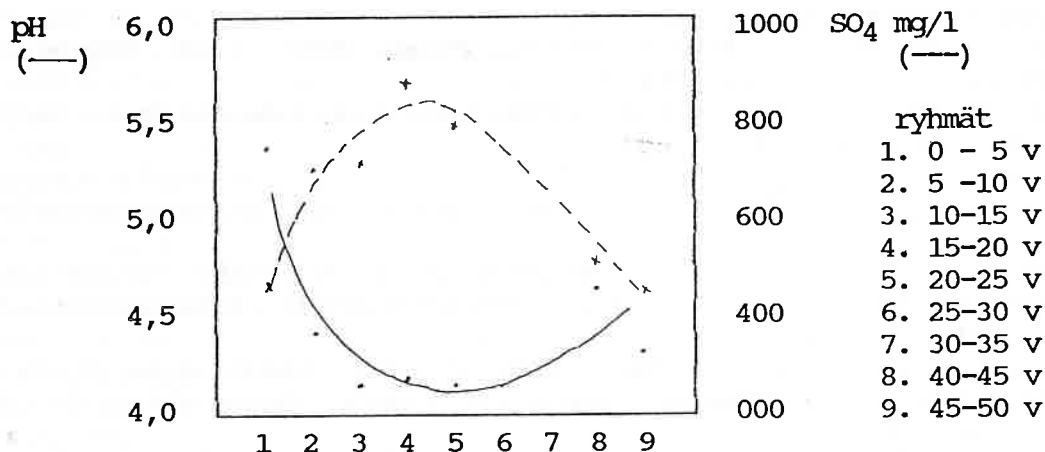
sevilla koekentillä. Liperissä (savimaa) kasvoi typpihuuhtoutuma salaojien kautta arvosta 1 800 kg/km<sup>2</sup>/a (ei lannoitusta) arvoon 20 000 kg/km<sup>2</sup>/a (kui-vattu liete lumelle ja sulaan maahan). Lietekäsittelyn lisäksi huuhtoutumisen kasvuun vaikuttivat vuosien 1981 ja 1982 poikkeuksellisen suuret valumat (Melanen ym. 1985). Jaakkola (mm. 1979b, 1982) tutki väkilannoitteen levitysjankohdan vaikutusta typen huuhtoutumiseen. Syyskuussa levitetystä tuestä huuhtoutui salaojien kautta noin 20 % kumpanakin koevuotena, mutta marraskuussa levitetystä lannoitteesta oli toisena vuonna huuhtoutunut vain 4 %. Toisena keväänä sulamisvalunta oli hyvin alhainen ja marraskuussa levitetty lannoite säästyi ilmeisesti tämän takia huuhtoutumiselta. Syyslannoituksen ja routaantuneelle maalle lannoittamisen vaikutus huuhtoutumiseen riippuu siis sääoloista ja erityisesti valunnan suuruudesta ja ajoittumisesta. Keväällä levitetystä lannoitteesta huuhtoutui kumpanakin vuonna muutama prosentti. Liperissä tehdyissä tutkimuksissa lietelannoitus lisäsi fosforin huuhtoutumista salaojavesien kautta arvosta 12-13 kg/km<sup>2</sup>/a (ei lannoitusta) arvoon 80 kg/km<sup>2</sup>/a (Melanen ym. 1985).

Turtola ja Jaakkola (1985) ovat verranneet ohrapellosta ja nurmesta huuhtoutuvia ravinteiden määriä savimaalla Jokioisissa. Varsinkin typen huuhtoutumiseen oli kasvulla selvä vaikutus. Nurmea kasvavalta koealalta huuhtoutui tyypeä vähemmän kuin ohramaasta, vaikka se oli verraten runsaasti lannoitettu (lannoitus kaksinkertainen ohramaahan verrattuna). Ohramaasta huuhtoutui nitraattityyppiä keskimäärin 11.1 kg/ha, josta salaojavesien osuus oli 6.3 kg/ha. Nurmesta huuhtoutui nitraattityyppiä keskimäärin 5.4 kg/ha ja tästä kulkeutui salaojavesien mukana 2.3 kg/ha. Salaojavesivalunnan määrän ja typen huuhtoutumisen yhteys ilmeni tilastollisesti merkitsevänä positiivisena korrelaationa ohralla kaikkina havaintojaksoina ja nurmella syyskautta lukuunottamatta. Nitraatin konsentraation ja salaojavesivalunnan määrän välillä oli tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio jokaisena havaintojaksona lukuunottamatta nurmea kesäaikaan (Jaakkola 1983, 1984). Fosforia huuhtoutui salaojavesissä nurmi- ja ohramaasta yhtä paljon fosforilannoituksen ollessa sama. Pintavesissä fosforia huuhtoutui nurmelta enemmän kuin ohralta, mikä johtui ainakin osittain nurmen pintaan levitetyn lannoitteen liukenemisestä maan pinnalla virranneeseen veteen. Nurmelta tulleissa pintavesissä fosforin konsentraatio oli korkeimmillaan 5 mg/l. Kokonaisfosforin konsentraatio oli salaojavesissä yleensä alle 0.5 mg/l. Korkeimmat fosforipitoisuudet, noin 2 mg/l, mitattiin elokuussa 1982 nurmesta tulleista salaojavesistä. Salaojavesissä fosforia huuhtoutui kevät-, kesä- ja syyskausina tilastollisesti merkitsevästi eri suuruiset määrät eri vuosina. Fosforia huuhtoutui nurmesta vuosittain keskimäärin 1.6 kg/ha, josta salaojavesissä 0.4 kg/ha. Ohramaasta huuhtoutui fosforia keskimäärin 1.2 kg/ha, ja tästä salaojavesien mukana 0.3 kg/ha. Fosforin huuhtoutuminen oli runsaampaa kuin kentällä aikaisempina vuosina (Jaakkola 1981ab). Ohramaasta tulleissa vesissä vain kolmannes kokonaisfosforista oli liukoista ortofosfaattifosforia. Nurmesta tulleissa vesissä 2/3 kokonaisfosforista oli liukoista fosforia. Liukoisen fosforin osuus oli suurin (n. 70 %) pintavesissä. Turtola ja Jaakkola eivät havainneet fosforilannoituksen lisäämisen ja sadetuksen vaikuttaneen fosforin huuhtoutumiseen salaojavesien mukana.

#### 4.62 Salaojituksen vaikutus veden happamuuteen

Pälikön (1963) mukaan salaojista tulleen veden happamuus on Jokioisten savimaalla vaihdellut pH 6,5 ja 7,5 välillä. Salaojavesi on siis ollut suhteellisen neutraalia. Salaojaveden happamuus näyttäisi Pälikön mukaan lisääntyvän kesään siirryttäessä.

Manninen (1972) tutki diplomityössään maankuivatustoimenpiteiden vaikutusta veden laatuun lähinnä Kyrönjoen vesistöalueella happamilla sulfaattimaille. Hän havaitsi, että salaojien veden sulfaattipitoisuus oli 1.5-5 kertainen verrattuna niiden lähellä olleiden avo-ojien sulfaattipitoisuuteen. Salaojituksen suurempi tehokkuus sulfaattien poistamisessa perustuu parempaan (syvempään) kuivatukseen ja pintavirtauksen vähäiseen osuuteen liejusavi- ja -hiesualueilla. Manninen tutki myös salaojituksen iän vaikutusta sulfaatin huuhtoutumiseen ja purkautuvan veden happamuuteen. Huuhtoutuminen oli voimakkainta 15-25 vuotta vanhoissa ojastoissa (kuvio 8).



Kuvio 8. Ylistaron ojastojen pH:n ja SO<sub>4</sub>:n keskiarvot ikäryhmittäin (Manninen 1972).

Vuonna 1985 Liminkaan happamille sulfaattimaille rakennetuilla koekentillä aloitettiin tutkimus mm. salaojasyvyyden vaikutuksesta purkautuvien vesien happamuuteen. Ensimmäisten tulosten valossa näyttää siltä, että syvemmistä salaojista purkautuvan veden pH olisi huomattavasti alhaisempi kuin matalammista salaojista purkautuvan veden (Anon. 1985).

#### LÄHDELUETTELO

- Anon. 1985. Revision of principles for reducing water quality problems in acid sulphate soils. First interim report from Ruhko-oja polder investigations.
- Hihnala, S. 1987. Turku suojelee raakavettään. Aurajoen rantaviljelyksiä muutetaan heinäpellocksi. Turun Sanomat 23.4.1987
- Jaakkola, A. 1978. Viekö vesi voiman? Pellervo 79, 17:10-11,16
- 1979a. Ravinteiden huuhtoutumistutkimus käynnistynyt. Koetoiminta ja Käytäntö 24.4 1979.
  - 1979b. Maarviljely ja vesien ravinnekuormitus. Vesipäivä 19.11.1979: 76-82. Vesiyhdistys r.y
  - 1981a. Huuhtoutuminen ja lannoittamisen tarve. Koetoiminta ja Käytäntö 24.11.1981 .
  - 1981b. Vesi vie ravinteita. Pellervo 82, 1981, 18: 24-27.
  - 1982. Leaching losses in Finnish agriculture. The second National Symposium on Biological Nitrogen Fixation, SITRA. Helsinki 8-10 th June 1982. Report 1: 307-313.
  - 1983. Salaojitus vähentää fosforin ja kaliumin huuhtoutumista. Salaojittaja 1983, 1: 15.
  - 1984. Leaching losses of nitrogen from clay soil under grass and cereal crops in Finland. Plant and Soil, 79: 59-66



- Kauppi, L. 1979a. Effect of drainage basin characteristics on the diffuse load of phosphorus and nitrogen. *Vesientutk.lait. julk.* 30: 21-24.
- 1979b. Phosphorus and nitrogen input from rural population agriculture and forest fertilization to watercourses. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 34: 35-46.
  - 1979c. Hajakuormitus ja sen vesistövaikutusta koskeva tutkimus. *Vesipäivä* 19.11.1979. *Vesiyhdistys r.y.* Ss. 10-19.
  - 1984. Contribution of agricultural loading to deterioration of surface waters in Finland. *Vesientutkimus laitoksen julkaisuja* 1984, 57: 24-30.
- Keso, L. 1936. Salaojitettujen savimaiden ja jäässä olevien maiden kyky läpäistä vettä. *Pellervo* 1936, 10.
- 1940. Ojaetäisyyskoe urpasavimaalla. *Suomen Maat. tiet. Seuran Julk. Acta Agralia Fennica* 42, 2:1-34
- Kohonen, T. 1972. Pelto-ojituksen vaikutus vesistön veden laatuun. *Vesihallituksen tiedotus* 34A.
- Laine, P. 1974. Avo-ojitettun ja salaojitettun alueen pohjavesisuhteiden ja valunnan vertailua. *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantaja*. 37s.
- Manninen, H. 1972. Maankuivatustoimenpiteiden vaikutus veden laatuun lähinnä Kyrönjoen vesistöalueella. *Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto. Diplomityö.* 137s.
- Melanen, M. & Jaakkola, A. & Melkas, M. ym. 1985. Leaching resulting from land application of sewage, sludge and slurry. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 61:
- Mussaari, I. 1974. Maatilatalous ja sen vaikutus vesistöjen kuormittajana Lounais-Suomessa. *Vesihallituksen tiedotus*
- Pekkarinen, M. 1979a. Ravinteiden huuhtoutuminen Siuntionjoen vesistöalueella. *Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto. Diplomityö.* 225p.
- 1979b. Hajakuormitusta koskeva tutkimus. *Siuntionjoki. Vesipäivä* 19.11.-1979. *Vesiyhdistys r.y.* 20-33
- Pälikkö, E. 1963. Salaojavesissä on ravinteita. *Pellervo* 18: 916-917.
- Seuna, P. & Kauppi, L. 1981. Influence of subdrainage on water quantity and quality in a cultivated area in Finland. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 43: 32-47.
- Suortti, T. 1981. Salaojien kautta purkautuvat vesimäärät. *Vesitalous* 3: 23-26.
- Turtola, E & Jaakkola, A. 1985. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. *Maatal. tutkimuskesk. tiedote* 6/85. 43p.
- Åkerla, H & Hatva, T ym. 1985. Esiselvitys typen kulkeutumisesta pohjavesiin peltoviljelyssä. *Vesihallituksen monistesarja* 335. 103s.



#### 4.7 SALAOJITUKSEN KUSTANNUKSET JA KANNATTAVUUS

Salaojituksen hyötyihin, kustannuksiin ja kannattavuuteen liittyvää tutkimustoimintaa on maassamme harrastettu jo 1920-luvulta lähtien. Varhaisimmat tutkimukset olivat pääasiassa joko teoreettisia laskelmia salaojituksen kustannuksista (mm. Keso 1928, Nuutila 1936) tai Salaojitusyhdistyksen suorittamia kyselytutkimuksia, joissa viljelijöiltä tiedusteltiin heidän käsityksiään mm. salaojituksen hyödyistä ja kannattavuudesta. Ensimmäinen tällainen tiedustelu tehtiin 1931, jonka jälkeen niitä tehtiin viiden vuoden välein (Keso 1931 & 1948). Salaojituksen aiheuttamaa sadonlisäystä on selvitetty muutamassa tutkimuksessa (Keso 1923, Kotiaho 1953). Niistä saatuja tuloksia tarkastellaan lyhyesti salaojitushyötyjä koskevassa luvussa. Muilta osin tässä sivuutetaan varhaisemmat tutkimustulokset vanhentuneisuutensa vuoksi ja keskitytään 1970- ja 1980-luvuilla tehtyihin tutkimuksiin.

##### 4.71 Salaojituksen hyödyt

Salaojituksesta aiheutuvia hyötyjä, jotka voidaan esittää markkamääräisesti ovat: vähentynyt ihmis- ja konetyömenekki, lisääntynyt hyötypinta-ala, sadon lisäys vähentyneen reunavaikutuksen vuoksi, kaksinkertaisen kylvön aiheuttaman ainemenekin väheneminen sekä sarkaojien kunnossapitokustannusten poisjääminen. Salaojituksesta aiheutuu myös muita hyötyjä, joiden arviointi rahassa on kuitenkin vaikeaa. Tällaisia hyötyjä ovat mm. salaojitettujen peltojen tasaisemmat kosteussuhteet, pidempi kasvukausi ja pienempi rikkaruohojen määrä.

Ensimmäisen salaojitushyötyjä koskevan tutkimuksen teki Keso vuonna 1923 selvittäessään Suomen Raakasokeri Osakeyhtiön tilastojen pohjalta salaojituksen sokerijuurikkaalle aiheuttamaa sadonlisäystä. Sokerijuurikkaan sato näiden tilastojen mukaan oli sala-ojitetuilla pelloilla noin 4 000 kg/ha eli noin 40 % suurempi kuin avo-ojitetuilla pelloilla. Valtaosa pelloista sijaitti savimailla (Keso 1923). Salaojituksen aiheuttamaa sadonlisäystä on tutkittu myös Suoviljelysyhdistyksen koeasemalla Tohmajärvellä. Korpisuolle raivatuilla koelohkoilla vertailtiin vuosina 1933-1952 lähinnä heinän ja kauran satoja. Kokeet osoittivat, että salaojitettu pelto antoi keskimäärin hieman paremman sadon kuin avo-ojitettu (Kotiaho 1953).

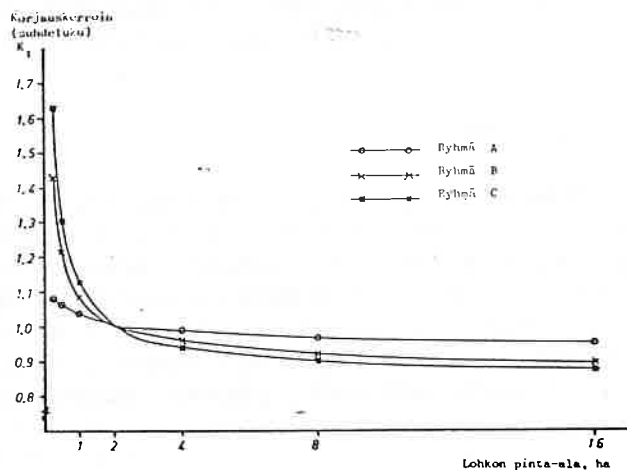
##### Ihmistyön ja konetyön väheneminen

Sarkaojitus lisää ihmis- ja konetyön tarvetta ylimääräisten käännösten ja päällekkäisen työskentelyn vuoksi. Lisäksi pellolla siirtyminen vaikeutuu avo-ojia kierrettäessä. Lisätyömenekkiin vaikuttavat lohkon koko, muoto ja sarkaleveys sekä käytetyn työkoneen työleveys.

Peltolohkon koon ja muodon vaikutusta työmenekkiin on 1970-luvulta lähtien tutkittu varsin runsaasti. Työmenekkiä erilaisilla kuviotyypeillä ovat Suomessa tutkineet Markula (1972), Pehkonen ja Lindholm (1979), Peltola (1979) sekä Suojaranta (1983). Tutkimusten soveltamistavoite on vaikuttanut niiden tarkasteluperusteisiin, mutta niiden perusteella voidaan arvioida salaojituksen vaikutusta ihmis- ja konetyömenekkiin.

Markulan (1972) laudaturtyössä selvitettiin kylvötyön työmenekin riippuvuutta pellon muodosta ja koosta tehtyjen kenttäkokeiden pohjalta. Tutkimus kuului osana vesihallituksen yhteissalaojitusta koskevaan tutkimukseen. 1970-luvun lopulla Maatalouden työnormistoa uusittaessa todettiin aiheelliseksi selvittää tarkemmin lohkon koon ja muodon vaikutusta myös muiden peltotöiden työmenekkiin. Tutkimus tehtiin mallitutkimuksena, jonka perusaineisto saatiin pääasiassa Työtehosteuran työntutkimusarkistosta. Tutkimuk-

sessä havaittiin, että lohkon koon muutos 2 ha:n peruslohkosta pienempään päin vaikuttaa jyrkästi ajamisaikaa lisäävästi tyyppitöiksi valituille kasvinsuojeluruiskutukselle, kynnölle ja muokkaukselle yli 4 m:n äkeellä (kuvio 9) (Peltola ym. 1979). Merkille pantavaa on myös, että kuviokoon ylitettyä 1 ha:n rajan työnsäästön lisääntyminen ei ole kovinkaan nopeaa. Lohkon koon suurentuessa yli 2 ha:n ajamisaika ei enää juuri pienene. Markulan (1972) laudaturtyössä esitetyt tulokset olivat varsin samansuuntaisia. Peltokuvion koon kasvaessa 0.25 ha:sta 0.50 ha:iin työnmenekki pieneni noin 20 %. 1.5 ha:n peltokuvion työnmenekki/ha oli keskimäärin 65 % 0.25 ha:n suuruisen kuvion työnmenekistä. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että jo suhteellisen pienellä alalla salaajitus on myös työnnekin kannalta suositeltavaa.



Kuvio 9. Lohkon koon vaikutus ajamisaikaan, kun suhdelukuna on 2.0 ha:n lohkon ajamisaika (Peltola ym. 1979).

Peltolan ym. (1979) tutkimuksessa tarkasteltiin myös lohkon muodon vaikutusta ajamisaikaan. Tutkimuksessa havaittiin, että pitkänomaiset lohkot ovat ajamisajan kannalta edullisimpia, kun taas lyhyet ja leveät lohkot ovat epäedullisia ja epäsaännöllisyys ja vinot päisteet lisäävät ajamisaikaa.

Maatalousteknologian laitoksella selvitettiin 1970-luvun lopussa kokeellisesti käännoaikojen vaihtelua erisuuruisissa päistekulmissa ja vaihtelun mahdollista riippuvuutta kulman suuruudesta keskeisimmässä peltotöissä. Tuloksista laskettiin ensimmäisessä vaiheessa keskimääräiset käännoajat eri päistekulmille ja ajotavoille. Nämä tulokset julkaistiin omana erillisenä tutkimusraporttina (Lindholm 1979). Tutkimuksen jatko-osassa pyrittiin laskemaan päistekulman vaikutus eri töiden työnmenekkiin ottaen huomioon näiden töiden suorituskerrat ja käännoisten lukumäärät. Samaten laskettiin hukka-ajat ja päällekkäinajosta johtuvat haitta-ajat koneen työlevyyden ja käännoajien perusteella (Pehkonen & Lindholm 1979).

Tutkimustulokset osoittivat, että epäedullisista päistekulmista aiheutuva haitta tuntui suurimpana sellaisissa töissä, joissa koneen työleveys oli pieni. Sen sijaan harvoin toistettavissa leveillä työkoneilla tehtävissä töissä päistekulman vaikutus tietyn lohkon työnmenekkiin oli vähäinen. Päistekulman haittavaikutukset ilmenivät ensisijaisesti sarka-ajona tehtävissä töissä. Leveitä työsarkoja käytettäessä vinosta päisteestä aiheutuva ajomatkan lisäys korosti vielä haittavaikutusta. Ympäriajona tehtävissä töissä edullisten ja epäedullisten kulmien vaikutus tasaantui, joten erot jäivät yleensä pienemmiksi kuin sarka-ajossa (Pehkonen & Lindholm 1979).

Mattila (1980) johti Pehkosen ja Lindholmin tutkimustulosten pohjalta päis-tekustannusten arvioimisperusteet. Tutkimuksen tarkoituksena oli luoda perusteet korvausmenettelylle peltoalueiden pakkolunastuksessa. Tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa myös tilanteeseen, jossa sarkaojitettu pelto salaojitetaan.

Suojaranta (1983) selvitteli laudaturtyössään mm. peltolohkon kuvio-ominaisuuksien vaikutusta salaojitukselta saatavaan hyötyyn. Tutkimuksen aineistona oli 200 :n tilan salaojitusuunnitelmat. Salaojituksella saavutettavat hyötytekijät määritettiin tarkastelemalla suunnitelmissa esiintyvää keskimääräistä (2.6 ha) peruskuviota sarka- ja salaojitettuna viljeltäessä tärkeimpiä viljelykasveja. Tutkimuksessa laskettiin salaojitukselta aiheutuvan työn säästön ja työkustannusten supistumisen eri viljelykasveilla. Konetyö hinnoiteltiin sekä vuokrahintojen että marginaalikustannusten mukaan. Marginaalikustannukset perustuvat omien koneiden käyttöön (taulukko 13). Suojaranta totesi, että eri työvaiheiden pienikin säästö voi rajatapauksissa vaikuttaa tilan kokonaistyömenekin kannalta merkittävästi. Jos salaojituksen jälkeen tilan kokonaistyömenekki pienenee niin paljon, että voidaan luopua vuokra-  
koneiden käytöstä kiireisimpänä työhuippuina, muodostuu työnsäästön rahallisesta arvosta huomattava.

Taulukko 13. Salaojittamalla saatu työn säästö ja työkustannusten säästö, kun konetyö on hinnoiteltu a) vuokrahinnoilla, b) marginaalikustannusten mukaan (Suojaranta 1983).

Viljelykasvi	min/ha	työnsäästö % peltotyöajasta	Vuokrat mk	Marginaalikustan, mk
Säilörehunurmi	87	28.2	145	65
Heinä	88	25.0	156	60
Rehuvilja	127	28.0	305	145
Syysvilja	144	29.6	358	157
Kevätöljykasvit	136	37.5	622	409
Sokerijuurikas	399	28.4	987	405
Peruna	418	28.6	365	168

Teknillisessä korkeakoulussa valmistui vuonna 1980 diplomityö, jossa selvitettiin valtaojituksen putkituksen tuottamaa hyötyä ja putkituksen kustannusten ositteluperiaatteita. Tärkeimpänä selvityskohteena oli viljelylohkojen koon ja muodon parantamisen tuottama ns. rationalisointihyöty. Laskelmat perustuivat pääosin Tanskassa 1960-luvulla suoritettuihin kenttäkokeisiin. Osan tutkimuksesta muodosti yhdessä Salaojakeskuksen kanssa keväällä 1978 tehty kysely. Siinä pyydettiin viljelijöitä omakohtaisiin arvioihin perustuen arvioimaan työmenekkiä erilaisilla peltokuvioilla. Vastaukset perustuivat melko subjektiiviseen arviointiin, mistä syystä ne olivat epätarkkoja. Myös vastausten hajonta oli suuri (Kilpinen 1980).

#### Pinta-alan lisääntyminen ja reunahaitan pienentyminen

Salaojitettaessa viljelyala lisääntyy sarkaojien alan ja nk. reunahaitta-alan määrällä. Reunahaitta-alalla tarkoitetaan tuottamatonta piennaralaa ja keskimääräistä heikomman sadon alasta yhtä suurta osaa, kuin on sadon menetys reunan vaikutuksesta. Eri viljelykasveilla reunavaikutuksen erot johtuvat lähinnä viljelytekniikasta ja kasvin vaateliaisuudesta. Viljoilla reunahaitta-ala sisältää avo-ojien pientareen ja puolet keskimääräistä heikomman sadon alasta. Nurmilla reunahaitan alaksi luetaan ainoastaan avo-ojien pientareen ala (Tolvanen & Torvela 1981).

Salaojituksen kautta lisääntyvän pinta-alan määrään vaikuttavat sarkaojien ja reunahaitta-alojen suuruus. Eri tutkimuksissa näiden osuutena pellon hyötypinta-alasta on käytetty 5,9 - 22 %. Juuselan ja Wäreen (1956) mukaan keskimääräinen sarkaojista aiheutuva hukkaleveys oli vuonna 1954 1,4 metriä. Tutkimuksessa sarkojien kokonaisleveys oli keskimäärin 13 metriä, sarkaojat pientareineen veivät siis noin 11 % hyötyleveydestä. Markulan (1972) tutkimuksessa sarkojien osuus kokonaispinta-alasta oli 8.1 %. Tähän lukuun sisältyivät ojat ja pientareet sekä päisteojien pientareet. Tavallisilla saroilla (sarkaleveys 7-9 m) ojien määrä pellostä oli 11.9 % ja yhdistetyillä saroilla (sarkaleveys 15-19 m) ojien osuus oli 5.9 % kokonaisalasta. Tolvanen ja Torvela laskivat mm. ruotsalaisiin tutkimustuloksiin perustuen salaojitukselta aiheutuvan lisäpinta-alan olevan 10-22 % (sisältää reunahaitta-alan vähenemisen). Suurin hyöty salaojitukselta oli sokerijuurikkaalla sekä perunalla ja pienin nurmikasveilla. Suojarannan (1983) aineiston mukaan keskimääräinen avo-ojamäärä koko maassa oli 415 m/ha ja keskimääräinen sarkaleveys 16.2 m. Salaojituksella saatava lisäpinta-ala oli hänen mukaansa 6-12 %. Suojaranta on laskenut salaojituksen vaikutuksesta lisääntyvän hyötypinta-alan ja sen aiheuttaman markkamääräisen hyödyn eri viljelykasveilla (taulukko 14).

Taulukko 14. Lisääntynyt hyötypinta-ala ja siitä aiheutuva kokonaishyöty eri viljelykasveilla (Suojaranta 1983).

Viljelykasvi	Alue, jolta sato mennetty m <sup>2</sup>	Menetetyn alueen osa, jolle viljelytoimenpiteet tehty m	Katetuotto mk/ha	Sadon käsitelystä aiheutuvat kustannukset mk/ha	Kokonaishyöty lisääntyneestä pinta-alasta mk/ha
Säilörehunurmi	590	-	2710	-	160
Heinä	590	-	2295	-	135
Rehuvilja	800	250	2154	855	202
Syysvilja	800	250	3541	932	329
Kevätöljykasvi	1220	460	2925	864	433
Sokerijuurikas	1220	460	6330	1987	864
Peruna	1130	420	5291	2430	700

#### Kaksinkertaisen levityksen väheneminen

Kylvökoneen, lannoitteiden levittimen ja kasvinsuojeluruiskun työlevyyden sopimattomuus sarkalevyyteen aiheuttaa päällekkäin tai hukkalevitystä, ellei työlevyyttä voida tarkasti säätää. Lannoitteiden ja siementen kaksinkertainen levitys kapealla kaistalla antaa usein korkeamman sadon. Esimerkiksi viljoilla lakoontuminen kuitenkin lisääntyy, korjuu vaikeutuu ja laatutappiot kasvavat, lisäksi kasvinsuojeluaineiden kaksinkertainen levitys vioittaa helposti kasvustoa (Laitinen 1987).

Markulan (1972) mukaan avo-ojitetuilla pelloilla jäi kylvämättä keskimäärin 4.20 a/ha ja päällekkäistä kylvöä tuli keskimäärin 5.83 a/ha 1.5-4.0 ha peltolohkoilla. Suojarannan (1983) mukaan salaojituksella voidaan pienentää kaksinkertaista levitysalaa keskimäärin 2.2 a/ha. Pehkonen ja Lindholm (1979) esittivät kenttäkokeiden perusteella määritettyjä tuloksia materianlevityksen yhteydessä muodostuvasta päällekkäislevityksestä (taulukko 15). Tällöin otettiin huomioon vain vinossa päisteessä muodostuva päällekkäislevitys.

Taulukko 15. Pääallekkainajo  $m^2$  käännoistä kohden vinossa päisteessä erilevyisillä työkoneilla (Pehkonen & Lindholm 1979).

Päistekulma astetta	Koneen työleveys m				
	2,0	2,5	3,0	5,0	10,0
30/150	3,4	5,4	7,7	21,3	29,0
45/135	2,0	3,1	4,5	12,5	49,5
60/120	1,2	1,8	2,4	21,3	85,0

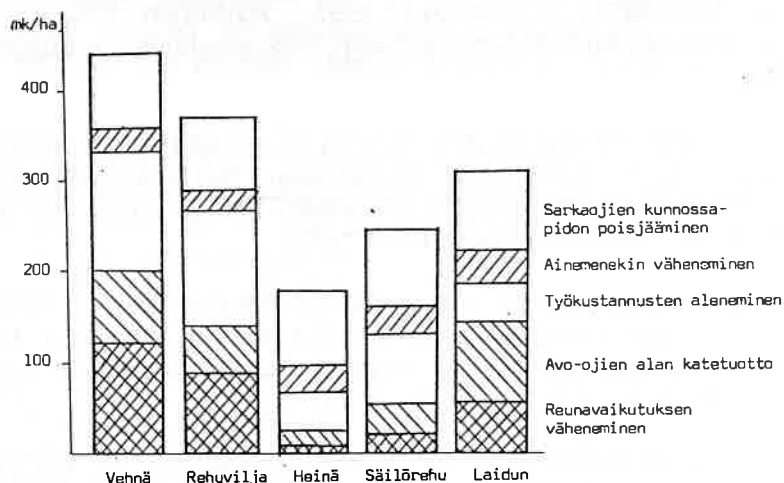
#### Kunnossapitokustannusten väheneminen

Vertailtaessa sarka- ja salaojituksen edullisuutta keskenään oletetaan, että ojitus toimii molemmilla menetelmillä, eli toimivuus taataan aika ajoain suoritettavilla kunnossapitotoimenpiteillä. Kun tarkastellaan salaojituksesta aiheutuvia hyötyjä, sarkaojien kunnossapidon poisjäännistä muodostuu merkittävä hyöty (Suojaranta 1983). Pälikkö (1980) on suositellut avo-ojien puhdistustiheydeksi 7-10 vuotta. Kuitenkaan helposti liettyvillä mailla joka viides vuosikaan tapahtuva ojien perkaus ei aina riitä pitämään ojia toimintakuntoisina. Myös salaojat vaativat aika ajoain kunnossapittoa, kuten kaivojen ym. tarkastusta ja puhdistusta. Suojarannan (1983) mukaan salaojien kunnostustöihin voidaan laskea käytettävän noin 2 tuntia vuodessa.

#### Yhteenveto hyödyistä

Salaojituksesta aiheutuvien hyötyjen suuruus riippuu suuresti tilan tuotantosuunnasta. Kasvinviljelytilalla salaojitushyöty saadaan peltoviljelystä. Karjatilalla voidaan tämän lisäksi saada salaojitushyötyä lisäämällä kotieläinmäärää salaojituksesta aiheutuvan rehusadon suurenemisen vuoksi. Erikoiskasveja esim. sokerijuurikasta ja perunaa viljeltäessä saadaan suurempi salaojitushyöty. Laitisen (1987) mukaan perunan salaojitushyöty oli kaksinkertainen rehuviljojen salaojitushyötyyn verrattuna. Myös sarkaleveys vaikuttaa huomattavasti salaojituksesta saatavaan hyötyyn. Sarkaleveyden kasvaessa 13 metristä 20 metriin laskee salaojituksesta saatava hyöty viljaa ja säilörehua viljeltäessä noin 35 %. Sarkaleveyden kasvaessa edelleen 20 metristä 25 metriin salaojitushyöty laskee enää hieman yli 20 %. Muita salaojitushyödyn suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat satotaso, koneistus ja peltolohkon muoto ja koko (Tolvanen & Torvela 1981).

Kuviossa 10 on pyritty esittämään yhteenvetona salaojitushyötyjen muodostumista eri osatekijöistä vilja- ja numikasveilla suorakaiteenmuotoisella esimerkkilohkolla, sivusuhte 1:2 (Tolvanen & Torvela 1981).



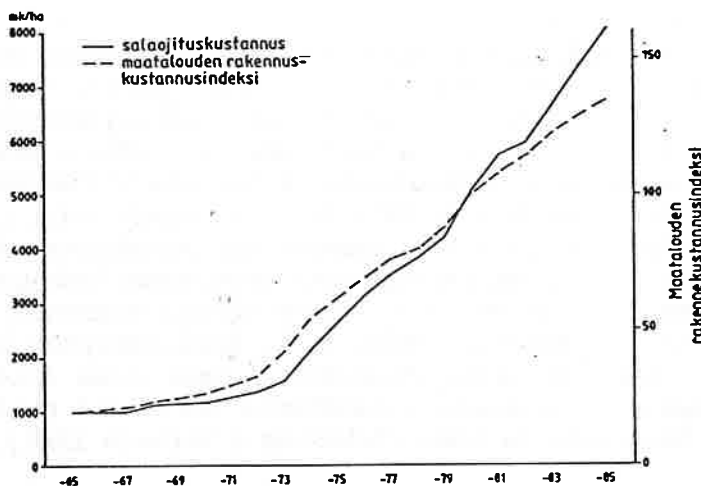
Kuvio 10. Salaojituksesta aiheutuvat hyödyt (mk/ha) esimerkkilohkolla (Tolvanen & Torvela 1981).

Salaojitushyöty vaihtelee kasveittain lähinnä reunahaitta-alan ja katetuoton mukaan. Viljoilla runsas kolmannes salaojitushyödyistä aiheutuu pinta-alan lisäyksestä. Nurmikasveilla mm. reunahaitta-ala on pienempi ja siitä aiheutuva ojitushyöty myös vähäisempi. Kuitenkin laitumella lähes puolet salaojitushyödyistä on aiheutunut lisääntyneestä pinta-alasta. Erikoiskasveilla suurin osa salaojitushyödyistä on lisääntyneen pinta-alan aiheuttamaa. Reunahaitta-ala on niillä lähes kaksinkertainen muihin tässä tarkasteltaviin kasveihin verrattuna (Tolvanen & Torvela 1981).

#### 4.72 Salaojituksen kustannukset

##### Kokonaiskustannukset

Salaojituksen painopisteen siirtyessä Etelä- ja Lounais-Suomen edullisilta ojitusmailta Keski- ja Itä-Suomen ongelmallisille maille ovat salaojituskustannukset nousseet huomattavasti. Erityisesti moreenimaiden ja liekoisten soiden ojitukset joudutaan tekemään tavallista salaojitustekniikkaa kalliimmalla kauhakonetekniikalla. Yksittäisten ojitusten kustannukset saattavat nousta niin korkeiksi, että ne ylittävät siitä saadun hyödyn. Kustannusarvioiden kehitys on seurannut varsin tarkkaan rakennuskustannusindeksiä tai ollut sitä pienempi aina vuoteen 1974 asti, minkä jälkeen kustannukset ovat kehittyneet rakennuskustannusindeksiä nopeammin. Kuviossa 11 on esitetty kustannusarvioiden ja rakennuskustannusindeksin kehitys vuosina 1965-1985.



Kuvio 11. Kustannusarvioiden ja rakennuskustannusindeksin kehitys 1965-1985.

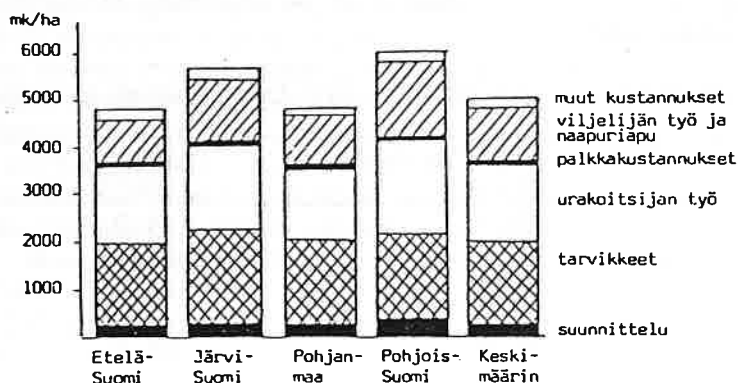
Koko maassa tehtyjen salaojitusten kustannuksia on selvitetty kahdessa tutkimuksessa (Tolvanen & Torvela 1981, Koivunen 1986). Niiden lisäksi yhdessä tutkimuksessa on tutkittu salaojituskustannuksia suppeammalla alueella (Repo 1983).

Tolvasen ja Torvelan mukaan salaojitus on ollut halvinta Uudenmaan maatalouskeskuksen alueella ja kalleinta Kainuussa. Kustannukset ovat vaihdelleet paitsi maatalouskeskuksittain myös suuremmilla alueilla. Kuviossa 12 on salaojituskustannukset ilmaistu suuralueittain.

Salaojituskustannukset olivat vuonna 1980 keskimäärin 7 950 mk/ha<sup>1</sup>. Etelä-Suomen ja Pohjanmaan tasaisilla pelloilla salaojitus oli tullut maksamaan alle 7 950 mk, kun taas Järvi- ja Pohjois-Suomen alueella hehtaarin ojituskustannus oli noussut noin 9 500 mk:aan.

<sup>1</sup> Kaikki tässä kappaleessa esitetyt kustannukset paitsi kuvion 12 kustannukset on muutettu vuoden 1986 hintatasoon indeksikertoimella, jota käytettiin vuonna 1986 kustannusarvioiden korotuksissa.





Kuvio 12. Salaojituskustannukset suuralueilla, vuoden 1980 hintataso (Tolvanen & Torvela 1981)

Repo (1983) tutki Hyvinkään maatalousopistolle tekemässään erikoistyössään Sulkavalla kunnassa vuosina 1980–1983 tehtyjen salaojitusten kustannuksia, hyötyjä ja kannattavuutta. Tiloja tutkimukseen kertyi kaiken kaikkiaan 16 kpl. Tutkimusaineisto perustui tehtyihin haastatteluihin. Revon mukaan salaojitus Sulkavalla maksoi keskimäärin 12 560 mk/ha. Pienin kustannus oli 8 490 mk/ha ja suurin peräti 20 770 mk/ha.

Keväällä 1985 aloitettiin Helsingin yliopiston maatalousekonomian laitoksella tutkimus, jonka tarkoituksena oli selvittää salaojituskustannuksia, kustannusten vaihtelua ja vaihteluun vaikuttavia tekijöitä, salaojituksen hyötyvaikutuksia sekä rahoitusta ja maksuvalmiuden kehitystä ojituksen jälkeen. Tarkoituksena oli myös selvittää salaojitusluokituksen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimus jakaantui kahteen osaan. Koivusen (1986) pro gradu-tutkielmassa selvitettiin salaojituskustannusten tasoa, kustannusten vaihtelua ja vaihteluun vaikuttaneita tekijöitä. Erityistavoitteena oli selvittää mahdollisimman seikkaperäisesti ne tapaukset, joissa salaojituskustannukset olivat olleet suurimmat. Tutkimuksen toisessa osassa (Sipiläinen & Ryyänen 1987) selvitettiin salaojituksen hyötyjä, kannattavuutta, rahoitusta sekä ojitushalukkuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksella haluttiin saada edustava kuva sen hetkisistä salaojituskustannuksista maassamme. Tutkimusaineistona olivat vuosina 1982–84 Salaojakeskuksen suunnitelmien mukaan toteutetut salaojitukset. Tulokset perustuivat 490 haastatteluun.

Vuosina 1982–1984 tehtyjen salaojitusten kustannukset olivat Koivusen mukaan keskimäärin 8 990 mk, kustannusten vaihteluväli oli 3 530–18 590 mk/ha. Ojituskustannukset olivat suurimmat Turun saaristossa ja Ahvenanmaalla, missä keskimääräinen kustannus oli 10 940 mk/ha. Näiden alueiden hintatasoa olivat nostaneet korkea ojitusmateriaalin hintataso ja pienet ojitusalat. Edullisinta ojitus oli Hämeen läänin alueella, missä hehtaarikustannus oli 7 670 mk.

Vertailtaessa Koivusen sekä Tolvasen ja Torvelan tutkimusten kustannuksia voidaan havaita, että kustannukset olivat nousseet kolmessa vuodessa hieman yli 1 000 mk eli noin 13 %. Osa kustannusten noususta johtuu kuivatustehon lisäyksestä, sillä hehtaarille tuleva ojamäärä on lisääntynyt 542 metristä (1980) 561 metriin (1984) (Koivunen 1986).

#### Kustannuserät

Salaojituskustannukset muodostuvat suunnittelu-, tarvike- ja työkustannuksista. Tarvikekustannus sisältää putkista, kaivonrenkaista ja muista salaojitukseen tarvittavista laitteista sekä sorasta aiheutuvat kustannuserät. Työkustannukset muodostuvat salaojitusurakan työkustannuksista ja viljelijän salaojitukseen palkkaamien työntekijöiden palkkakustannuksista sekä viljeli-

jäperheen omasta työstä. Taulukossa 16 on esitetty kustannuserien jakautuminen eri tutkimuksissa.

Taulukko 16. Kustannuserien osuudet eri tutkimusten mukaan.

	Tolvanen ja Torvela (1981)	Repo (1983)	Koivunen (1986)
Suunnittelu	5.7	4.3	6.4
Urakkatyö	32.0	29.2	35.4
Tarvikkeet	34.9	27.3	40.4
Palkkatyö	2.0	-	-
Tilan työ	22.7	38.3	12.7
Tasaus, piiri- ja valtaojat	1.9	-	5.1

Tolvasen ja Torvelan sekä Koivusen tutkimusten mukaan suurin kustannuserä oli tarvikekustannukset, seuraavaksi suurimmat kustannuserät olivat urakkatyö ja tilan työ. Tarvikekustannukset olivat Tolvasen ja Torvelan mukaan korkeat niillä alueilla, joilla myös kokonaiskustannukset olivat nousseet keskimääräistä korkeammiksi, kuten Järvi-Suomen ja Kainuun alueilla. Revon tulokset poikkesivat edellämaituista melkoisesti. Suurin kustannuserä oli tilan työ ennen tarvikekustannuksia. Tilan työn suuri osuus saattoi johtua mm. siitä, että harvalla Sulkavan urakoitsijalla oli sorastusvaunua. Sorastus oli jäänyt viljelijän työksi. Myöskin peltojen keskimääräistä suurempi kivisyys oli useissa tapauksissa aiheuttanut tilan omalle väelle runsaasti lisätyötä.

Tolvasen ja Torvelan sekä Koivusen tutkimusten tulokset eivät ole eri kustannuserien osuuksien osalta täysin vertailukelpoisia. Esimerkiksi traktoriyötunnin hinnoitteluperusteet erosivat toisistaan. Lisäksi pellon tasauksesta aiheutuvat kustannukset olivat Koivusen tutkimuksessa luettu piiri- ja valtaojien kaivun kanssa samaan ryhmään, kun taas Tolvanen ja Torvela laskivat ne tilan työhön. Edellä mainitut seikat pienensivät viljelijän työn osuutta enemmän kuin todellisuudessa on tapahtunut. Viljelijän työpanoksen merkitys on kuitenkin vähentynyt mm. putkimateriaalin vaihtuessa yhä enemmän tiilestä muoviin, koska tällöin avustavaa työtä tarvitaan vähemmän. Nykyään tehdään myös jonkin verran ojituksia, joissa urakoitsija suorittaa työn alusta loppuun saakka, ns. "avaimet käteen" -periaate (Sipiläinen & Ryyänen 1987).

#### Ojituskustannuksiin vaikuttavia tekijöitä

Ojituskustannuksiin vaikuttavat ennenkaikkea ojatiheys ja kaivuolosuhteet. Järvi-Suomen ja Kainuun alueilla kaivuolosuhteet olivat huomattavasti muita alueita vaikeammat. Mm. kivisyyden vuoksi suuri osa ojituksesta jouduttiin kaivamaan kauhakoneella, mistä aiheutui mm. keskimääräistä suurempi soran menekki. Ojitus Hankkeiden pieni keskikoko ja putkimateriaali vaikuttivat myös ojituskustannuksia kohottavasti eräin paikoin. Tiiliputkia käyttäen ne olivat keskimäärin 1 600 mk/ha (1986 hintataso) halvempia kuin muoviputkella. Tämä johtui suurimmaksi osaksi Etelä-Suomen kivettömien maiden alhaisemmista ojituskustannuksista ja tiiliputkien hieman edullisemmasta hintatasosta Etelä-Suomen olosuhteissa (Tolvanen & Torvela 1981).

Koivunen (1986) tarkasteli tutkimuksessaan kustannuseroja ja eroihin vaikuttaneita tekijöitä. Tutkimuksen mukaan kustannuksiltaan pienimpien ojitusten pinta-alat olivat 1.6 kertaa suurempia kuin kalliimpien ojitusten. Salaojaa kaivettiin kalliimmissa ojituksissa 1.2 kertaa enemmän kuin edullisimmissa, kauhakoneella kaivettujen ojien osuus oli yli kaksinkertainen edullisimpiin verrattuna. Lisäksi kustannuksiltaan suurimmissa ojituksissa kaivettiin piiri- ja valtaojaa noin kaksi kertaa enemmän kuin edullisimmissa ojituksissa ja salaojakaivojen määrä oli noin nelinkertainen edullisimpiin ojituksiin

verrattuna. Ojituskustannuksiltaan suurimpien ojitusten ojituspinta-ala oli 2.3 ha, kun edullisimpien ojitusten pinta-ala oli keskimäärin 4.5 ha. Koivusen mukaan salaojitushankkeen pinta-alan lisääminen on yksi tärkeimpiä keinoja ojituksen hehtaarikustannusten pienentämiseksi. Esim. 10 ha:n ojittaminen salaojakoneella yhtenä eränä kolmen asemasta säästä kustannuksia 13 450 mk (1986 hintatasossa). Salaojakonemenetelmällä kustannukset alenivat keskimäärin 190 mk/ha (1986 hintatasossa) hankkeen koon kasvaessa yhdellä hehtaarilla. Kustannukset eivät kuitenkaan laskeneet enää ojituskoon ylittäessä 10 ha. Kauhakonemenetelmällä vastaava kustannusten aleneminen oli 328 mk/ha (1986 hintatasossa) 5 ha:iin asti. Kauhakoneojitukset olivat keskimäärin 1 180 mk/ha (1986 hintatasossa) salaojakonemenetelmällä kaivettuja kalliimpia.

Tutkimuksessa arvioitiin myös kustannusten riippuvuutta eri kustannustekijöistä. Suurin yhteinen riippuvuus oli hehtaarikustannusten ja kaivettujen ojamerien välillä. Toiseksi suurin riippuvaisuus oli ojituspinta-alan, kolmanneksi suurin kauhakonekaivun osuuden ja salaojituskustannusten välillä.

Koivunen laati tutkimuksessaan salaojituksen hehtaarikustannuksia kuvaavan lineaarisen regressiomallin. Selittäviksi muuttujiksi valikoituivat ojamerien määrä, kauhakonekaivun osuus, ojituspinta-ala, urakkatyön hinta, piiri- ja valtaojien metrimäärä, tiiliputkien osuus käytetyistä ojitusmateriaaleista ja salaojakaivojen lukumäärä. Regressiomallin selityssaste oli 0.56. Mallin suhteellisen huono selityssaste johtui sekä työn että materiaalin hintatason suuresta alueellisesta vaihtelusta (Koivunen 1986).

Alueilla, missä ojituskustannukset ovat olleet keskimääräistä suuremmat, yleensä useampi kuin yksi em. tekijöistä on vaikuttanut kustannuksia kohottavasti tai päinvastoin. Esim. Järvi-Suomen alueella ojitushankkeiden koko on ollut keskimääräistä pienempi ja pellot vaikeammin ojitettavissa. Etelä-Suomessa ojitushankkeiden koko on ollut keskimääräistä suurempi, vallitseva maalaji helposti ojitettavissa ja putkimateriaalina on yleisesti käytetty halvempaa tiiliputkea. Nämä kaikki tekijät ovat osaltaan vaikuttaneet siihen, että Järvi-Suomessa ojittaminen on tullut maksamaan noin 1 600 mk/ha (1986 hintatasossa) enemmän kuin Etelä-Suomessa (Tolvanen & Torvela 1981).

#### Ojituskustannusten vähentämiskeinoja

Salaojituskustannuksia voidaan pienentää yhteishankkeiden avulla. Suppeimmillaan yhteistoiminta rajoittuu ojitustarvikkeiden yhteisostoon. Joillakin alueilla on suorastaan pakko toimivan ojituksen aikaansaamiseksi ojittaa yhteisvoimin naapureiden kanssa. Vesihallituksessa tehtyjen laskelmien mukaan 25 % salaojitushankkeista tulisi tehdä yhteissalaojituksina. Kustannuksia säästyy, koska piiri- ja valtaojaa tarvitaan huomattavasti vähemmän kuin erillisojituksessa. Myös rumpuja ja siltoja tarvitsee rakentaa vähemmän ja tilusjärjestelyjen mahdollisuus paranee (Kantanen 1973).

#### Salaojakeskuksen kustannusarvioiden luotettavuus

Niissä tutkimuksissa, joissa on tutkittu toteutuneita salaojituskustannuksia, on myös selvitetty Salaojakeskuksen laatimien kustannusarvioiden paikkansapitävyyttä.

Tolvasen ja Torvelan tutkimuksen mukaan kustannusarviot ovat vastanneet hyvin todellisia kustannuksia. Keskimäärin ne ovat olleet vain noin 1 % vastaavia todellisia kustannuksia suuremmat. Tarkasteltaessa maatalouskeskustaittain kustannusarvioiden ja todellisten ojituskustannusten välisiä eroja, voidaan havaita, että niiden maatalouskeskusten alueilla, joilla ojituskustannukset ovat olleet keskimääräistä suuremmat, kustannukset on

arvioitu toteutuneita kustannuksia alemmiksi. Vastaavasti eräiden maatalouskeskusten alueilla, joissa toteutuneet kustannukset ovat olleet keskimääräistä alhaisemmat, kustannusarvioiden loppusummat ovat olleet toteutuneita kustannuksia korkeammat. Tutkimuksessa ei ole laskettu kustannusarvioiden keskihajontaa, mikä heikentää vertailumahdollisuuksia myöhempien tutkimusten kanssa.

Revon havainnot osoittivat puolestaan Salaojakeskuksen kustannusarvioiden poikkeavan merkittävästi toteutuneista kustannuksista. Toteutuneet kustannukset olivat keskimäärin 3 410 mk (1986 hintataso) kustannusarviota suuremmat eli noin 40 %. Etenkin työ kustannuksissa oli paljon eroa.

Koivusen tutkimuksen mukaan ojituksille laaditut kustannusarvot eivät olleet kovin tarkkoja. Niiden paikkansapitävyys vaihteli alueittain melkoisesti. Toteutuneet kustannukset olivat keskimäärin 6 % kustannusarvioita pienempiä. Variaatiokerroin oli kuitenkin huomattavan suuri, 28 %, joten yksittäisten kustannusarvioiden ja toteutuneiden kustannusten erot saattoivat olla hyvinkin suuria. Erityisesti edullisten ojitusten kustannukset poikkesivat kustannusarvioista, sillä niiden toteutuneet kustannukset jäivät 30 % kustannusarvioita pienemmiksi. Ojitusten, joiden kustannusarvot olivat suuret ylittivät kustannusarvion keskimäärin 11 % :lla. Tulos viittaa selvästi siihen, että vaikeasti ojitettavien alueiden kustannukset aliarvioidaan ja helpot yliarvioidaan. Myös Revon havainnot viittaavat tähän.

Koivusen tutkimuksen mukaan suurimmat suhteelliset poikkeamat olivat viljelijäperheen työn arvostuksissa. Muutamien maatalouskeskusten alueilla kustannusarvio oli lähes kolminkertainen toteutuneeseen verrattuna ja keskimäärinkin poikkeama on ollut lähes 100 %. Osittain erot aiheutunevat traktorityön hinnoitteluperusteista. Lisäksi oman työn arviointi jälkikäteen on melko vaikeaa ja epätarkkaa (Sipiläinen & Ryyänen 1987).

Tarkasteltaessa kustannusarvioiden paikkansapitävyyttä, on otettava huomioon, että kustannusarvot yleensä suunnitellaan 2-3 kertaa suuremmalle pinta-alalle kuin toteutettu ojitus. Itse ojitus saattaa olla suunnitelman helpoin tai vaikein osa, mikä luonnollisesti muuttaa ojituskustannuksia. Myös ojitussajankohdan sääolosuhteet voivat mahdollisesti aiheuttaa työ kustannusten poikkeamista arvioiduista (Koivunen 1986, Tolvanen & Torvela 1981).

Keskiarvotasolla kustannusarvot pitävät nykyiselläänkin kohtalaisesti paikkansa, vaikkakin heikommin kuin 1980-luvun vaihteessa.

#### 4.73 Salaojituksen kannattavuus

Salaojitus investointina on vaikutuksiltaan eräs pitkäaikaisemmista maatalalla suoritettavista hankkeista. Hyvin tehdyn salaojan voidaan olettaa pysyvän toimintakuntoisena 60-100 vuotta, mutta useinkaan ei ole tarkoitukseenmukaista arvioida taloudellista käyttöikää näin pitkäksi. Usein salaojituksen taloudelliseksi käyttöikäksi arvioidaan 30 vuotta. Salaojituksen kannattavuutta investointina voidaan arvostella, kun salaojituksesta aiheutuvista hyödyistä vähennetään siitä aiheutuvat vuotuiset kustannukset.

1970-luvulla salaojituskustannuksia ja salaojituksen kannattavuutta tutkittiin vähän. Ainoaksi laajemmaksi tutkimukseksi jäi Jalkasen (1974) pro gradu-työ "Salaojituksen kannattavuus". Siinä selvitettiin lähinnä tilastotietoja ja aikaisempia tutkimustuloksia hyväksi käyttäen salaojituksesta koituvaa hyötyä ja kustannuksia, joita vertailemalla pyrittiin saamaan selville salaojituksen kannattavuus.

Jalkanen (1974) laski salaojitukseen sijoitettavalle pääomalle saatavaa korkoa ja päätyi seuraaviin arvoihin:

Kevätviljat	25 %
Syysviljat	22 %
Säilörehu	10 %
Peruna	24 %
Sokerijuurikas	52 %

Jalkasen mukaan kaikissa näissä tapauksissa salojitus on erittäin kannattavaa, etenkin kun huomioidaan inflaatio ja kaikki arvioimattomat hyötyvaikutukset, joiden yhteisvaikutus saattaa useassa tapauksessa olla varsin merkittävä. Tulosten vertailukelpoisuutta heikentää se, että perunan ja sokerijuurikkaan viljelyssä reunavaikutus ei sisälly laskelmaan.

Tolvanen ja Torvela (1981) tarkastelivat salaojituksen kannattavuutta eri tuotantosuuntia harjoittavien tilaesimerkkien avulla. Salaojituksesta aiheutuva hyöty määritettiin eri muotoisille ja kokoisille peltolohkoille tavallisimpia viljelykasveja viljeltäessä. Näistä peltolohkoista muodostettiin tilaesimerkkejä, joiden avulla selvitettiin mm. salaojituksen vaikutuksia eri tuotantosuunnissa. Esimerkkituloina tutkimuksessa olivat vilja- (20 ha) ja maitotila Etelä-Suomessa (22 ha, 16 lehmää) sekä maitotila Keski- ja Pohjois-Suomessa (12.5 ha, 8 lehmää). Maidontuotantoon erikoistuneissa tilaesimerkeissä otettiin huomioon myös salaojituksesta aiheutuvan sadonlisäyksen vaikutus karjatalouden tuottoon. Tällöin oletettiin, että tilalla on rakennusten puolesta mahdollisuus lisätä karjaa rehuntuotannon lisäystä vastaavassa suhteessa.

Salaojituksesta esimerkkituloille aiheutuneet hyödyt ja kustannukset sekä salaojituksen kannattavuus on esitetty taulukossa 17.

Taulukko 17. Salaojituksesta aiheutuvat hyödyt, kustannukset ja sen kannattavuus esimerkkituloilla eri tutkimuksissa.

	(1)	(2)	(3)	(4)
Salaojituksen kokonais- hyöty (mk/ha)	380-670	490-690	420-620	723-992
Vuotuiskestäminen (mk/ha) (30v/6%)	270	270	320	729
Ylijäämän vaihtelu (mk/ha)	110-400	220-420	100-300	6-263
Takaisinmaksuaika (v)	6-13	6-9	8-13	13-22

(1) Viljatila (20 ha) Etelä-Suomi, Tolvanen ja Torvela 1981

(2) Maitotila (22 ha) Etelä-Suomi, - " -

(3) Maitotila (12 ha) Keski- ja Pohjois-Suomi, - " -

(4) Maitotila (8 ha) Sulkava, Repo 1983

Kun verrataan Etelä-Suomen viljan- ja maidontuotantoon erikoistuneita tiloja voidaan havaita, että salaojituksesta aiheutuva kokonaishyöty on molemmissa suunnilleen yhtä suuri. Keski- ja Pohjois-Suomen maitotilalla salaojitushyöty on jäänyt noin 70 mk/ha etelän maitotilalla saavutettua pienemmäksi. Tämä johtuu Etelä-Suomen korkeammasta satotasosta. Epäedullisissa olosuhteissa tässä huomioon otetut hyödyt eivät peitä vuotuiskestämistä. Salaojitus maksoi tämän tutkimuksen mukaan itsensä takaisin Keski- ja Pohjois-Suomessa keskimäärin 2 vuotta myöhemmin kuin Etelä-Suomessa. Tolvasen ja Torvelan tutkimustulosten perusteella salaojitus näytti olevan verraten edullinen investointi. Yksittäisen maatilan osalta salaojituksen edullisuuteen vaikuttaa tuntuvasti se, millaista rahoitusta hankeeseen voi saada.

Repo (1983) laskeskeli vastaavalla tavalla salaojituksen kannattavuutta sulkavalaiselle esimerkkitalalle. Esimerkkitalana hän käytti 12 peltohehtaarin lypsykarjatilaa, joka melko omavaraisesti pystyi ennen salaojitusta tuottamaan rehut 8 lypsylehmälleen, mutta joka salaojituksen jälkeen saa salaojitetuilta pelloilta lisäsatoa yhden lehmän vuositarpeiksi (Taulukko 16). Revon laskelmat osoittivat, että pelkkä kasvintuotantohyöty ei kata salaojituksen vuotuiskestannuksia. Revon tekemien laskelmien mukaan salaojitus ei Sulkavan oloissa ole aina kannattavaa.

Suojaranta (1983) tutki salaojituksen kannattavuutta vertailemalla Salaojakeskuksen kustannusarvioiden keskimääräistä salaojituskestannusta 5 700 mk/ha eri viljelykasveille saamiinsa hyötyihin. Laskelmissa otettiin huomioon salaojituksista aiheutuviksi kustannuksiksi vilja- ja öljykasvien, juurikkaan ja perunan sadon menetys kokonaan puolelta ojitusosalasta. Säilörehusadosta oletetaan menetetyksi vain toinen sato kyseisellä alalla, heinällä vastavasti menetetään odelman sato. Takaisinmaksuajaksi hän sai eri viljelykasveilla seuraavat arvot (korke 7 %):

säilörehunurmi	30 v
heinä	30 v
rehuvilja	16 v
syysvilja	10 v
sokerijuurikas	4.0 v
peruna	3.5 v

Erikoiskasveilla salaojitusinvestointi on erittäin kannattava ja vielä rehuviljallakin kohtalaisen kannattava. Heinäkasveilla salaojitusta on tarkasteltava koko tilan tuotannon kannalta. Heinäkasvien ja rehuviljan viljelyyn liittyy yleensä kotieläintalous; tällöin pelkän kasvinviljelytuoton perusteella ei voida arvioida kokonaisyötyä. Tilan tuotantosuunnan mukaan peltoalan lisäyksen mahdollistama sadon lisäys voidaan hyödyntää lisäämällä kotieläimiä.

Sipiläinen ja Rynnänen (1987) laskivat salaojituksesta aiheutuvia hyötyjä ja salaojituksen kannattavuutta kasvinviljelytiloilla ja karjatilajoilla eri satotasojilla ja eri konekannoilla. Taulukossa 18 on esitetty kolmelle eri tilaesimerkille salaojituksesta aiheutuvia kustannuksia ja hyötyjä keskimääräisellä satotasojalla.

Taulukko 18. Salaojituksen vuotuiset hyödyt ja kustannukset.

	Viljatila (20 ha)	Viljatila (80 ha)	Maitotila Keski- ja Pohjois- Suomessa (8 lehmää)
Salaojitusyöty (mk/tila)	9589-13399	51851-61857	5384-7232 <sup>a</sup> 8849-1069 <sup>b</sup>
Salaojituksen vuotuis- kustannus (mk/tila), kun korke on 5 % ja poisto			
- 30 v	11273	44096	7178
- 20 v	13597	53160	8282
- 10 v	21134	82556	13561

<sup>a</sup> salaoj.hyöty kotiel.määrän lisäys huomioon ottaen ilman työpalkkaa  
<sup>b</sup> - " - työpalkalla



Suurehkolla viljatilalla salaojitus on suhteellisesti hieman kannattavampaa kuin pienellä tilalla. Pienehköllä viljatilalla salaojituksen tuotto kattaa salaojituksen vuotuiskestannukset alhaisimmillakin satotasolla muutamaa heikointa esimerkkitapausta lukuun ottamatta, kun korko laskettiin 5 % mukaan ja poistoaikana käytettiin 30 vuotta. Kuitenkin salaojituksen kannattavuus on paras niillä tiloilla, joilla käytetään suuria vuokrakoneita. Salaojitus onkin kasvinviljelytiloilla varsin kannattava sijoitus.

Maidontuotantotiloilla salaojituksen kannattavuutta on tarkasteltu kolmessa eri tapauksessa. Hyöty voidaan saada joko kasvinviljelytuoton lisäyksenä, rehuomavaraisuuden paranemisena tai kotieläintuotannon laajentamisena. Keskimmaisella satotasolla salaojitusinvestoinnin kannattavuus on useimmissa tapauksissa riittävä, jos takaisinmaksuaika on 30 vuotta. Alhaisimmilla satotasolla salaojituksen tuotot kattavat investoinnin korkoineen ja kunnossapitoineen vasta noin 50 vuoden aikana. Mikäli lehmämäärää voitaisiin lisätä kiinteitä kustannuksia kasvattamatta, salaojitus maksaisi itsensä takaisin parhaassa tapauksessa noin 20 vuodessa. Vaikka kotieläintiloillakin salaojituksen kannattavuus yleensä paranee tilakoon kasvaessa, sadon käytötarkoituksella on suurempi vaikutus salaojituksen kannattavuuteen kuin tilakoolla. Pienillä kotieläintiloilla salaojituksen kannattavuutta parantaa lisäksi se, että niillä voidaan salaojituksen myötä vähentää vuokrakoneiden käyttöä (Sipiläinen & Ryyänen 1987).

Laitisen (1987) opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia malli, jonka perusteella salaojituspäätöstä harkitseva viljelijä voi arvioida salaojituksen kannattavuutta omalla tilallaan. Mallia laadittaessa sovellutukset tehtiin Itä- ja Keski-Suomen olosuhteita varten. Salaojituksen hyöty laskettiin tiloittain maidontuotantotilalle, lihanautatilalle ja eteläsuomalaiselle kasvinviljelytilalle. Tilakokoina käytettiin noin 11, 22 ja 44 hehtaaria. Koska viljakasvien salaojitushyöty oli nurmikasveja suurempi ja salaojitushyöty laskettiin kasvinviljelytuoton mukaan, tilakohtainen salaojitushyöty kasvaa vilja-alan osuuden noustessa. Siten tässä tutkimuksessa käytetyillä tilatyypeillä alhaisin salaojitushyöty maidontuotantotiloilla. Tosin lihanautatiloilla salaojitushyöty oli vain hieman korkeampi. Eteläsuomalainen viljanviljelytila sen sijaan antoi tämän tutkimuksen mukaan selvästi korkeimman salaojitushyödyn kaikilla tilakokoluokilla.

Tehtyjen tutkimusten tulosten perusteella voidaan todeta, että salaojituksen kannattavuus investointina on huonontunut selvästi 1970-luvun alusta nykypäivään tultaessa. Tämä johtuu lähinnä siitä, että salaojituskestannukset ovat nousseet muuta kustannustasoa nopeammin.

Kannattavinta salaojitus on eteläsuomalaisella erikoiskasveja (peruna ja sokerijuurikas) viljelevällä tilalla. Pohjoisessa salaojitus ei ole niin kannattavaa kuin etelässä. Alhaisemman satotason lisäksi kannattavuuden eroja korostaa vielä viljelyn rajoittuminen näillä alueilla heikosti hyötyjä tuottavien kasvien osalle.

Salaojituksesta aiheutuu myös sellaista etua, jolla on suoranaista hyötyä viljelyssä, mutta jonka vaikutusta on vaikea arvioida rahassa. Tämän vuoksi tässä esitettyjä hyötyjä on pidettävä eräänlaisna minimihyötyinä ja tästä johtuen salaojituksen kannattavuuttakin minimikannattavuutena. Sipiläisen ja Ryyänen (1987) mukaan salaojitukseen liittyvä ongelma ei yleensä olekaan salaojituksen kannattamattomuus, vaan sen aiheuttama maksuvalmiusrasitus.

## LÄHDELUETTELO

- Jalkanen, V-J. 1974. Salaojituksen kannattavuus. Laudaturtyö. Maatalousteknologian lousteknologian laitos. 42s.
- Keso, L. 1923. Tutkimuksia salaojituksen aiheuttamasta sadonlisäyksestä sokerijuurikasmailla. Maatalous 16, 1923, 18: 529-533.
- 1928. Selvittelyä salaojituksesta. Suomen Salaojitusyhdistyksen julkaisu N:o 11. 1928. 20 s.
- 1931. Salaojitustiedustelun tulokset. Eripainos. Pellervo 32, 1931, 12. 4s.
- 1948. Salaojituksen tuottama työnsäästö maanviljelyksessä. Eripainos. Maaseudun tulevaisuus 1948, 129. 4s.
- Kilpinen, J. 1980. Putkitushyöty peltoviljelyssä. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosaasto. 158s.
- Koivunen, T. 1986. Salaojituskustannukset, kustannusten vaihtelu ja vaihteluun vaikuttaneet tekijät. Helsingin yliopisto. Maanviljelystalouden pro gradu-työ. 83s.
- Kotiaho, A. 1953. Suomaan viljelystä ja vertailua avo- ja salaojituksen kesken. Koetointa ja Käytäntö 10, 1953, 2: 2.
- Laitinen, H. 1987. Salaojituksen hyödyt peltokasvituotannossa. Helsingin yliopisto. Maatalousekonomian laitos. Pro gradu-työ. 98s.
- Lindholm, A. 1979. Päistehaitta peltotöissä. Laudaturtyö Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitoksella. 43s.
- Markula, E. 1972. Peltukurvion koon ja muodon vaikutus työmenekkiin. Laudaturtyö Helsingin yliopiston maatalouden työtekniikan laitos. 59s.
- Pehkonen, A & Lindholm, A. 1979. Päistekulman vaikutuksesta peltoviljelytyöiden työmenekkiin. Maatalousteknologian laitos. Tutkimustiedote n:o 30. 53s.
- Peltola, A. 1979. Lohkon koon ja muodon vaikutus peltotöiden työmenekkiin. Pro gradu-työ Maatalousteknologian laitoksella. 130 s.
- Peltola, A. Työmenekki sarka- ja salaojitetulla pellolla. Työtehosteuran maataloustiedote 11/1980. 7s.
- Peltola, A. & Orava, R. & Oksanen, E. 1979. Lohkon koon ja muodon vaikutus peltotöiden työmenekkiin. Työtehosteuran julkaisuja 214. 56s.
- Pälikkö, E. 1980. Peltojen kuivatus. Kasvinviljelyoppi 1. Rauma. ss. 69-94.
- Repo, E. 1983. Tutkimus Sulkavalla tehtyjen salaojitusten olosuhteista, kustannuksista, hyödyistä ja kannattavuuksista. Hyvinkään maatalousopiston erikoistyö. 42s.
- Sipiläinen, T. & Ryyänen, V. Salaojituksen kannattavuuteen ja ojitushalukkuuteen vaikuttavat tekijät. Helsingin yliopiston maatalousekonomian laitoksen julkaisuja 25. 132s.
- Suojaranta, J. 1983. Pellon kuvio-ominaisuuksien ja maalajin vaikutuksesta salaojituksen hyötyyn. Helsingin yliopisto. Maatalousekonomian laitos. Laudaturtyö. 85s.
- Tolvanen, M. & Torvela, M. 1981. Salaojituksen kustannukset ja kannattavuus. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja n:o 81. Helsinki 1981. 105s.

## 4.8 TUTKIMUSTULOSTEN VAIKUTUS SALAOJITUKSEEN

Ojaetäisyys

Vanhoista 1800-luvulla tehdyistä ojituksista saadut kokemukset ja salaojaetäisyyden tutkimiseksi perustetuilta koekentiltä saadut tulokset ovat vaikuttaneet salaojituksessa käytettävien ojaetäisyyksien muotoutumiseen. Salaojitusyhdistyksen 1920-luvulla käynnistämät ojaetäisyysskoheet mm. osoittivat, että urpasavimaalla voitiin käyttää huomattavasti suurempaa etäisyyttä kuin aiemmin oli käytetty. Muilla maalajeilla kokeet eivät aiheuttaneet kovin suuria muutoksia jo käytössä olleisiin ojaetäisyyksiin (taulukko 19).

1950-luvulla aloitettu ojituskoetoiminta ei laajuudestaan huolimatta vaikuttanut sanottavasti suunnittelussa käytettyihin ojaetäisyyksiin. Tähän lienee ollut syynä koealueiden vähäiseksi jäänyt seuranta. Koetoiminnasta saatujen tulosten perusteella muutettiin kuitenkin rinnepeltojen ojaetäisyyksiä. Keson toimiessa Salaojitusyhdistyksen toimitusjohtajana rinnepeltojen salaojituksessa oli noudatettu periaatetta, jonka mukaan mäkien alataipeissa käytettiin yleensä normaalia tiheämpää (n.20-30%) ja rinteissä harvempaa (n.10-20%) ojitusta. Tutkimustoiminnasta saadut tulokset kuitenkin osoittivat, että ojavälejä voitiin entisestään harventaa, ja nykyisin rinnepeltojen ojaetäisyyksiä määrättäessä huomioidaankin rinteiden jyrkkyys, pituus, ilmansuunta ja osittain myös avonaisuus. Esim. kaltevuudeltaan yli 5%:n etelärinteet voidaan yleensä jättää ilman oja.

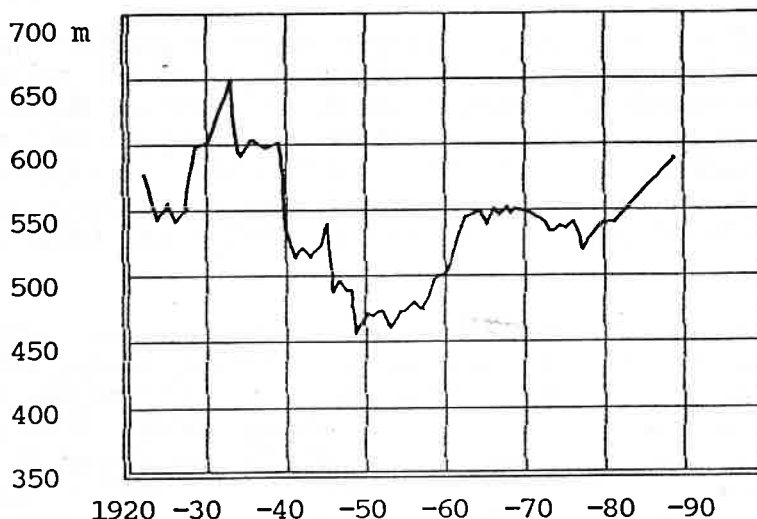
Salaojituksessa käytetyt ojaetäisyydet ovat pienentyneet 1950-luvun alusta 1980-luvulle tultaessa. Eniten etäisyyksiä on pienennetty saraturpeella ja urpasavella (taulukko 19). Ojaetäisyyksissä tapahtuneisiin muutoksiin ovat ilmeisesti vaikuttaneet pääasiassa valmiiden ojituksien toimivuudesta saadut kokemukset, sateisen kesän sattuminen lienee pienentänyt seuraavana vuonna käytettyjä ojaetäisyyksiä (kuviot 13). Myös työkoneiden voimakas lisääntyminen ja niiden painon nousu on vaikuttanut ojaetäisyyksiä pienentävästi.

Taulukko 19. Salaojaetäisyyksissä tapahtuneet muutokset (Keso 1932 ja 1952, Saavalainen 1984).

Maalaji	Ojaetäisyys		
	1932	1952	1984
Hiesusavi	14	14	14-16
Aitosavi	16	16	14-16
Urpahiesu	22	40	30-40
Hieta	25	30	24-26
Rahkaturve	30	20	16-18
Urpasavi	35	80	50-60
Saraturve (=mutasuo)	40	30	18-20

Kuviossa 13 on esitetty keskimääräisen ojamäärän kehittyminen (m/ha) vuosina 1925-1986. Vuonna 1932 ojaetäisyys oli pienimmillään ja sen jälkeen ojaetäisyydet alkoivat kasvaa voimakkaasti siksi, että urpasavimaiden salaojituksessa havaittiin tuolloin voitavan siirtyä huomattavasti suurempiin

ojaetäisyyksiin. Viime vuosina tapahtunut ojamäärän kasvu lienee osaksi seurausta 1980-luvun alun sateisista vuosista ja tuolloin tapahtuneesta maan tiivistymisestä.



Kuvio 13. Keskimääräinen ojаметrimäärä m/ha vuosina 1925-1987.

### Ojasyvyys

1950-luvulla aloitettiin kenttäkokeet ojasyvyyden tutkimiseksi. Koetoiminnan tulosten mukaan routa ei ollut rikkonut matalissa ojituksissa putkia eikä niissä myöskään esiintynyt juuritukkeumia. Saatujen tulosten ja ruotsalaisten kokemusten perusteella alennettiin vuonna 1959 imuojan syvyyksiä 20 cm, ts. Etelä-Suomessa 120:stä 100:ta cm ja Pohjois-Suomessa 140:stä 120:neen cm.

### Salaojaputket

Suomessa alkoi tiiliputkien käyttö salaojituksessa 1858. Imuojissa käytettiin tällöin sisähalkaisijaltaan 1", 1 1/4" ja 1 1/2" olevia putkia. 1920-luvulla luovuttiin aikaisemmin käytetystä tuumajärjestelmästä ja siirryttiin ilmeisesti Saksan mallin mukaisesti käyttämään nykyisiä 40, 50, 65, 80, 100, 130 ja 160 mm:n läpimittaisia ja 1/3 m:n pituisia putkia. 1940-luvun alkupuolella Salaojitusyhdistys yritti tosin siirtyä imuojien latvoilla 30 mm:n salaojaputkiin putkikustannusten pienentämiseksi, tästä kuitenkin luovuttiin. Tiiliputkien lisäksi kokeiltiin betoniputkia, jotka koetoiminta kuitenkin osoitti salaojitukseen soveltumattomiksi.

Tiiliputkien laadunvalvonnassa olivat 1960-luvun loppupuolelle saakka käytössä Salaojitusyhdistyksen laatuvaatimukset, joiden pohjana oli Keson laatima normiehdotus "Normaaliset salaojaputket". Niitä käytettiin ohjearvoina, joita soveltaen tehtaas suunnittelivat tuotteensa ja valvoivat tuotteittensa laatua. Vuosina 1965-1966 suoritettiin tiiliputkien laatutasotutkimus, jonka tavoitteena oli saada tietoja tiiliputkien ominaisuuksista vuonna 1964 asetetun Salaojaputkinormitoimikunnan työssä käytettäväksi. Vuonna 1967 ilmestyi salaojituksessa käytettäviä tiiliputkia sekä niiden laadunvalvontaa ja koestuksia varten Suomen rakennusinsinöörien liiton hyväksymät erityiset RIL-normit (RIL 54).

Peltojen salaojituksessa muoviputkea alettiin käyttämään vuonna 1960, ja

muoviputkien valmistus alkoi Suomessa vuonna 1963. Muovisalaajaputkea edeltävän muovinauhan olivat kokeilut osoittaneet salaajitukseen soveltumattomaksi. Muoviputkien tultua markkinoille haluttiin selvittää myös niiden sopivuus salaajitukseen. 1960-luvun alkupuolella asetettiin tavoitteeksi myös yhteisen salaajaputkinormiston laatiminen, ja joulukuussa 1964 maa- ja vesirakennusinsinöörien yhdistys muodosti salaajaputkinormitoimikunnan. Salaajaputkinormitoimikunnan laatiman ohjelman mukaisesti aloitettiin Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen geoteknillisessä laboratoriossa ja Teknillisessä korkeakoulussa tutkimukset muovin ja muovista valmistettujen salaajaputkien lujusteknillisistä ominaisuuksista. Tutkimuksissa todettiin PVC-muovin soveltuvan salaajaputken materiaaliksi ja tulokset olivat perustana salaajaputkinormeja laadittaessa. Tuloksista laskettiin PVC:stä valmistetuille salaajaputkille vaadittavat seinämäpaksuudet, joita noudatetaan edelleen. PVC-muoviputkia koskevat normit valmistuivat vuonna 1968 (RIL 68).

Muoviputkien vedenotto- ja johtokyvystä tehtiin Teknillisen korkeakoulun vesitaloiden laboratoriossa kaksi diplomityötä 1970-luvun lopussa. Suorittin diplomityön tulokset johtivat nimellismittaperiaatteen käyttöönottoon salaajituksessa ja muoviputkien koon kasvattamiseen. Nimellismittaperiaatteen mukaan materiaalista riippumatta kaikkien samaan mittaluokkaan kuuluvien putkien vedenjohtokyky on yhtä suuri.

Myöhemmin normeja on uusittu ja nykyään voimassa olevat laatumääräykset ovat vuodelta 1987 (RIL 128). Syksyllä 1987 ilmestyneissä normeissa on suurimpana muutoksena aikaisempaan vuodelta 1981 peräisin olleisiin normeihin muovisten tunneliputkien mukaanotto.

#### Putkien mitoitus

Salaajitusyhdistyksen perustamisen aikoihin käytettiin mitoitusvesimääränä tavallisesti 0.65 l/s hehtaarille (Hallakorpi 1917). Salaajaetäisyyskokeiden yhteydessä suoritetuista virtaamamittauksista saatujen tulosten perusteella mitoitusvaluman arvoa muutettiin kuitenkin 1930-luvulla, ja mitoitusvalumana ruvettiin käytettämään läpäisevissä aitosavi- ja tiiviissä hiesusavimaissa 1.0 l/s/ha.

Kaitera teki 1930-luvulla tutkimuksia lumen sulamisesta ja niihin pohjautuen esitti, että salaajien mitoituksessa olisi enemmän otettava huomioon maamme eri osien erot lumen määrässä ja sulamisessa. Hän esitti, että lumisilla seuduilla mitoitus olisi tehtävä ainakin 1,5 l/s/ha vesimäärää käyttäen. Myös Juuselan mielestä vesimäärinä olisi pitänyt noudattaa suoraan lumivarraston keskimääräisen kevätmaksimin mukaan laskettuja 5 vrk:den maksimivesimääriä, ja lisäksi ottaa huomioon sulamisaikana satava vesimäärä. Näin laskien tulisi mitoitusvalumaksi Lounais-Suomessa 0.8 l/s/ha ja Pohjois- ja Itä-Suomessa 2.0 l/s/ha. Nykyään salaajien suunnittelussa käytettävän mitoitusvaluman suuruus vaihtelee maalajin vedenläpäisevyyden mukaan urpasaven ja liejun 0,6 l/s/ha arvosta tiiviiden maalajien arvoon 1,0 l/s/ha. Myös alueelliset erot lumen vesiarvoissa otetaan nykyisin huomioon. Itä- ja Pohjois-Suomessa käytettävä mitoitusvaluma on suurempi kuin Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla, Savossa ja Itä-Suomessa suurennetaan valuma-arvoja 20% sekä Pohjois-Suomessa 50%.

Salaajaputkien mitoitus tapahtui ennen Salaajitusyhdistyksen perustamista (vuonna 1918) erilaisten kaavojen (esim. Vincent, Kutter-Gerhardt) perusteella laadittuja taulukkoja käyttäen. Niiden avulla putken suuruus voitiin määrätä, kun tunnettiin salaajan kaltevuus ja pellon pinta-ala. 1930-luvulla Keso tutki vedennopeuksia erilaisissa putkimateriaaleissa ja havaitsi, että vedennopeus putkissa ja samalla putkien vedenjohtokyky oli todellisuudessa huomattavasti suurempi kuin käytettyjen laskelmien mukaan olisi pitänyt olla. Tutkimuksen vaikutuksesta Kutterin kaavan vakiokertoimen arvoa pienen-

nettiin 0,30:stä 0,20:een. Kutterin kaavaan ja määrittämiinsä kertoimiin perustuen Keso laati salaojaputkien mitoitus varten nomogrammit tiili- ja lautaputkille (ns. Keson nomogrammi). Nomogrammin avulla putken koko ja vedennopeus voitiin määrätä, kun salaojan kaltevuus ja virtaama tunnettiin. Kun muoviputket hyväksyttiin salaojituksissa käytettäväksi, laadittiin niille oma nomogramminsa Suortin Teknillisessä korkeakoulussa tekemän tutkimuksen perusteella. Muoviputkien nomogrammi oli käytössä kunnes siirryttiin nimellismittaperiaatteeseen ja muoviputkien kokoja hieman kasvatettiin, mikä jälkeen sekä muovi- että tiiliputket voitiin mitoittaa samaa Keson nomogrammia käyttäen. Nomogrammi on edelleen käytössä.

Uusimmassa tutkimuksessa, vuonna 1988 valmistuneessa Karvosen väitöskirjassa esitettyjen laskelmien mukaan putkikokoja voitaisiin pienentää. Tutkimuksen mukaan putkikoon pienentäminen alentaisi salaojituksen kokonaiskustannuksia 1-5 %.

#### Ympärysaineet

Salaojituksissa tiiliputkien saumauskohdat peitettiin sammalilla tai ruohotupoilla varhaisina aikoina. Tämä käytäntö jäi kuitenkin vähitellen pois ja 1900-luvun alussa putket peitettiin ojan seinämästä pudotetulla hienomaakerroksella tai ruokamultakerroksella, mutta jo silloin soraa kehoitettiin käyttämään tiiviissä savimaissa ja hietamaissa. Salaojitusyhdistyksen perustamisesta lähtien on pyritty siihen, että tiiliputkisto suojattaisiin aina soralla. Aluksi vain suositeltiin näin tehtäväksi, mutta 1930-luvulta lähtien soran käyttö tuli kivennäismailla valtion salaojitustuen edellytykseksi. Tähän lienee ollut ainakin osaksi syynä Jokioisten koekentän ympärysainetutkimukset ja Keson tutkimukset veden pääsystä salaojaputkistoon. Tutkimuksissaan Keso selvitti mm. ympärysaineen vaikutusta putkisaumojen vedenläpäisykykyyn. Tutkimuksissa havaittiin suojussoran vähentävän saumojen vedenläpäisevyyttä huomattavasti vähemmän kuin ruokamullan tai turvepehkun.

Suojussoran laatuvaatimukseksi oli raekoko 0,5 - 3,0 mm ja suhteistunus. Salaojasorana käytetyn aineksen eri raekokojen osuuksista tehtiin 1950-luvun lopussa tutkimus, jossa tutkittiin myös putkiin kulkeutunutta lietettä. Tutkimuksen perusteella ei laatuvaatimuksia kuitenkaan muutettu. 1970-luvun alussa Rathmayer selvitti VTT:n geoteknillisessä laboratoriossa suojussoralle asetettuja reunaehtoja. Lisäksi hän etsi kokeellisesti erilaisille suomalaisille maalajeille soveltuvia suodatinsoralaatuja. Vuonna 1977 julkaistussa "Peltosalaojituksen työselityksessä" annettiin nykyisin voimassa olevat salaojasoran laatumääräykset, jotka lienevät muotoutuneet osaksi Rathmayerin tutkimusten pohjalta. Silberbergin tutkimusten tulokset hienorakeisen aineksen vaikutuksesta putken vedenottokykyyn eivät ole vaikuttaneet rakeisuus käyrän muotoon. Viimeaikoina on kuitenkin esitetty, että soranraakeisuuskäyrää voisi siirtää karkeampaan suuntaan.

Muiden ympärysaineiden osalta 1960-luvulla tehdyt tutkimukset eivät johtaneet lasi-, vuorivillan tai sepelin hyväksymiseen salaojien ympärysaineiksi. 1987 aloitettiin tutkimukset esipäälystettyjen salaojaputkien soveltuvuudesta salaojitukseen Suomessa. Tehdyn esitutkimuksen perusteella muutettiin valtion laina- ja avustusehtoja kookoskuidun ja sahanpurun osalta.

#### Salaojitus työ

Tutkimus- ja kehitystyö erilaisista salaojituskoneista ja laitteista on kuulunut lähinnä laitevalmistajille. Koneet ja laitteet ovat kehittyneet vuosikymmenien kuluessa paljon. Uusien laitteiden käyttöön otto on edellyttänyt salaojitus työltä vaadittavan tarkkuuden saavuttamista ja vaatimuksen täyttäneet koneet on hyväksytty salaojitusten tekemiseen. Salaojitus työn laadun tarkastamiseen on kehitetty erilaisia laitteita ja niitä kehitellään edelleen.



## 5. SALAOJITUKSEEN LÄHEISESTI LIITTYVÄT TUTKIMUKSET

### 5.1 Kuivavara

Kuivavaraa on tutkittu 1930-luvulta alkaen. Kasvien kuivavaravaatimuksen ohella on tarkasteltu konetyöskentelyn vaatimaa kuivavaraa. Riittämätön kuivatussyvyys aiheuttaa pellon pinnan tiivistymistä ja koneiden painumista, jolloin myös työmenekki kasvaa. Peltöjen kantavuus riippuu ennen muuta pohjaveden korkeudesta, maan vesipitoisuudesta ja maalajista.

#### 5.11 Kuivavaran vaikutus pellolla työskentelyyn

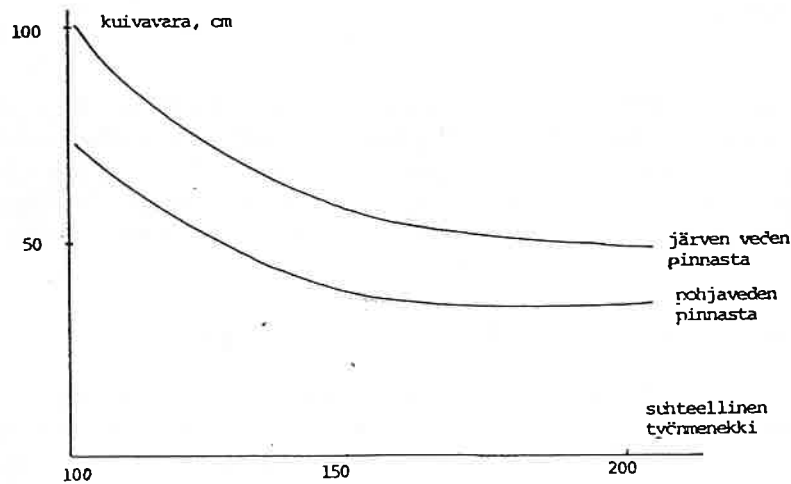
Saimaan säännöstelutoimiston rantatutkimustyön yhteydessä syksyllä 1938 tehtiin havainnot hevoskynnön ja ruismaan muokkauksen hevosella vaatimasta kuivavarasta (Seppänen 1940, Saukko 1941). Tällöin havainnoitiin kohta, johon saakka hevoskyntö sujui vaikeuksista (vaikeutumisraja) ja vastaavasti työ estymisen kohta (estymisraja). Tutkimustulokset osoittivat, että turvemaalla vaadittiin enemmän kuivavaraa kuin kivennäismaalla. Samoin nurmi- pellon kyntö onnistui pienemmällä kuivavaralla kuin sänkipellon. Näiltä osin tutkimustulokset ovat vielä nykyisellä traktorikaudellakin voimassa.

Vihdissä Maasojan koekentällä mitattiin 1950-luvun loppupuolella pohjavesi- padotusten yhteydessä maan kantavuutta Proctor-mittarilla. Mittauksia tehtiin sekä jäykällä savimaalla että turvemaalla. Savialueella oli muokkauskerroksen (0-15 cm) maksimikantavuus pohjaveden ollessa 20 cm:n syvyydessä 5.5 kg/cm<sup>2</sup>, 35 cm:n syvyydessä 7 kg/cm<sup>2</sup> ja 60 cm:n syvyydessä yli 13 kg/cm<sup>2</sup>. Jankkokerroksen (15-30 cm) kantavuus oli lähes 13 kg/cm<sup>2</sup> pohjaveden ollessa vain 20 cm:n syvyydessä. Proctor-mittarilla todettua kantavuutta 5-6 kg/cm<sup>2</sup> pidettiin 1960-luvulla riittävänä peltoviljelytöiden suorituksen kannalta (Juusela 1960).

Vesihallituksen toimeksiannosta tehtiin Teknillisessä korkeakoulussa 1970-luvun lopussa tutkimus, jonka tarkoituksena oli selvittää vedenkorkeus- vaihtelujen vaikutuksia rantamaiden peltoviljelyyn vesistöjen järjestely- ja säännöstelyhankkeiden sekä uusien tekoaltaiden hyödyn- ja vahingonarviointeja varten. Tutkimuksessa seurattiin järvenrantapelloilla sijaitsevilla koalueilla maatalouskoneilla tapahtuvan työskentelyn vaikeuksia kasvukausien 1978 ja 1979 aikana. Havaintojen avulla pyrittiin selvittämään nykyaikaisen koneellisen viljelyn vaatimaa kuivavaraa ja sen vaikutusta työmenekkiin (Vähäsöyrinki 1979).

Konetyöskentely vaikeutui Vähäsöyringin tutkimuksen mukaan kivennäismailla ja ohutturpeisella maalla, kun kuivavara oli noin 45 cm pohjavedenpinnasta ja noin 70 cm järven vedenpinnasta. Tällöin koneiden uppouma oli keskimäärin 10 cm, mikä aiheutti työmenekin kasvua 25 %. Konetyöskentelyn estymisrajalla saatiin vastaavasti keskimääräisiksi kuivavaroiksi noin 30 cm pohjavedenpinnasta ja noin 50 cm järven vedenpinnasta mitattuna.

Suojaranta on tutkinut suhteellisen työmenekin riippuvaisuutta kuivavarasta (kuvio 14). Kuvioista nähdään, että työmenekki ei enää lisääntynyt, kun kuivavara oli noin 1 m järven vedenpinnasta. Näin ollen salaojituksen kuivatussyvyys varmistaa sarkaojien kuivatussyvyyttä paremmin pellon kantavuuden. Hyvä kantavuus ei ole tärkeää ainoastaan työmenekin kannalta, vaan se säilyttää myös maan rakenteen edullisena.



Kuvio 14. Työmeneikin suhteellinen riippuvuus kuivavarasta (Suojaranta 1983).

#### 5.12 Kuivavaran vaikutus viljelykasviin

Kuivavaran vaikutusta viljelykasveihin on selvitetty tutkimalla kasvien kykyä kestää pientä kuivavaraa tai vesipeittoa sekä tutkimalla kasvin kasvulle optimaalista kuivavaraa. 1930- ja 1940-luvulla tutkittiin runsaasti pieneen kuivavaran ja vesipeiton keston sekä niiden sattumisajankohdan vaikutusta kasvien kasvuun. Tämä johtunee ainakin osaksi siitä, että päävesistöjen säännöstely tuli tuolloin Suomessa ajankohtaiseksi. Kasvien kasvulle optimaalista kuivavaraa on tutkittu jo 1910-luvulta alkaen, ja viimeisin asiaa koskeva tutkimus valmistui vuonna 1986.

Kaitera tutki vuonna 1934 eri viljelykasvien kykyä kestää vesipeittoa suorittamalla astiakokeita sekä näitä täydentäviä kenttätutkimuksia. Maatalouskoelaitoksella Tikkurilassa suoritetuissa astiakokeissa upotettiin koekasvit (ruis, apila, kaura, ohra) keväällä eri pituisiksi ajoiksi veden alle. Tutkimuksessa todettiin, että aikaisin keväällä maan ollessa vielä roudassa kasveja peittävän veden aiheuttama vahinko ei ole niin suuri kuin myöhemmin keväällä, roudan sulettua ja kasvien päästyä kasvun alkuun (Kaitera 1935). Vesistöjen rantapelloilla tehdyistä havainnoista voitiin tehdä saman suuntaisia johtopäätöksiä.

Maataloushallituksen viljelysteknillisen osaston 1930-luvulla järjestämien tutkimusten yhteydessä tehtiin erilaisten vesistöjen ranta-alueilla havainnot ja mm. eri viljelykasvien kasvupaikoista vesistöjen vedenpinnan korkeuteen nähden. Saukko (1946a) tutki vuonna 1938 heinä- ja elokuussa sattuneen kesätulvan vaikutuksia viljelykasvien satoihin Saimaan järvioltaaseen kuuluvien Oriveden ja Pyhäselän rantapelloilla. Tutkimus osoitti, että tulvan sattuessa ohra ei kestänyt täydellistä vesipeittoa tuhoutumatta. Kevätvehnän ja kauran tuhoutumisraja vastasi suunnilleen 5 vrk:n vesipeitto. Vuonna 1945 Saukko täydensi tutkimuksiaan kahden Sotkamossa sijaitsevan järven rantapelloilla. Tulva sattui tällöin kasvukauden alussa. Tutkimusten perusteella voitiin todeta, että myöhemmin sattuva tulva oli kasvustolle aikaisemmin sattuvaa haitallisempi (Saukko 1947). Kaitera kokosi ranta-alueilta tehdyn laajan aineiston ja teki siitä yhteenvedon vuonna 1941 tutkielmassaan

"Vedenkorkeusvaihtelujen vaikutuksesta rantamaiden pelto- ja niittyviljelykseen".

Seppänen (1940) ja Saukko (1941, 1946a, 1946b) ovat tutkimuksissaan selvittäneet vahinkorajoja päävesistöjen rannoilla säännöstelysuunnitelmien laatimisen yhteydessä. Seppänen (1940) on Saimaan, Muuruveden ja Oulujärven rannoilla tekemiensä silmävaraisten havaintojen nojalla todennut, että peltoviljelykasvien tuhoutumisraja sijaitsee 10 cm pitemmän ajan vallinnutta vedenkorkeutta ylempänä. Raivion vuonna 1961 Kyrönjoen kesätulvasta tekemien havaintojen mukaan kauran tuhosi 3 vrk:n täydellinen vesipeitto. Vastaavasti 2 ja 1 vrk:n vesipeittoa vastaavat satoprosentit olivat 40 % ja 70 %. Tulva sattui heinäkuun lopussa noin 60 vrk kauran oralletulon jälkeen (Raivio 1962).

Maanviljelystalouden koelaitoksella Tikkurilassa tutkittiin vuosina 1914-1926 eri viljakasvien sadon suuruuksia eri salaojaetäisyyksillä. Havaintojen mukaan syysruis ja juurikasvit vaativat tehokkaampaa kuivatusta kuin kaura (Simola 1936).

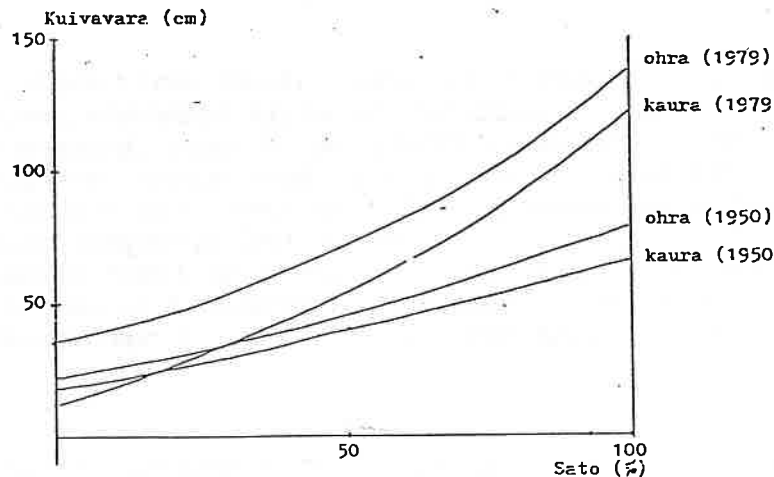
Tohmajärven koeasemalla vuosina 1933-1952 tehdyt kokeet pohjavedenkorkeuden vaikutuksesta sadon suuruuteen osoittivat, että heinäällä paras sato saatiin pohjaveden ollessa keskimäärin vain 30 cm:n syvyydessä. Kauralla parhaat keskisadot saatiin pohjaveden ollessa avo-ojitetulla lohkolla 50-75 cm:n syvyydessä ja salaojitetulla lohkolla 75-85 cm:n syvyydessä. Kokeet osoittivat kauran suosivan huomattavasti voimakkaampaa kuivatusta kuin heinän (Kotiaho 1953).

Maasojan vesitaloudellisella koekentällä suoritetuissa pohjavedenpadotuskokeissa on saatu tietoa eri viljelykasvien optimikuivavaroista. Turvemaalla kauran jyväsato oli 25 % optimisadosta kuivavaran ollessa 12 cm, 50 % kuivavaralla 29 cm, 75 % kuivavaralla 39 cm ja 100 %:n sato on saatu jo 60 cm:n kuivavaralla. Savimaalla samoja satoprosentteja vastaavat kuivavaran arvot olivat 7 cm, 11 cm, 22 cm ja 35 cm. Jyväsadon laatuun kuivavaralla oli varsin vähäinen vaikutus. Sen sijaan rikkaruohojen osuus kokonaissadosta kasvoi kuivavaran pienentyessä (Wäre 1947).

Pelsonsuon Hallakoeasemalla on vuodesta 1959 alkaen tehty padotuskokeita turvemaalla. Vuosina 1966, 1967 ja 1968 tehdyt havainnot osoittivat optimikuivavarojen vaihtelevan runsaasti vuosittain. Padotusaika näissä kokeissa oli melko lyhyt ja padotus alkoi myöhään kasvukaudella. Pohjavedenkorkeuksia ei pystytty myöskään pitämään kovin tarkasti nimelliskorkeuksilla (Valmari 1967 & 1968 & 1969).

Vähäsöyringin (1979) diplomityössä pyrittiin satonäytteiden otolla tarkistamaan viljelykasvien kuivavaraa koskevia aikaisempia tutkimustuloksia. Vertailu osoitti, että eri aikoina tehdyt kokeet olivat antaneet jonkin verran erilaisia tuloksia kasvien vaatimista kuivavaroista. Viimeisimmät tulokset osoittivat suurempaa kasvien kuivatustarvetta kuin aikaisemmat koetulokset. Kuviossa 15 on esitetty kauran ja ohran riippuvuus kuivavarasta kahden eri tutkimuksen (Saukko 1950, Vähäsöyrinti 1979) mukaan.

Vähäsöyringin (1979) mukaan yleisimpien viljelykasvien optimaalinen kuivavara oli suunnilleen sama kuin salaojitusvyvyys. Heinäkasvien optimikuivavara ei ollut tutkimuksen mukaan yhtä suuri, vaan parhaimman sadon oli keskimäärin antanut noin 50 cm:n kuivavara. Viljelykasvien optimaalista biologista kuivavaraa ei pystytty kohdejärvien alhaisista vedenkorkeuksista johtuen tämän tutkimuksen yhteydessä tarkentamaan.



Kuvio 15. Kauran ja ohran sadon riippuvuus kuivavarasta (Suojaranta 1983).

Teknillisessä korkeakoulussa valmistui vuonna 1986 diplomityö, jonka tavoitena oli selvittää maaveden jännityksen ja lämpötilan vaikutusta kevätvehnän ja ohran itämiseen ja arvioida tätä kautta kuivatuksen ja kastelun vaikutus tähän kasvuvaiheeseen. Työ perustui suurelta osin aihepiiriä käsitteleviin aikaisempiin selvityksiin, minkä lisäksi asiaa tutkittiin myös TKK:n vesitalouden laboratoriossa tehtyjen kokeiden perusteella. Koetuloksia tarkastelemalla voidaan havaita, että tehokkaan kuivatuksen ansiosta 10 päivän lyheneminen vehnän ja ohran valmistumisessa ei ole vaikeasti saavutettavissa, millä Suomessa on suuri merkitys kasvukauden lyhyden takia. Pelkäämään itämistä ajatellen kuivatussyvyyttä voitaisiin lisätä, jolloin lämpötilaan pintakerroksessa kohoaisi hieman ja näin orastuminen nopeutuisi. Huomioon on otettava kuitenkin myös myöhempi kasvu ja taloudelliset seikat (Tenhovuori 1986).

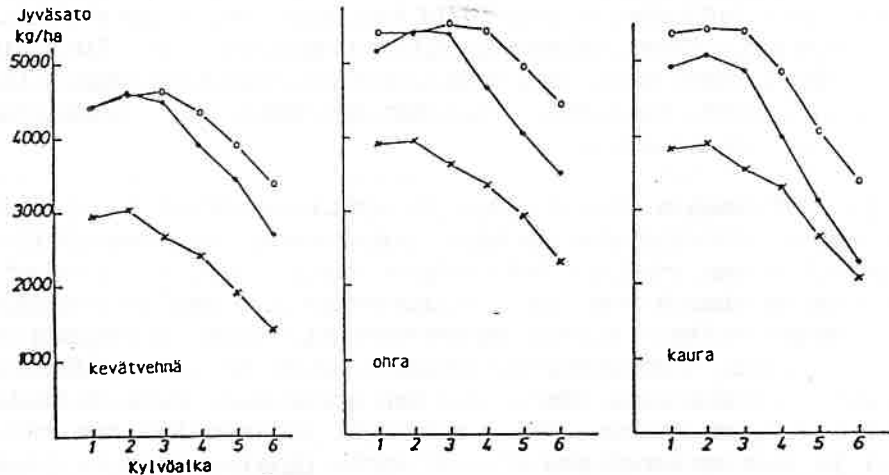
## 5.2 Kasvukausi

Lyhyen kasvukauden oloissa on tärkeää, että kasvun kannalta edullinen aika kyetään hyödyntämään mahdollisimman tarkoin. Ojitusmuodolla on vaikutusta kevättöiden aloittamisajankohtaan. Jo vuosikymmeniä sitten on todettu sala-ojitettujen maiden kuivuvan ja lämpenevän nopeammin kuin avo-ojitettujen.

Kylvöajankohdan vaikutusta sadon suuruuteen ja sadon laatuun on tutkittu varsin paljon. 1970- ja 1980-luvuilla tutkimuksia on pääasiassa tehty Maatalouden tutkimuskeskuksessa. Vuosina 1970-1979 tutkimuksia tehtiin Tikkurilassa. Vuonna 1980 kokeita jatkettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen uudessa toimipaikassa Jokioisissa. Tikkurilassa tehtyjä kokeita ovat käsitelleet Larpes (1979), Kivisaari (1983 & 1984a) sekä Kivisaari ja Larpes (1984). Rahkonen (1987) on käsitellyt Jokioisten kokeita ja Elonen (1987) on tarkastellut kummankin kokeen tuloksia.

Tikkurilassa järjestetyissä 10-vuotisissa kokeissa tutkittiin kevätvehnän, ohran ja kauran sadon ja eräiden niiden laatuominaisuuksien riippuvuutta kylvöajankohdasta. Koemaalajeja oli kolme: hietasavi, hiuesavi ja hiesusavi. Kylvöaikoja oli kuusi, joista ensimmäinen ja toinen luokiteltiin aikaisiksi, kolmas ja neljäs normaaleiksi ja viides ja kuudes myöhäisiksi. Ensimmäinen kylvö tapahtui keskimäärin 2/5 ja kylvöpäivien väli oli noin 4 päivää. Viimeinen kylvöpäivä ajoittui keskimäärin toukokuun 24. päivälle. Kylvöajan vaikutus satoon riippui ratkaisevasti kevään ja kesän sääoloista. Yleinen suuntaus oli, että kylvöjen viivästyessä toisesta tai kolmannesta kylvöajaj-

ta, satotaso alkoi kaikilla tutkittavilla kasveilla maalajista riippumatta laskea, jolloin myöhäisin kylvöaika tuotti pienimmän sadon. Mikäli kevään ja kesän kosteusolot olivat suotuisat, satotason alenema ei kaikkina vuosina kuitenkaan ollut selvä, eräissä tapauksissa sitä ei voitu todeta lainkaan. Jos sitä vastoin kevät ja kesä olivat kuivia, saattoivat sadot etenkin hiesusavella jäädä lähes mitättömiksi. Tällaisina vuosina eivät sadon alenemat hietasavella olleet yhtä suuria. Kylvöaika vaikutti yleensä myös sadon laatuun: kylvöjen viivästyessä optimaalisesta toisesta tai kolmannelta kylvöajankohdasta sadon laatu heikkeni. Vuosittaiset vaihtelut olivat tosin suuria, eikä myöhäinen kylvö aina välttämättä merkinnyt huonolaatuista satoa. Viljojen kasvu-aika ei tutkimuksen mukaan sanottavasti riippunut kylvöajasta (kuvio 16) (Kivisaari & Larpes 1984).



Kuvio 16. Kylvöajan vaikutus kevätiljasatoihin Etelä-Suomessa. Keskiarvot 10 vuotta kestäneistä kenttäkokeista vuosina 1970-1979 (Elonen 1987).

Jokioisissa selvitettiin vuosina 1980-1984 kylvöajan vaikutusta sadon määrään ja laatuun aitosavimaalla. Koekasveina olivat kevätkuivä, kaura, ohra sekä rypsi ja rapsi. Kylvöaikoja oli neljä. Kylvöt pyrittiin tekemään viikon välein maan kuivumisnopeutta seuraten. Viisivuotisen kokeen keskimääräiset kylvöpäivät olivat 3/5, 12/5, 18/5 ja 26/5. Kylvöaika vaikutti hieman eri tavalla kevätiljojen ja kevätljykasvien sadon määrään. Kevätiljojen sato pysyi lähes samansuuruisena kolmanteen kylvöön saakka ja vasta neljännestä kylvöstä saatiin pienempi sato. Ohran neljännen kylvön sato jäi noin 260 kg/ha pienemmäksi kuin edellisten kylvöjen. Vehnällä ero oli 450 kg/ha ja kauralla 600 kg/ha. Rypsistä ja rapsista saatiin suurin sato vasta kolmannelta kylvöstä. Ero muihin kylvöihin oli rypsillä keskimäärin 220 kg/ha ja rapsilla 240 kg/ha. Kylvön siirtyminen vaikutti sadon määrän lisäksi sadon laatuun. Kylvön siirtyminen nimittäin alensi viljojen hehtolitrainoa, kohotti kaikkien kasvien raakavalkuaispitoisuutta, lisäsi viljojen lakoontumista, siirsi tuleentumista syksyllä ja kohotti myöhäisimmän kylvön puintikosteutta (Rahkonen 1987).

Kylvöajankohdan vaikutusta satoon ovat lisäksi tutkineet ainakin Perho (1957), Rekola (1972), Toivanen (1982) sekä Wilska (1986).

### 5.3 Maan rakenne

Maan rakennetta ja ominaisuuksia on tutkittu salaojitukseen liittyen sekä laboratoriossa että maastossa tehtävin kokein. Maata ja sen ominaisuuksia on selvitetty useissa tutkimuksissa, mutta tässä maata koskevat tutkimukset



on rajattu koskemaan sen vesitaloudellisia ominaisuuksia selvittäviin tutkimuksiin ja maan rakenteeseen liittyvistä tutkimuksista on otettu mukaan maan tiivistymistä koskevat tutkimukset. Maan vesitaloudellisten tutkimusten osalta on pitäydtytty lähinnä maan vedenjohtokykyä selvittävässä tutkimuksessa, ja niitäkin on käsitelty vain hyvin lyhyesti. Salaojituksen vaikutusta maan lämpötilaan ja kosteuteen on selvitetty muutamassa tutkimuksessa, jotka esitetään luvun viimeisessä kappaleessa.

### 5.31 Vedenläpäisykyky

1920-luvulla Salaojitusyhdistys suoritti tutkimuksia, joiden yhtenä tarkoituksena oli tutkia maanviljelyssä olevien maalajien ominaisuuksia ja luokitella maalajit näiden ominaisuuksien perusteella. Perimmäisenä tarkoituksena oli ojaetäisyyden määrittäminen maanlaadun perusteella. Tutkimuksen tulokset Keso julkaisi vuonna 1930 kirjassa "Kulttuuritekniillisiä maaperätutkimuksia erikoisesti ojaetäisyyttä silmälläpitäen". Tutkimukseen liittyen Keso suoritti myös maastossa vedenläpäisevyysskojeita kahdella eri menetelmällä. Hän lopetti kuitenkin kokeiden suorittamisen, koska tulokset poikkesivat toisistaan liiaksi.

Sulan ja jäätyneen maan vedenläpäisevyyttä on tutkittu Salaojitusyhdistyksen järjestämien ojaetäisyysskojeiden yhteydessä salaojaputkiin asennettujen virtaamamittarien avulla. Tutkimukset osoittivat, että vedet pääsivät painumaan jäässä olevan maan läpi. Routaantuneilla mailla todettiin jo verraten pienen suojan vilkastuttavan huomattavasti vesien virtausta salaojaputkista keskellä talvea. Tutkimuksessa havaittiin myös, että lihava savimaa kykeni märkänäkin läpäisemään vettä paljon nopeammin kuin viljelysten kannalta pidettiin tarpeellisena. Tähän asti oli yleinen käsitys ollut, että märkä savimaa ja routaantunut maa olivat vettä läpäisemättömiä (Keso 1936).

Maan vedenläpäisevyyttä on selvitetty mittaamalla sitä maastossa ja laboratoriossa sekä määrittämällä pellon vedenläpäisevyys sadannan, haihdunnan, pohjaveden korkeuden ja salaojavirtaaman avulla. Mm. Salaojitusyhdistyksen urpasavimaalla vuosina 1926-1939 tehdyissä ojaetäisyysskojeissa tehtiin havaintoja sadannasta, lämpötilasta, salaojavirtaamista ja haihdunnasta, ja urpasaven vedenläpäisevyys todettiin erinomaiseksi (Keso 1940).

Vedenläpäisevyyttä ovat Suomessa tutkineet ainakin Hailikari (1953), Sillanpää (1956), Päivänen (1973), Muotka (1980), Mylly (1986), Rintanen (1986) ja Aura (1987).

### 5.32 Maan tiivistyminen

#### Tiivistymisen vaikutukset

Viljelymenetelmien kehittyessä maan mekaaninen kuormitus ja edelleen maan tiivistyminen ovat lisääntyneet. Salaojituksen kannalta maan tiivistyminen pienentää salaojituksen toimintaedellytyksiä ja maan rakenteen säilyminen huokoisena on ensiarvoisen tärkeää.

Ensimmäinen peltojen tiivistymistä koskeva tutkimus maassamme lienee ollut vuonna 1957 Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksella Tikkurilassa aloitettu tutkimus. Kokeessa tutkittiin painavien koneiden käytön vaikutuksia viljelymaahan ja satotuloksiin (Larpe 1962).

1970-luvun alusta lähtien on maan tiivistymiseen liittyviä tutkimuksia tehty useita. Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksessa on vuodesta 1970 lähtien tutkittu pellon tallaamisen vaikutusta sokerijuurikkaan satoihin (Erjala 1987). Vuonna 1972 järjestettiin Helsingin yliopiston koetilalla Viikissä kenttäkoe, jossa tarkasteltiin koneiden aiheuttamaa maan haitallista tiivist-

kenttäkoe, jossa tarkasteltiin koneiden aiheuttamaa maan haitallista tiivistymistä (Sarin 1977). Maatalouden tutkimuskeskus ja Vakola suorittivat vuosina 1973-1975 yhteistyönä tutkimuksia Pakankylän tilalla Espoossa selvittääkseen äestysvyöhykkeen alapuolisen saven tiivistymisen merkitystä ja vuonna 1975 tutkittiin näiden käsittelyjen mahdollista jälkivaikutusta (Elonen 1974 ja 1977). Vuonna 1975 Maatalouden tutkimuskeskuksessa aloitettiin nelivuotinen koesarja, jossa pyrittiin selvittämään pyöränjalkien merkitys nykyaikaisen touonteon yhteydessä sekä traktorin pyörävarusteiden merkitystä maan tiivistymisen vähentämisessä (Saarela 1979 ja Aura 1983). Syksyllä 1981 Maatalouden tutkimuskeskuksessa maanviljelyskemian ja -fyysiikan osastolla perustettiin koe suuren akselipainon vaikutuksesta aitosaven, multamaan ja hiesun tiivistymiseen. Monivuotisessa kokeessa seurattiin tiivistymän kestoa ja vaikutusta viljelykasvien kehitykseen, satoon ja sadon laatuun (alakukku 1985 ja 1986). Jokioisissa on tehty myös mittauksia vakopyörän vaikutuksesta kyntöanturan ilmatilaan hietasavella ja hiesusavella. Vuonna 1985 Jokioisiin perustettiin koe viljapellon syystallaamisesta (Elonen 1987). Maan tiivistymistä viljelytoimenpiteiden vaikutuksesta on tutkinut Sissonen (1974) laudaturtyössään.

Saarelan (1979) ja Auran (1983) mukaan koepelloista otetut profiilinäytteet ovat osoittaneet, että traktorilla ajo tiivistää eniten äestyskerroksen alapuolella 10-25 cm:n syvyydessä olevaa maakerrosta. Tämä kerros tiivistyy erityisesti silloin, kun muokkaus- ja kylvyöt suoritetaan normaalia aikaisemmin. Pohjamaa tiivistyy ainoastaan, jos maa muokkausajaksi on erittäin märkää. Huokoisuusmittausten mukaan käytettäessä traktorissa paripyöriä maa tiivistyy suunnilleen yhtä paljon kuin käytettäessä tavallisia pyöriä, jos kylvyt suoritetaan normaaliin aikaan. Aloitettaessa kevätkuokkaus normaalia aikaisemmin voi paripyörien käyttö estää tiivistymistä. Alakukun (1985) tutkimuksissa havaittiin, että neljästi tiivistetyssä maassa tiivistyminen ulottui huokostilavuusmittausten mukaan ainakin 50 cm:n syvyyteen. Se oli voimakkainta muokkauskerroksen alapuolella 20-50 cm:n syvyydessä.

Kokeista saadut tulokset ovat mm. osoittaneet satojen alenivan maan tiivistämisen vaikutuksesta. Sadon alenemat ovat vaihdelleet 0 - 45 %:iin maalajin, tiivistämisen määrän ja maan kosteuden mukaan. Esimerkiksi savimaalla kun, kyntösyvyydessä oli maata tiivistettäessä valuvaa vettä, alensi kertaalleen talleaminen kevätevehnän satoa 15 % ja kolmeen kertaan talleaminen peräti 41 %. Seuraavana vuonna maa oli tiivistettäessä kuivempaa, ja tällöin kerta-tiivistys alensi vehnäsatoa 8 % ja kolme talleuskertaa 25 % (Elonen 1974). Myös tiivistymisen jälkivaikutusta on selvitetty. Multamaan on todettu toipuneen tiivistymisestä jo toisena tiivistämistä seuranneena vuonna, mutta savimaalla tiivistymässä ei ollut tapahtunut merkittävää toipumista kahden vuoden aikana roudasta ja kuivumisen aiheuttamasta maan halkeilusta huolimatta (Alakukku 1985).

#### Tiivistymishaittojen mekaaninen korjaaminen

Maan tiivistymistä on yritetty purkaa maan mekaanisella kuohkeuttamisella. Kun tiivistymä sijaitsee muokkauskerroksen alapuolella, sen mekaaninen kuohkeuttaminen vaikeutuu, koska maata ei useinkaan kyetä käsittelemään tavallisella muokkauskalustolla, vaan tarvitaan erityis- tai lisälaitteita. Muokkauskerroksen alapuolista tiivistymää on yritetty kuohkeuttaa mm. syväkynnöllä, jankkuroimalla ja erityisillä syväkuohkeuttajilla. Maatalouden tutkimuskeskuksen Keski-Suomen koeasemalla tutkittiin vuosina 1967-1974 mm. kyntötavan vaikutusta kevätiljelys satoon hiesumaalla, jossa myös jankko oli hiesua. Tutkimuksissa ilmeni, että syväkyntö alensi jyväsadon määrää noin 10 % ja heikensi hieman sadon laatua normaalikyntöön verrattuna (Simojoki & Sunio 1976). Myös Vuorinen (1973) on tutkinut laudaturtyössään syväkyntöä. Maatalouden tutkimuskeskuksessa eri menetelmistä saatujen koke-  
muksien mukaan syväkyntö (30 cm) on soveltunut savimaiden kuohkeutukseen melko hyvin. Jankkuroinnista ja syväkuohkeutuksesta saadut tulokset eivät

ole olleet kovin myönteisiä (Alakukku 1987).

### 5.33 Salaojituksen vaikutus maan lämpötilaan ja kosteuteen

Juusela tutki 1940-luvun alussa Helsingin pitäjän Backaksessa salaojituksen vaikutusta maan lämpö- ja kosteusoloihin sekä maan routaantumiseen. Backaksessa tehtyjen tutkimusten pohjalta Juusela (1945b) julkaisi vuonna 1945 väitöskirjansa, jossa selvitettiin maan vesitaloutteen ja lämpöoloihin vaikuttavia tekijöitä.

Savimaalla sijaitsevilla sala- ja avo-ojitetuilla pelloilla tehdyt mittaukset osoittivat, että salaojitetut alueet olivat keväällä kuivempia kuin avo-ojitetut. Kesällä tilanne muuttui päinvastaiseksi, koska avo-ojitetulta pellolta tapahtuva haihdunta oli noin 60 % suurempi kuin salaojitetulta (Juusela 1945a & 1948). Alueella maasta 2,5 - 125 cm:n syvyydestä tehdyt lämpötilamittaukset osoittivat, että syksyisin maan kosteuserojen ollessa vähäisiä, avo- ja salaojitetuilla lohkoilla vallitsi käytännöllisesti katsoen sama lämpötila. Myös alkutalvella lämpötilaerot pysyivät mitättöminä. Vasta maan routaantuessa alkoivat lämpötilaerot hieman kasvaa. Salaojitetulla alueella lämpötila oli talvella korkeampi kuin avo-ojitetulla alueella. Keväisin lämpötilaerot pienenevät niin, että roudan varsinaisen sulamisen alkaessa lämpötilaerot olivat miltei yhtä vähäisiä kuin syyskuukausien aikana. Roudan sulaessa maa lämpeäni sitä nopeammin, mitä vähemmän routakerroksessa oli jäätä ja näin ollen salaojitetulla alueella nopeammin kuin avo-ojitetulla alueella. Esimerkiksi vuosina 1941 - 1942 maa salaojitetulla alueella 20 - 60 cm:n syvyydessä oli toukokuun puolivälissä keskimäärin 2.4 ° C lämpimämpää kuin keskellä avosarkaa. Kesällä lämpötilaerot vähitellen pienenevät. Lämpiminä ja vähäsateisina kesinä 1940 ja 1941 hitaammin kuin viileänä kesänä 1942 (Juusela 1946).

Salaojitetulla pellolla roudan paksuus oli Juuselan (1948) havaintojen mukaan noin 20 % pienempi kuin avo-ojitetuilla. Lisäksi routa oli salaojitetulla pellolla rakenteeltaan harvempi, roudan keskimääräinen vesipitoisuus oli 10-20 %. Juuselan (1946) mukaan tästä syystä suuri osa lumen sulamisvestistä pääsi tunkeutumaan salaojitetussa pellossa routakerroksen läpi samalla edistään roudan sulamista. Salaojitetut pellot olivatkin koealueella keväisin 1.0-1.5 viikkoa avo-ojitettua peltoa aikaisemmin muokkaus- ja kylvökunnossa. Myös Salaojitusyhdistyksen keväällä 1942 koko maassa suorittamat roudan syvyyttä koskevat mittaukset osoittivat, että roudan syvyys avo-ojitetulla pellolla oli 4-25 % suurempi kuin salaojitetuilla pelloilla (Juusela 1948).

Wäreén (1947, 1958) Maasojan koekentällä tekemät havainnot osoittivat, että salaojituksen tehokkaampi kuivattava vaikutus on ilmennyt selvästi ylivesien sattuessa. Kevätylivesi on sattunut salaojitetulla maalla 4-5 päivää aikaisemmin kuin avo-ojitetulla. Syysylivesi on sattunut salaojitetulla savimaalla yli kaksi viikkoa myöhemmin kuin avo-ojitetulla. Wäreén mukaan salaojitus oli avo-ojituksen verrattuna savimaalla suurentanut ja turvemaalla pienentänyt pohjaveden vaihteluja. Maasojalla routa sulii salaojitetulta savimaalta 4 vrk ja salaojitetulta turvemaalta 3 vrk aikaisemmin kuin avo-ojitetulta. Salaojitettu pelto kuivui kylvökuntoon 1-2 vrk avo-ojitettua nopeammin.

Kankareen (1956) Jokioisten koekentällä tekemät havainnot osoittivat, että keväällä pohjavesi oli salaojitetulla alueella alempana kuin avo-ojitetulla, kesällä ero pieneni ja syksyllä ojitustavoilla ei näyttänyt olevan kovin suurta vaikutusta vedenpintoihin. Kankare tutki myös vuodenajojen vaikutusta vedenpinnan vaihteluihin. Tulokset osoittivat, että vedenpinta esim. kesällä haihtumisen ollessa suuri, reagoi sateeseen paljon hitaammin kuin syksyllä.

Hallakoeasemalla Pelsonsuolla on tarkkailtu vuosina 1960-1973 eri ojitusta-



pojen vaikutusta pohjavedenkorkeuksiin saraturvemaalla. Alueella pohjavesi nousi keväisin nopeimmin salaojitetulla loholla ja hitaimmin avo-ojitetulla loholla vesivakokuivatuksen jäädessä näiden väliin. Syksyisin pohjavesi nousi kaikilla alueilla yhtä nopeasti. Koeasemalla on mitattu myös maan routaantumista (Koskenkorva 1974).

Salaojituksen vaikutuksesta maan kosteusoloihin on tehty ainakin yksi kirjallisuustutkimus (Heikkinen 1979).

#### LÄHDELUETTELO

- Alakukku L., 1985, Akselipainon vaikutus maan tiivistymiseen, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos, 73 s.
- 1986, Maan tiivistymisen vaikutus viljelykasvien sadon laatuun, Sivulaudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, 68 s.
  - 1987, Tiivistymishaittojen mekaaninen korjaaminen. Isäntäakatemia 87. Muokkaus ja maan tiivistyminen. Maatalousylioppilaiden yhd. Sampsa ry ss. 88-94.
- Aura E., 1983, Soil compaction by the tractor in spring and its effect on soil porosity, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, (1983)55, ss. 91-107
- 1987, Veden pääsy salaojiin jäykissä savimaissa, Käytännön Maamies, 36(1987)11, ss. 32-34
- Elonen, P 1974. Paripyörillä parempiin satoihiin. Käytännön Maamies 23(1974)4 ss.24-27.
- 1977. Hyvä kyntöalusta maan rakennetta pilaamatta. Käytännön Maamies 26(1977)4, ss. 8-13.
  - 1987. Tiivistyminen viljarviljelyssä. Isäntäakatemia 87. Maanmuokkaus ja tiivistyminen. Maatalousylioppilaiden yhd. Sampsa ry, ss. 51-59.
- Erjala, M. 1987. Tiivistyminen sokerijuurikkaan viljelyssä. Isäntäakatemia 87. Maanmuokkaus ja tiivistyminen. Maatalousylioppilaiden yhd. Sampsa ry, ss. 60-72.
- Hailikari T., 1953, Turvemaan vedenläpäisevyydestä, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto, 31 s.
- Heikkinen, M., 1979. Salaojituksen vaikutus maan kosteusoloihin. Vesitalouden seminaari 7.2.1979. 15 s.
- Juusela T., 1945 a, Salaojitus maan kosteussuhteiden tasoittajana, Koetointi ja Käytäntö 2, 1945, 5: 3-4.
- 1945 b, Untersuchungen über den Einfluss des Entwässerungsverfahrens auf den Wassergehalt des Bodens, den Bodenfrost und die Bodentemperatur. Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisu 1945 59. 212 s.
  - 1946, Eräitä näkökohtia salaojituksen merkityksestä, Maatalous ja koetointi 1946, 1, ss. 259-274
  - 1948, Täckdiknings inverkan på jordens vattenhalt, tjälbildning och temperatur, Svensk Jordbrugsforskning, 30(1948), ss. 29-34
  - 1960. maan vesitalous ja sen järjestely. Maanviljelysoppi 1. ss. 69-142. Porvoo.
- Kaitera P., 1935. Viljelyskasvien kyvystä kestää vesipeittoa. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 7, 1935: 107-121.
- 1941, Vedenkorkeusvaihtelujen vaikutuksesta rantamaiden pelto- ja niittyviljelykseen, Maataloushallituksen vesiteknillisiä tutkimuksia, 1941,3, 112 s.
- Kankare, E. 1956. Jokioisten ojituskoekentän pohjavesihavainnot vuosilta 1928-1941. Diplomityö. TKK. Rakennusinsinööriosasto, 124 s.
- Keso L., 1930, Kulttuuriteknilisiä maaperätutkimuksia erityisesti ojaetäisyyttä silmälläpitäen, Valtion maatalouskoetoinnin julkaisuja, 1930 32, 327s.
- 1936, Salaojitettujen savimaiden ja jäässä olevien maiden kyky läpäistä vettä. Pellervo 37, 1936: 10-11.
  - 1940, Ojaetäisyyskoe urpasavomaalla. Suomen Maataloustieteellisen seuran julkaisuja, 42, 1940, 2 1-34.

- Kivisaari S., 1983, Kenttäkoesarja Tikkurilassa 1970-1979. Sadon riippuvuus kylvöajasta, Koetoiminta ja Käytännöt, 40, 1983:15-16.
- Kivisaari S., 1984a, Variations in yields of spring wheat, barley and oats as a consequence of sowing time during the period 1970-1979 on three soil types, *Ann. Agriculturae Fennica*, (1984)23, ss. 145-1
- 1984, Salaojatutkimuksen järjestäminen Suomessa. Moniste. Maatalouden tutkimuskeskus. 46 s.
- Kivisaari S., Larpes G., 1984, Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa, Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote, (1984)13, 54 s.
- Koskenkorva E., 1974, Pohjaveden korkeuden vuotuinen vaihtelu, Koetoiminta ja käytäntö. Eripainos, 31(1974)5, 3 s.
- Kotiaho A., 1952, Suomaan salaojituksesta ja vertailua salaojituksen ja avo-ojituksen kesken, Koetoiminta ja Käytännöt, 10(1952)2.
- Larpes G., 1962, Painavien koneiden maata tiivistävän vaikutuksen merkitys kevätmuokkauksessa, *Maatalous ja Koetoiminta*, (1962)16, ss. 22-29
- 1979, Aikainen kylvö kevätviljasadon varmentajana, Koetoiminta ja Käytännöt, (1979)24.4, 14 s.
- Muotka, J., 1980. Jankon tiivistymisen vaikutus salaojituksen toimintaan. Erikoistyö. TKK. Vesitalouden laboratorio. 36 s.
- Myllys M., 1986, Huokosjakautuman vaikutus maan vedenpaisevyyteen, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos., (1986), 76 s.
- Perho H., 1957, Kylvöajan ja -tiheyden vaikutuksesta syysvehnän talvehtimiseen ja satoon, *Laudaturtyö*. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos.
- Päivänen, J. Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. *Acta Forestalia Fennica* 129(1973).
- Rahkonen A., 1987, Kevätviljojen ja kevätöljykasvien kylvöajan vaikutus satoon, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1987), 59 s.
- Raivio, M., 1962. Kyrönjoen järjestelyn maataloudelliset hyötyperusteet. Diplomityö. TKK. Rakennusinsinööriosasto. 64 s.
- Rekola K., 1972, Kylvömäärän ja kylvöajan vaikutus vehnän kehittymiseen, *Laudaturtyö*. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos.
- Rintanen S., 1984. Maan rakenne salaojitustutkimuksissa. Kirjallisuusselvitys. Salaojakeskus. 24 s.
- 1986, Hydraulisen johtavuuden mittaaminen, vaihtelu ja hyväksikäyttö salaojituksen mitoituksessa, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto, 94 s.
- Saarela I., 1979, Traktoripyörien toukotöissä aiheuttaman maan tiivistymisen vaikutus kevätviljasatoihin sekä pari- ja levekepyörien merkitys tiivistymisvaurioiden estossa, *Laudaturtyö*. Helsingin yliopisto.
- Sarin H., 1977, Kyntötavat ja sadetus satoon vaikuttavina tekijöinä, *Laudaturtyö*. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos, 64 s.
- Saukko P., 1941, Muokkaustöiden vaatimasta kuivatussyvyydestä, *Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja* 1941, ss. 96-108.
- 1946a, Saimaan rantapelloilla suoritettuja viljelyskasvien vesivahinkotutkimuksia, *Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia*, (1946)4, 66 s.
- 1946b, Viljelyskasvin vedenkestämiskyvystä. *Maataloustieteellinen Aikakauskirja* 18, 1946:97-114.
- 1950, Rantamaiden käyttöarvosta. Eripainos. Maanmittausinsinöörien Aikakauskirja 1950, 7-8. 24 s.
- Seppänen E., 1940, Peltojen vaatimasta kuivatussyvyydestä, *Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja* 1940, ss. 21-37.
- Sillanpää M., 1956, Maan vedenläpäisykyvystä ja sen mittaamisesta, *Laudaturtyö*. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1956), 179 s.
- Valtion maatalouskoetöiminnan julkaisuja, (1926)2, ss
- Simojoki, P., ja Sunio, T. 1976. Tuloksia hiesumaan syväkynnöstä ja maanparannuksesta. Keski-Suomen koeaseman tiedote. N:o 1.

- Simola, E.F. 1936, Peltoviljelyskiertokokeiden tuloksista Maatalouskoelaitoksen kasvinviljelyosastolla vv. 1914-1926. Valtion Maatalouskoetoiminnan julkaisuja 1936, 78, 64 s.
- Sissonen J., 1974, Maan tiivistyminen viljelytoimenpiteiden seurauksena, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos.
- Suojaranta, J., 1983. Pellon kuvio-ominaisuuksien ja maalajin vaikutuksesta salaojituksen hyötyyn. Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maatalousekonomian laitos. 84 s.
- Tenhovuori M., 1986, Kuivatuksen ja kastelun vaikutus viljakasvien itämiseen, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööri-osasto, (1986), 86 s.
- Toivanen E., 1982, Kylvöajan vaikutus nurmiheinien sadontuottoon turvemaalla, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1982), 78 s.
- Valmari, A., 1967. Hallakoeaseman toimintakertomus 1966. Maatalouden tutkimuskeskus. ss. 29-33.
- 1968. Hallakoeaseman toimintakertomus 1967. Maatalouden tutkimuskeskus. ss. 34-41.
- 1969. Hallakoeaseman toimintakertomus 1968. Maatalouden tutkimuskeskus. ss. 37-41.
- Valmari A., Koskenkorva E., 1973, Pohjavesimittauksia vuosilta 1960-1973, Hallakoeaseman toimintakertomus, (1973)2, 217 s.
- Vuorinen M., 1973, Syväkynnön ja maanparannusaineiden vaikutus maan vesitalouteen, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos.
- Wilka A., 1986, Rypsin kylvöajan, kasvutiheyden ja muokkauksen vaikutus sadonmuodostukseen, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos.
- Vähäsöyrinki, E., 1979. Vedenkorkeusvaihteluiden vaikutus rantamaiden peltoviljelyyn. Diplomityö. TTK. Rakennusinsinööri-osasto. 117 s.
- Wäre M., 1947, Maan vesisuhteista ja viljelykasvien sadoista Maasojan vesitaloudellisella koekentällä vuosina 1939-1944, Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia, (1947)5, 240 s.
- 1958, Viljelykasvin vaatima kuivatussyvyys tarkistuksen alaisena, Pel-lervo, 59(1958)2324, ss. 932-933



## 6 TUTKIMUKSEN NYKYTILA JA TUTKIMUSTARVE

### 6.1 Meneillään olevat tutkimukset

Salaojatutkimuksia ja salaojitukseen liittyviä tutkimuksia on tällä hetkellä meneillään runsaasti. Osa tutkimuksista on pitkäaikaisia kenttätutkimuksia, osa kestoaltaan lyhyempiä selvityksiä. Meneillään on myös tutkimushankkeita yhteistyössä ulkomaisten tahojen kanssa. Salaojatutkimusta suoritetaan tällä hetkellä Maatalouden tutkimuskeskuksessa, Helsingin yliopiston maa- ja metsätieteellisessä tiedekunnassa maatalousekonomian, maatalousteknologian ja maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksilla, Teknillisen korkeakoulun vesitalouden laboratoriossa, Oulun yliopiston vesirakennustekniikan laitoksella, Vesi- ja ympäristöhallituksessa, Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitoksessa, Salaojakeskuksessa ja Salaojituksen tutkimusyhdistyksessä. Myös materiaali- ja laitevalmistajat tekevät omaa kehitystyötään. Tiedot meneillään olevista tutkimuksista on tähän koottu tutkimusorganisaatiolle lähetetyn kyselyn avulla (liite 5).

Maatalouden tutkimuskeskuksessa salaojatutkimusta tai salaojitukseen liittyvää tutkimusta tehdään maanviljelyskemian ja -fysiikan osastolla, Pohjois-Pohjanmaan ja Pohjois-Savon koeasemilla. Maanviljelyskemian ja fysiikan osastolla on meneillään kenttäkokeita sekä salaojituksesta että salaojitukseen liittyvistä asioista. Varsinaisia salaojituskoekenttiä on perustettu sorasilmäkkeiden ja täydennysojien avulla tapahtuvan salaojituksen tehostamisen, salaojien erilaisten täyttömenetelmien, ojaetäisyyden, kaivannon leveyden ja sorastuksen, putkimateriaalien, ympäräysaineiden, maanpinnanmuotoilun ja syväkynnön tutkimiseksi. Koekenttiä on perustettu sekä savi- että turvemaille. Salaojitukseen liittyviä koekenttiä on perustettu muokkaus- ja viljelytekniikan vaikutuksen maan vedenläpäisevyyteen tutkimiseksi. Lisäksi Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema on ollut mukana happamien maiden kuivatusta selvittävässä tutkimuksessa ja Pohjois-Savon tutkimusasema osallistuu peltoviljelyn vaikutusta pohjaveden nitraattipitoisuuteen selvittävään tutkimukseen.

Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitoksella on meneillään kaksi salaojatutkimusta. Toisessa tutkimuksessa tutkitaan salaojien toimitahäiriöiden korjausta savi- ja turvemaille. Koejäseninä ovat uusintaohitus, sorasilmäkkeet ja suoto-ohitus. Toisessa tutkimuksessa selvitetään putkenlaskusyvyyden tarkkuuden ja tasaisuuden mittausta kaivutyön aikana. Maatalousekonomian laitoksella on meneillään tutkimus maatalouden investointien tekemisessä käytetystä päätöksenteon systematiikasta. Tutkimuksessa salaojitusta tarkastellaan yhtenä investointikohteena. Maanviljelyskemian laitoksella on meneillään tutkimus viljelytekniikan vaikutuksesta ravinteiden huuhtoutumiseen.

Teknillisessä korkeakoulussa salaojatutkimusta tehdään vesitalouden laboratoriossa. Tällä hetkellä meneillään on yksi varsinainen salaojatutkimus ja yksi salaojitukseen liittyvä tutkimus. Salaojatutkimus on diplomityö, jossa selvitetään turpeen ominaisuuksia salaojituksen toimivuuden kannalta. Toinen meneillään oleva tutkimus selvittää roudan muodostumista ja sulamista.

Oulun yliopiston vesirakennustekniikan laitoksella on meneillään yksi salaojatutkimus. Tutkimuksessa selvitetään happamien maiden kuivatusta, ja se on edennyt raportointivaiheeseen salaojituskoekentän osalta. Hankkeessa ovat Oulun yliopiston lisäksi olleet mukana MPTK:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, Vesi- ja ympäristöhallitus, Kemira ja Salaojakeskus.

Vesi- ja ympäristöhallitus on mukana useassa varsinaisessa salaojitustutkimuksessa, minkä lisäksi sillä on meneillään useita salaojitukseen liittyviä tutkimuksia. Vesi- ja ympäristöhallitus piireineen on ollut mukana tutkimuk-

nessa happamien maiden kuivatuksesta sekä on laatinut kuivatusohjeita happamille sulfaattimaille. Ohjeet valmistuvat keväällä 1988. Vaasan vesi- ja ympäristö piirillä on useita tutkimushankkeita valtaojien korvaamisesta yhteissalaojituksen kokoojilla ja matalien peltojen kuivaamisesta pumppaamalla sekä happamien pumppausvesien neutraloinnista. Vesi- ja ympäristöhallitus on myös mukana Neuvostoliittoon tehdyn Zaitzevon alueen koosalaojituksessa. Salaojitukseen liittyviä tutkimuksia ovat peltomailta tapahtuvan eroosion pienentämiseen tähtäävä tutkimus, jota laajennetaan myöhemmässä vaiheessa koskemaan myös viljelytekniikan vaikutuksiin salaojista purkautuviin vesiin. Muita salaojitukseen läheisesti liittyviä tutkimuksia ovat ravinteiden huuhtoutumiseen liittyvät tutkimukset ja Kuopion vesi- ja ympäristöpiirin tutkimus peltoviljelyn vaikutuksesta pohjaveden nitraattipitoisuuteen.

Salaojakeskuksella on meneillään useita salaojitustutkimuksia, joista osa on yhteisiä Salaojituksen tutkimusyhdistyksen ja muiden tutkimusorganisaatioiden kanssa. Lisäksi meneillään on myös kaksi kansainvälistä tutkimushanketta. Tutkimushanke Neuvostoliitossa, jossa vertaillaan suomalaista ja neuvostoliittolaista salaojitusta keskenään. Hanke on laajamittainen kenttäkoe, jossa seurataan salaojitusten toimivuutta mm. salaojista purkautuvien vesimäärien, maan kantavuuden ja kosteushavaintojen sekä satohavaintojen avulla. Tutkimushankkeessa on suomalaisista tutkimusorganisaatioista mukana Maatalouden tutkimuskeskus, Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitos ja Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. Toinen kansainvälinen tutkimushanke on pohjoisten alueiden kuivatusta selvittävä tutkimus, josta valmistui esitutkimus vuonna 1987. Tutkimushanketta jatketaan, jos jatkorahoitus järjestyy. Raportointivaiheessa on tutkimus ruosteisten alueiden määrittämisestä ja ruostemittausta selvittävä tutkimus. Lisäksi Salaojakeskuksella on lukuisia maanviljelijöiden pelloille perustettuja kenttiä. Salaojakeskuksessa tehdään myös historiikkia salaojituksesta.

Salaojituksen tutkimusyhdistyksellä on käynnissä 6 tutkimushanketta. Tutkimuksista kolme on kenttätutkimuksia. Niissä tutkitaan salaojista tulevaa valumaa, turvepellon vajaatoimivuuden korjaamista ja salaojituksen tehostamista tiiviillä mailla. Eräs meneillään olevista hankkeista on laboratoriotutkimus esipäälystettyistä salaojaputkista. Tutkimusyhdistyksen hankkeisiin kuuluu lisäksi taloudellisen pengerryspumpun kehittäminen ja kirjallisuusselvitys pohjoismaisista salaojatutkimuksista.

## 6.2 Tutkimustarve

Salaojitusalan tutkimustarvetta on pohdittu aika ajoin, 1980-luvullakin jo useamman kerran. Tutkimustarpeesta esitetyt näkemykset ovat osaltaan vaikuttaneet käynnistettyihin tutkimuksiin, ja tutkimustavoitteita on myös saavutettu.

Vuonna 1980 SARA-2000 neuvottelukunta piti tarpeellisenä selvittää salaojituksen kustannuksia, taloudellisuutta ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Salaojituksen taloudellisia näkökohtia onkin sen jälkeen selvitelty useassa tutkimuksessa.

Salaojatutkimuksen neuvottelukunta pohti tutkimuksen tarvetta, tavoitteita ja hankkeiden kiireellisyysjärjestystä heti perustamisvuonnaan 1982 ja uudemman kerran vuonna 1986. Sen esittämien päätavoitteiden alalta on tehty useita tutkimuksia. Kuitenkin neuvottelukunnan esittämistä yksityiskohtaisista tutkimusaiheluetteloista on edelleen tutkimatta mm: toisen polven melioraatio, salaojituksen käyttömahdollisuudet kasteluun, Suomen peltojen kuivatustilatutkimus sekä kuivatuksen edistämistä ja rahoituksen yksinkertaistamista koskeva selvitys.

Myös tätä tutkimusta edeltävässä tutkimuksessa "Salaojituksen järjestäminen Suomessa" esitettiin ajankohtaisiksi nähtyjä tutkimusaiheita. Näitä olivat mm. ojitustarve ja salaojien etäisyydet, aurakoneen soveltuvuus Suomen oloihin, rautasaostuman muodostuminen, salaojituksen toimivuuteen liittyvät ja salaojituksen taloudelliset kysymykset. Tutkimuksessa esitettiin myös koekenttien perustamista mm. turvemaille ja happamille sulfaattimaille. Esitetyistä tutkimusaiheista on käynnistynyt tutkimuksia, myös esitetyn mukaisia koekenttiä on perustettu. Käynnistymättä jääneitä hankkeita ovat: salaojituskoekenttien perustaminen moreenimaille, pienten peltokuvioiden kuivatuksen järjestäminen, maalajin, ojitusmenetelmän ja viljelystekniikan vaikutus maan hydrologiaan sekä maan biologian tutkiminen.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty Suomessa tehtyä salaojatutkimusta ja siihen läheisesti liittyvää tutkimusta. Tehdyt tutkimukset jaettiin 7 aiheryhmään. Tutkimuksen kuluessa ilmeni alueita ja aiheryhmiä, joita ei ole tutkittu lainkaan tai ainoastaan vähän sekä toisaalta alueita, joiden osalta tutkimustulosten voidaan ainakin tällä hetkellä todeta olevan annetut rajalliset resurssit huomioon ottaen melko perusteellisia. Seuraavassa käsitellään salaojitustutkimustarvetta samaa aiheryhmittelyä käyttäen kuin tässä tutkimuksessa on aiemmin käytetty. Salaojitukseen liittyvän tutkimuksen tutkimustarpeeseen ei tässä oteta kuitenkaan kantaa, koska näiden päätavoitteena on ollut ja todennäköisesti tulee myös olemaan muu kuin salaojitustietouden lisääminen.

#### Salaojituksen mitoitus

Mitoitusperusteista ojaetäisyyttä ja -syvyyttä on tarkasteltu Karvosen väitöskirjassa ottamalla huomioon maalajin lisäksi viljelyskasvi, viljelyksen tehokkuus, meteorologiset tekijät sekä eri ojitusvaihtoehtojen kustannukset. Väitöskirjassa esitettyä mallia, tulisi ensinnäkin käyttää salaojituksen suunnitteluperusteiden tarkistamiseen ja edelleen kehittämiseen. Myös perustutkimuksessa malli antaa sinällään mahdollisuuden havaintotulosten analysointiin. Uusia koekenttiä perustettaessa mallin huomioonotto jo suunnitteluvaiheessa edesauttaa havaintotulosten hyväksikäyttöä.

Aikaisemmassa mitoitusterusteita koskevassa tutkimuksessa ei ole tarkasteltu ojituksen haluttua toimintavarmuutta, kuten esimerkiksi salaojituksen varmuusrajoja roudan ja sadon menetyksen suhteen. Valtaojituksen kunnon vaikutus salaojitukseen ja edelleen pellon satotasoon olisi eräs tutkimusta vaativa alue samoin kuin aiemmin mainittu peltojen kuivatustilan tutkimus.

Uusia pintavesien kuivatukseen soveltuvia menetelmiä tutkitaan parhaillaan, mutta erilaisten pintakuivatustapojen kannattavuutta ei ole selvitetty. Tällaisessa selvityksessä voitaisiin tutkia mm. myyräojituksen kustannusten kuoletusaikaa tai suoto-ojien takaisinmaksuaikaa eri viljelyskasveilla. Myöskään pintakuivatuksen vaikutusta peltojen kuivumiseen syvän roudan aikana ei ole selvitetty.

#### Salaojamateriaalit

Salaojamateriaaleista usuin tulokas on esipäälystetty salaojaputki. Sen soveltuvuudesta salaojitukseen on tehty ja on parhaillaan meneillään tutkimus. Näiden tutkimusten pohjalta pyritään myös esipäälysteet normittamaan. Uudet tutkimukset salaojamateriaalien osalta lienevät ajankohtaisia, kun uusia materiaaleja tulee markkinoille. Tutkimuksessa tulisi kuitenkin ennakoida uusia kehityssuuntia siten, että valmisteen tullessa markkinoille Suomessa siitä olisi jo tutkimustietoa mahdollisen tuotteen valmistajan tekemän- ja ehkä ulkopuolisille julkaisemattoman tiedon lisäksi. Tällöin



pioneerityö ja sen kustannukset eivät jäisi viljelijöille.

### Salaojitustyö

Salaojituskoneiden ja laitteiden kehittäminen kuulune edelleenkin laitevalmistajille. Kuitenkin salaojitustyön laadun tarkastamiseen tarvittavia laitteita tulisi muuallakin kehittää. Meneillään oleva salaojan asennustarkkuuden tutkimus täyttääkin valmistuessaan suurimman tarpeen. Salaojitustekniikoista myyräojitus lienee eräs uudelleen tutkimusta tarvitseva kohde uusien pintavesikuivatusmenetelmien tultua ajankohtaisiksi tutkimusaiheiksi.

### Salaojien toimivuus

Turvemaiden kuivatusmenetelmien kehittäminen ja vajaatoimivien peltojen kuivatuksen parantaminen ovat tärkeitä tutkimusalueita. Vajaatoimivien salaojitusten tutkimisen lisäksi tulisi tutkimusta suunnata myös toimintahäiriöiden ennaltaehkäisyyn. Tällaisia tutkimuskohteita ovat esim. salaojituksen huoltotoimenpiteiden aiheuttamien riskien pienentäminen ja tulosten parantaminen, ajoittain esiintyvän paineellisen pohjaveden havaitsemismenetelmän kehittäminen, ruostetukkeutumien ennaltaehkäisy, karjanlannan käytön vaikutus salaojien toimivuuteen ja salaojitustyön aikaisten kosteusolojen vaikutus salaojituksen toimivuuteen.

### Padotuskastelu

Padotuskastelusta saadut koetulokset ovat olleet hyviä, mutta uuden kastelutekniikan, sadetuksen tulo Suomeen syrjäytti padotuksen kastelumuotona ja kastelututkimus keskittyi siihen. Padotuskastelun ja sadetuksen välistä kasteluvaikutusta tai kustannusvertailua ei ole tehty. Myöskään padotuksen vaikutusta roudan sulamisen edistämiseen ei ole tutkittu.

### Salaojituksen ympäristövaikutukset

Erilaiset ympäristöön ja luontoon vaikuttavat ihmisen toiminnot ovat tällä hetkellä yleisen mielenkiinnon kohteina. Myös salaojitus vaikuttaa ympäristöön muuttamalla veden luonnollisia kulkureittejä. Salaojituksen vaikutusta pohjavesiin valuviin ravinteisiin tai kasviensuojeluaineisiin ei ole selvitetty. Myöskään erilaisten salaojitusapojen, kuten salaojitusnyrkytyyden vaikutusta ravinteiden huuhtoutumiseen ole tutkittu Suomessa. Vaikutuksia voisi myös selvittää erilaisten laskentamenetelmien avulla ja käyttää jo olemassa olevia mittaustuloksia ennustemallien laatimiseen eri maalajeille ja sääoloille. Myöskään happamalla mailla ei ole selvitetty erilaisten ympäristöaineiden, kuten kalkkirouheen, vaikutusta purkautuvien vesien laatuun.

### Salaojituksen hyödyt ja kustannukset

Salaojituksen hyödyistä on tuloksia monissa tehdyissä tutkimuksissa. Salaojituksen kustannukset ja kustannusrakenne sekä kannattavuus sen sijaan muuttuvat salaojitusmenetelmien kehittyessä, urakointiryhmien koon muuttuessa, taloudellisten suhdanteiden vaihdellessa ja viljelysten tuotantorakenteen muuttuessa. Niiden selvittäminen lienee tarpeellista aika ajoin. Ajankohtainen tutkimuksen kohde on salaojituskustannusten pienentämiseen tähtäävä tutkimus sekä salaojituksen kannattavuuslaskentamenetelmien kehittäminen.

Salaojituksesta ja siihen läheisesti liittyvistä tutkimuksista on empiiristä havaintoaineistoa runsaasti. Suomessa salaojitukseen liittyvien mallien ja tietotekniikan hyväksikäyttö on ollut vähäistä. Vuoden 1988 alussa valmistunut Karvosen väitöskirja on kuitenkin hyvä esimerkki siitä, kuinka olemassa olevaa havaintoaineistoa voidaan käyttää hyväksi. Esimerkiksi Maasojan

koalueelta on olemassa runsaasti havaintoja sadoista, ilmastotekijöistä ja maan vesitaloudellisista suureista. Myös huuhtoutumakoekentiltä lienee runsaasti erilaisia havaintoja huuhtoutuneiden ravinteiden ja salaojista purkautuvien vesien määristä. Kerättyä havaintomateriaalia voisi hyödyntää laajemminkin tietotekniikan avulla.

## 7 SALAOJATUTKIMUSREKISTERI

### 7.1 Tutkimusrekisterin perustaminen ja päivitys

Salaojatutkimusrekisteri on perustettu salaojituksesta olemassa olevan tutkimustiedon hyväksikäyttämisen helpottamiseksi ja tiedonkulun parantamiseksi. Tutkimusrekisteriin on tallennettu Suomessa tehdyt salaojatutkimukset ja siihen läheisesti liittyvät tutkimukset. Valmistuneiden tutkimusten lisäksi rekisteriin tallennetaan meneillään olevia ja aloitettavaksi suunniteltuja tutkimushankkeita.

Valmistuneet salaojatutkimukset on kerätty rekisteriin käymällä läpi Suomessa ilmestyneet maataloustieteelliset julkaisut, alan lehdet, tutkimuslaitosten sekä yliopistojen ja korkeakoulujen julkaisut, tiedotteet ja opinnäytteet. Tiedot on kerätty käyttäen liitteenä 4 olevaa tiedontallennuslomaketta. Tutkimuksista on rekisteriin tallennettu tiedot mm. tutkimuksen tekijästä, julkaisusta, rahoittajasta ja yhteistyösapuolista käytettävissä olevien tietojen puitteissa. Salaojarekisteriin on lisäksi tallennettu lyhyt referaatti tutkimuksen sisällöstä ja tutkimuksen sisältöä kuvaavat salaojaindeksit (liite 1) ja asiasanat (liite 2). Meneillään olevat ja suunnitellut tutkimukset on kartoitettu eri tutkimusorganisaatioille lähetetyllä tiedustelulomakkeella (liite 5). Salaojatutkimusrekisteri on reaaliaikainen rekisteri. Sitä päivitetään aina kun tutkimuksia valmistuu tai kun uusia tutkimuksia aloitetaan. Salaojatutkimusta tekevien tahojen toivotaakin myös vastaisuudessa ilmoittavan aloittamistaan tutkimuksista.

### 7.2 Tutkimusrekisterin käyttö

Salaojatutkimusrekisteri on kaikkien salaojitustietoa haluavien käytettävissä. Rekisterin atk-sovellutus tekee mahdolliseksi tiedon haun mm. asiasanojen tai salaojaindeksin avulla, tutkimuksen tekijän tai tutkimuksen valmistumisvuosien perusteella. Rekisterin hyväksikäytön helpottamiseksi siihen tallennettu aineisto on luokiteltu aiheittain. Luokitusjärjestelmänä on käytetty salaojaluokitusta, koska olemassa olevat luokitukset (mm. UDK-luokitus) on salaojituksen alalta liian karkea. Laadittu Salaojaluokitus on esitetty liitteessä 1 ja käytetyt asiasanat on esitetty liitteessä 2.

Salaojatutkimusrekisteriä ylläpitää Salaojituksen tutkimusyhdistys ry. Tällä hetkellä tietoja ja hakuja rekisteristä saa pyytämällä niitä yhdistykseltä, joka toimii Salaojakeskuksen yhteydessä Helsingissä. Myöhemmin rekisteri siirretään myös Salaojakeskuksen aluetoimistojen käyttöön, jolloin tietoja voi pyytää myös niiltä.



1. Agrohydrologinen perustutkimus / kuivatustarve
  - 1.1 Maalajit ja niiden ominaisuudet
  - 1.2 Maan kosteussuhteet
  - 1.3 Maan lämpötila
  - 1.4 Maan rakenne / tiivistyminen
  - 1.5 Kuivavara / kasvien vedentarve
  - 1.6 Kasvukausi
  - 1.7 Salaojituksen vaikutus maaperään
2. Salaojituksen mitoitus
  - 2.1 Ojaetäisyys
  - 2.2 Ojitusvyvyys
  - 2.3 Putkikoko
3. Ojamateriaalit
  - 3.1 Putkimateriaalit
  - 3.2 Ympärysaineet
  - 3.3 Muut ojitusmateriaalit
4. Salaojitustyö
  - 4.1 Koneet ja laitteet
  - 4.2 Eri ojitustekniikat
  - 4.3 Salaojitusajankohta
  - 4.4 Salaojituksen suunnittelu
  - 4.5 Salaojitustyön suoritus
5. Salaojituksen hyödyt / kustannukset / kannattavuus
  - 5.1 Salaojituksen hyödyt
  - 5.2 Salaojituksen kustannukset
  - 5.3 Salaojituksen kannattavuus
6. Salaojituksen toimivuus
  - 6.1 Salaojituksen toimivuus ja ongelmalliset alueet
  - 6.2 Ruoste
  - 6.3 Putkien tukkeutuminen
  - 6.4 Toimintahäiriöiden ehkäisy ja korjaus
7. Salaojituksen ympäristövaikutukset
  - 7.1 Ravinteiden huuhtoutuminen
  - 7.2 Salaojista purkautuvan veden määrä ja laatu
8. Salaojituksen historia ja salaojituksesta tehdyt muut kartoitukset
  - 8.1 Salaojituksen historia
  - 8.2 Salaojituksen tutkimustoiminta
  - 8.3 Ulkomaisia salaojituskokemuksia
9. Rakennusten salaojitus
10. Avo-ojitus / pintaajat / valtaajat
11. Padotuskastelu / kastelu
12. Lainsäädäntö / hallinto / rahoitus
13. Oppi- ja käsikirjat
14. Yleiset artikkelit

ainehuuhtoumat  
aitosavi  
ammonium  
asenteet  
astiakoe  
aurasalaojitus  
automaattinen putkenlasku  
avo-ojaetäisyys  
avo-ojahuuhtouma  
avo-ojasyvyys  
avo-ajat  
avo-ojaveden laatu  
avo-ojituksen mitat  
avo-ojitus  
avo-ojitusten kunto  
avoin notkokaivo  
Backas  
bakteerit  
betoniputkitutkimus  
eri ojitustekniikat  
erikoisrakenteet  
fosfori  
haihdunta  
hajakuormitus  
hajasalaojitus  
Hallakoeasema  
hallantorjunta  
happamuus  
hiekkä  
hiesu  
hiesusavi  
hieta  
hietasavi  
historia  
historiikki  
hiuesavi  
Hollanti  
holviojitus  
huokoisuus  
huokosjakauma  
huuhtelu  
huuhtoutuminen  
hydrometeorologia  
hyödyt  
häiriöiden esto  
häiriöiden korjaus  
Hämeen koeasema  
Iso-Rauhalinna  
itäminen  
Jokiniemi  
Jokioinen  
juuritukkeutumät  
Kaikonsuo  
kairattu puuputki  
kaivuketjukone  
kaivukustannukset  
kaivupyöräkone  
kalium

kalkitus  
kalsium  
Kanada  
kannattavuus  
kansantalous  
kantavuus  
Karjalan koeasema  
karjanlanta  
kastelu  
kasvien vedentarve  
kasvutiheys  
kattohuopa  
kaura  
kehitys  
kestävyys  
kestävyyskoe  
kevätkuokkaus  
kevätrypsi  
kevätkuohnä  
kevätkuohnän kehitys  
kevätkuuljat  
kevätkuuljojen jalostus  
kiekkojyrsinoja  
Kiiala  
kiintoaine  
kivennäismaa  
kiviojitus  
koetoiminta  
koneiden kehitys  
kookoskuutu  
kosteuden mittaus  
Kotkanoja  
kourulasku  
kuivatus  
kuivatustarve  
kuivatustila  
kuivavara  
kuivuudenkestävyys  
kuljetus  
kustannukset  
kustannusarviot  
kylvöajankohta  
kylvöäärä  
kylvötaapa  
kylvötiheys  
kyntö  
Kyrönjoki  
käsinlasku  
laatikkosalaoja  
laatu  
laatuvaatimukset  
Laidunkoeasema  
laidunmaa  
laser-syvyydensäätö  
lasivilla  
laskentamenetelmät  
Latvia  
lautalaatikko  
lautaputki

Leteensuo  
levikepyörä  
Liesneva  
lietelanta  
lietelantasadetus  
lietetukkeutumet  
liettyminen  
lihava savi  
Lintupaju  
Liperi  
lujuus  
lämpötalous  
Länsi-Hahkiala  
Länsi-Saksa  
maalajit  
maalajitutkimus  
maan happamuus  
maan kosteus  
maan lämpötila  
maan rakenne  
maan vesitalous  
Maaninka  
maanjako  
maanparannusaineet  
maaperätutkimus  
Maasoja  
maatuneisuus  
maavedet  
magnesium  
matala salaojitus  
metsäojitus  
Mietoinen  
mineraalivilla  
mitoitus  
mitoitusvesimäärä  
mittaus  
mittausmenetelmät  
MSU-mittalaite  
Muhos  
multa  
muokkauskerros  
muokkaustyöt  
muoniputki  
muovinauhakone  
muovinauhaojitus  
muoviputki  
mutasuo  
mutasuoturve  
myyräojitus  
natrium  
nimellismitoitus  
nippukokotutkimus  
nitraatti  
Norja  
notkokaivo  
nurmi  
nurmiheinät  
ohra  
ohran kehitys

ojaetaisyys  
ojaetaisyyskoe  
ojaleveys  
ojasyvyys  
ojasyvyyskoe  
ojattomuus  
ojattomuuskoe  
ojituksen kunto  
ojituksen suoritus  
ojitushalukkuus  
ojituskoe  
ojituskysely  
ojitusmateriaalit  
ojitussuunnitelma  
ojitusten toimivuus  
oppi- ja käsikirja  
oppikirja  
padotuskastelu  
paineellinen pohjavesi  
paineenkestävyys  
painuminen  
Pakankylä  
pakkaus  
paripyörä  
pellon koko -  
pellon muoto  
peltojen maalajit  
peltotyöt  
peruna  
perustukset  
pienet valuma-alueet  
pintahuhtouma  
pintaajitus  
pintavesi  
pintavesihaitta  
pintavesihuuhtouma  
pintavesikuivatus  
pohjavedenkorkeus  
pohjavesi  
pohjavesipadotus  
Pohjoismaat  
polttoturvesuo  
polyesterikuitukangas  
porkkana  
purkautuva vesimäärä  
putkenlasku  
putkikoko  
putkiojitus  
putkitushyöty  
puuputki  
pyöreä puuputki  
päistehaitta  
päistekulma  
rahoitus  
rakennusten salaojitus  
rautakromikuona  
ravinteet  
ravinteiden otto  
reikäsalaojat



rikki  
rinneojitus  
risuojitus  
roudan sulaminen  
roudan syvyys  
routa  
routatukkeutumet  
Ruhko-oja  
ruis  
ruoste  
ruosteen torjunta  
ruostetukkeutumet  
Ruotsi  
rypsi  
sadetus  
sadon laatu  
salaojaetäisyys  
salaojahuuhtouma  
salaojakoneet  
salaojalaitteet  
salaojakaivukoneet  
salaojaputket  
salaojasora  
salaojasyvyys  
salaojatutkimus  
salaojaurakoitsijat  
salaojaveden laatu  
salaojaveden happamuus  
salaojavesi  
salaojavirtaama  
salojien huolto  
salojien kaltevuus  
salojien toimivuus  
salaojituksen toteutus  
salaojitus  
salaojitusajankohta  
salaojitusasenteet  
salaojitushyödyt  
salaojituslainat  
salaojitusohjelma  
salaojitusopas  
salaojituspalkkiot  
salaojitustiedustelu  
Salaojitusyhdistys  
sammal  
SARA-2000  
saraturve  
sarkaleveys  
sato  
savi  
savimaa  
sedetus  
seinämän paksuus  
siiviläputki  
sijoituslannoitus  
Sirppujoki  
Siuntionjoki  
sokerijuurikas  
sora

soraojitus  
sorasaarto  
sorasilmäke  
sulfaattimaat  
sulfaattipitoisuus  
sulfaattirikki  
suojussoratutkimus  
suon salaojitus  
suunnittelu  
suuri akselipaino  
syvyydensäätö  
syväkyntö  
syysvehnä  
talvehtiminen  
talvisalaojitus  
tekniikan kehitys  
tekstuuri  
tiedustelu  
tiiliputken historia  
tiiliputken laatu  
tiiliputki  
tiiliputkitutkimus  
tiivistyminen  
tiivistymisen esto  
tiivistymishaitat  
tiivistymän korjaus  
Tikkurila  
Tohmajärvi  
toimintahäiriöt  
toimivuus  
toimivuustiedustelu  
toukotyöt  
traktorikaivuri  
Tsekkoslovakia  
tukkeutumät  
turve  
tutkimustoiminta  
tukkeutumien esto  
typpi  
typpilannoitus  
työnlaatututkimus  
työnmenekki  
työnmenekkitiedustelu  
työnmenekkitutkimus  
upotus  
upotuskoe  
urheilukenttien ojitus  
urpasavi  
USA  
uudisraivaus  
valtaoja-aura  
valtaojat  
valumaveden laatu  
valunta  
valutuskastelu  
vanhat tiiliputket  
veden happamuus  
veden laatu  
veden virtaus

vedenalainen ojitus  
vedenjohtokyky  
vedenkestävyys  
vedenläpäisevyys  
vedennopeus  
vedenottokyky  
vedenpidätyskyky  
vehnä  
vehnän kehitys  
vesistövaikutukset  
vesivaot  
viljelyominaisuudet  
virtausmittaus  
yhteissalaojitus  
ympäristövaikutukset  
ympärysaineet

- 1908, Grotenfelt, G., Niittyjen vesittäminen Suomessa 1700-luvulla, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1908, (1908)2, 164-176.
- 1909, Laurin, K., Kasteluniityt alkuperäisimmässä muodossaan, Suomen Suovilj. yhdist. vuosik. 1909, (1909)3, 241-250.
- 1914, Hallakorpi, I., Nykyaikaisista vesitystavoista, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1913, (1914)2, 234-247.
- 1914, Hällström, E., Vesityskokeista Olkkalassa, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1913, (1914)2, 226-233.
- 1918, Simola, E., Leteensuon koeaseman ojitus- ja padotuskokeen tuottamien satotulosten kannattavuudesta v. 1906-1915, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1917, (1918)2, 103-139.
- 1919, Simola, E., Leteensuon koeaseman ojitus- ja patoukokeen monivuotisen heinänurmen satojen suuruudesta, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1919, (1919)1, 52-109.
- 1921, Kokkonen, P., Laatikkosalaojitukselta, Teknillinen aikakauslehti, (1921), 434-441.
- 1921, Rautakoski, A., Piirteitä Etelä-Pohjanmaan koeaseman toiminnasta, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1920, (1921)2, 78-85.
- 1923, Keso, L., Tutkimuksia laatikkosalaojain vedenjohtokyvystä sekä niiden suuruuden laskeminen suunnittelussa, Teknillinen aikakauslehti, 13(1923), 373-381.
- 1926, Simola, E., Maanlaatujen ja kosteussuhteiden vaikutuksesta eräiden viljelykasvien morfologisiin ominaisuuksiin, satoihin ja veden kulutukseen, Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja, (1926)2, 1-133.
- 1927, Malm, E., Kertomus Suomen Suoviljelysyhdistyksen toiminnasta vuonna 1926, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1926, (1927)1, 10-36.
- 1928, Malm, E., Kertomus Suomen Suoviljelysyhdistyksen toiminnasta vuonna 1927, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1927, (1928), 7-30.
- 1929, Malm, E., Kertomus Suomen Suoviljelysyhdistyksen toiminnasta vuonna 1928, Suomen Suovilj. yhd. vuosik. 1928, (1929), 7-31.
- 1930, Keso, L., Kulttuuriteknisistä maaperätutkimuksia erityisesti ojaetäisyyttä silmälläpitäen, Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja, (1930)32, s.327.
- 1935, Kaitera, P., Viljelykasvien kyvystä kestää vesipeittoa, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, 7(1935), 107-121.

- 1935, Keso, L., Kairaten tehdyt, pyöreät, puiset salaojaputket, vedennopeus niissä sekä tiili- ja lautaputkissa, Teknillinen aikakauslehti. Eripainos, 25(1935)7-8, s.8.
- 1936, Keso, L., Beobachtungen über den Dränabfluss Tonböden und in Gefrorenen Böden, V. Hydrologische Konferenz der Baltischen Staaten, Finnland, Juni 1936. Mitteilung 4B, (1936)
- 1936, Keso, L., Tärkeimmät maalajimme ja niiden fysikaaliset ominaisuudet, Teknillinen aikakauslehti. Eripainos, 26(1936)12, s.11.
- 1936, Simola, E., Peltoviljelykiertokokeiden tuloksista maatalouskoelaitoksen kasvinviljelyosastolla vv. 1914-1926, Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja, (1936)78, s.64.
- 1938, Kaitera, P., Maankuivatustöiden vaikutuksesta vesistöjen purkautumissuhteisiin Suomessa, Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja, (1938), 28-53.
- 1938, Keso, L., Tutkimuksia veden pääsystä salaojaputekeen, Teknillinen aikakauslehti. Eripainos, 28(1938)11, s.7.
- 1939, Kaitera, P., Lumen kevätulamisesta ja sen vaikutuksesta vesiväylien purkautumissuhteisiin Suomessa, Maa- ja Vesiteknillisiä tutkimuksia, (1939)2, s.255.
- 1939, Rauste, E., Salaojituksen kehityksestä, Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja, (1939), 226-263.
- 1940, Kaitera, P., Maataloushallituksen kulttuuritekneillisistä tutkimuksista, Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja, (1940), 69-92.
- 1940, Kaitera, P., Sadonlisäksistä sadetuskokeissa vuosina 1938-1940, Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja, (1940), 101-144.
- 1940, Keso, L., Ojaetäisyyskoe urpasavimaalla, Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja, 42(1940)2, 1-34.
- 1940, Seppänen, E., Peltojen vaatimasta kuivatussyvyydestä, Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja, (1940), 21-37.
- 1941, Juusela, T., Viljelysmaiden routaantumisesta ja salaojituksen vaikutuksesta roudan muodostumiseen ja sulamiseen, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, 13(1941), 81-95.
- 1941, Juusela, T., Viljelysmaiden routaantumisesta ja salaojituksen vaikutuksesta roudan muodostumiseen ja sulamiseen, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, (1941)13, 81-95.
- 1941, Kaitera, P., Huomioita viljelysmaittemme kenttäojituksesta, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, (1941)13, 97-110.



- 1941, Kaitera, P., Vedenkorkeusvaihtelujen vaikutuksesta rantamaiden pelto- ja niittyviljelykseen, Maataloushallituksen vesiteknillisiä tutkimuksia, (1941)3, s.112.
- 1941, Keso, L., Maavesistä, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, (1941)13, 173-190.
- 1941, Saukko, P., Muokkaustöiden vaatimasta kuivatussyvyydestä, Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja, (1941), 96-108.
- 1943, Kaitera, P., On the melting of snow in spring-time and its influence on the discharge maximum in streams and rivers in Finland., Teknillisen korkeakoulun tutkimuksia, (1943)
- 1944- Kaitera, P., Suojapenkereen käyttömahdollisuuksista tulvavahinkoja torjuttaessa, Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja, (1944-1945), 9-21.
- 1944/ Niinivaara, K., Kestävyyskokeita jäädytetyllä ja roudan vaikutuksen alaisina olleilla salaojaputkilla, Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja, (1944/1945), 74-92.
- 1945, Juusela, T., Einige Beobachtungen über das Messen der Bodentemperatur bei Anwendug von Thermoelementen, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, (1945)17, 67-78.
- 1945, Juusela, T., Untersuchungen über den Einfluss des Entwässerungsverfahrens auf den Wassergehalt des Bodens, den Bodenfrost und die Bodentemperatur, Suomen Maataloustieteellisen seuran julkaisu, (1945)59, s.212.
- 1946, Juusela, T., Eräitä näkökohtia salaojituksen merkityksestä, Maatalous ja Koetoiminta, (1946)1, 259-274.
- 1946, Saukko, P., Viljelyskasvien vedenkestämiskyvystä, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, (1946)18, 67-85.
- 1946, Saukko, P., Saimaan rantapelloilla suoritettuja viljelyskasvien vesivahinkotutkimuksia, Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia, (1946)4, s.66.
- 1947, Heinonen, R., Tutkimuksia sulfaattimaista ja niiden vesistä, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1947)
- 1947, Juusela, T., Salaojasyvyyskysymysten selvittelyä, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, 19(1947), 60-68.
- 1947, Juusela, T., Salaojaputkiston mitoituksesta, Teknillinen aikakauslehti, 37(1947)4, s.158.
- 1947, Wäre, M., Maan vesisuhteista ja viljelykasvien sadoista Maasojan vesitaloudellisella koekentällä vuosina 1939-1944, Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia, (1947)5, s.240.

- 1948, Juusela, T., The effect of the draining procedure on the humidity of the soil, the frost and the ground temperature, International Association of Hydrology, Oslo, (1948), 30-32.
- 1948, Juusela, T., Täckdiknings inverkan på jordens vattenhalt, tjälbildning och temperatur, Svensk Jordbrugsforskning, 30(1948), 29-34.
- 1948, Juusela, T., Värme och fuktighetsförhållanden i dränade och öppet dikade åkrar, Nordisk Jorbrugsforskning, 28(1948)4-6, 663-669.
- 1948, Wäre, M., Uputuksen ja lyhytaikaisen pohjavesipadotuksen vaikutus viljelyskasvien satoihin vuosina 1939-1940, Maanviljelysyhdistyksen vuosikirja 1948, (1948), 81-92.
- 1948, Wäre, M., Eri maalajitteita kuljettavista vedennopeuksista, Teknillinen aikakauslehti, 38(1948)12, 415-416.
- 1949, Wäre, M., Eri maalajitteiden vedenläpäisevyydestä, Teknillinen aikakauslehti, 39(1949), 510-511.
- 1950, Airaksinen, J., Salaojankaivukoneiden kaivuominaisuuksista, Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja, (1950), 89-95.
- 1950, Juusela, T., Myyräsalaojituksista ja sen käyttömahdollisuuksista Suomessa, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, 22(1950), 152-163.
- 1950, Saukko, P., Rantamaiden käyttöarvosta, Maanmittausinsinöörien liiton aikakauskirja, (1950), 59-72.
- 1951, Hartikainen, R., Sulfaattimaista ja niiden viljelyominaisuuksista, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1951), s.64.
- 1951, Kaitera, P., Peltojen salaojituksista, Maataloustieteellinen aikakauskirja. Eripainos, 23(1951), s.32.
- 1951, Keso, L., Salaojitusmenetelmistä, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, 23(1951), 164-181.
- 1951, Kujala, E., Turvemaahan tehtävistä reikäsalaojista, Tutkintotehtävä. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto, (1951), s.63.
- 1952, Kaitera, P., Peltojen salaojituksista II, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, 24(1952), 79-84.
- 1952, Korhonen, K., Mutasoiden viljelyssä käytettävistä sarkaleveyksistä ja ojasyvyyksistä, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1952)

- 1952, Kotiaho, A., Suoviljelystemme sarkaleveydestä ja ojasyvyydestä, Maatalous ja Koetoiminta, (1952)6, 7-13.
- 1952, Puustjärvi, V., Juusela, T., On rust precipitate in drainage pipes and on the means of preventing their formation, Acta Agriculturae Scandinavica, (1952)2, 131-152.
- 1953, Hailikari, T., Turvemaan vedenläpäisevyydestä, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto, (1953), s.31.
- 1953, Juusela, T., Salaojituskoetöinnasta Suomessa, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, 25(1953), s.23.
- 1953, Juusela, T., Risujen, riukujen ja kivien käytöstä salaojituksessa, Maa- ja vesirakentaja, (1953)1, 92-124.
- 1953, Juusela, T., Risujen ja riukujen käytöstä salaojituksessa, Maatalous ja Koetoiminta, 7(1953)7, 40-47.
- 1953, Sillanpää, M., Hydraulic conductivity of a poorly drained and silty loam, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1953), s.72.
- 1954, Juusela, T., Pelto-ojitusten kuivatuskyvystä erikoisesti kasvukautena 1952, Maatalous ja koetoiminta. Eripainos, (1954)8, s.16.
- 1955, Peräkylä, O., Kairattujen puuputkien paineenkestävyys ja vedenjohtokyky, Maa- ja vesirakentaja, (1955)2, 98-102.
- 1956, Juusela, T., Wäre, M., Suomen peltojen kuivatustila, Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia, (1956)8, s.89.
- 1956, Kankare, E., Jokioisten ojituskoe- ja tutkimusalueen pohjavesihavainnot vuosilta 1928-1940, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto, (1956), s.124.
- 1956, Sillanpää, M., Maan vedenläpäisykyvystä ja sen mittaamisesta, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1956), s.179.
- 1957, Halonen, R., Juusela, T., Suomen peltojen maalajit, muokauskerroksen syvyys ja maan happamuus, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, 29(1957), 150-166.
- 1957, Juusela, T., Dikningens inverkan på bärkraften hos åkrarnas ytskikt, Nordisk Jordbrugsforskning, 39(1957), 144-149.
- 1957, Perho, H., Kylvöajan ja -tiheyden vaikutuksesta syysvehnän talvehtimiseen ja satoon, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1957)

- 1957, Pessi, Y., On the influence of the time of sowing upon the crop yield of spring cereals, Valtion maatalouskoetöiminnan julkaisuja, (1957)156, s.212.
- 1957, Wäre, M., Om högvattenavrinningen på små nederbördsområden, Nordisk Jordbrugsforskning, (1957)39, 155-161.
- 1958, Juusela, T., Peltojen ojitus, Oma Maa, (1958)3, 36-54.
- 1958, Juusela, T., Salaojaputkiston suojaustavoista ja soran käytöstä suojausaineena, Maa- ja vesirakentaja, (1958)3, 34-55.
- 1958, Laurinen, V., Maan kosteudesta ja lämpötilasta viljelykasvien satoihin vaikuttavina tekijöinä erityisesti Maatal. tutkimuskesk. ojituskoekentällä Tikkurilassa 1951, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen
- 1958, Pälikkö, E., Ojituskoekiden järjestely Maatalouden tutkimuskeskuksen tilalla Tikkurilassa, Maatalous ja Koetöiminta, (1958)12, 37-41.
- 1958, Seppälä, N., Salaojan pohjan epätasaisuuksien vaikutuksesta putkien liettymiseen, Maa- ja vesirakentaja, (1958), 154-159.
- 1958, Seppälä, N., Salaojien ruostetukkeutumien torjumisesta vesilukkoa käyttämällä, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, 31(1958)4, 233-243.
- 1959, Jalas, J., Juusela, T., Unkrautstudien und boden untersuchungen auf den grundwasserwirtschaftlichen versuchsfeldes Maasoja in Vihti, Südfinnland, Suomalaisen Eläin- ja kasvitieteellisen seura Vanamon kasvitieteellisiä
- 1959, Maasilta, A., Roudan syvyydestä peltomailla Suomessa, Lisensiaattityö. Teknillinen korkeakoulu, (1959)
- 1959, Virrankoski, P., Suomen varhaiskantainen salaojitus, Suomen Museo, (1959), 90-119.
- 1962, Heikkilä, A., Sadetuskastelun kannattavuudesta Suomen peltoviljelyssä, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelystälouden laitos, (1962)
- 1962, Larpes, G., Painavien koneiden maata tiivistävän vaikutuksen merkitys kevätmuokkauksessa, Maatalous ja Koetöiminta, (1962)16, 22-29.
- 1962, Pohjanheimo, O., Kastelun vaikutuksesta ohralajikkeiden kasvuun, satoisuuteen ja sadon laatuun poudanaroilla savimailla sekä kastelun hyväksikäytöstä kevätiljojen jal, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto.
- 1962, Raivio, M., Kyrönjoen järjestelyn maataloudelliset hyötyperusteet, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto, (1962), s.64.

- 1964, Haverinen, A., Muovista valmistettujen salaojaputkien lujusteknillisistä ominaisuuksista, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööri-osasto, (1964)
- 1965, Anon., Lasivillan käyttö salaojituksessa, Moniste. A.Ahlström Oy. Karhulan mineraalivillatehdas, (1965)
- 1965, Anon., Selvitys lasivillan käyttömahdollisuuksista salaojaputkien suojustamateriaalina, Lausunto n:o A 345/65. Geoteknillinen laboratorio, (1965), s.6.
- 1965, Mustonen, S., Maataloushallituksen hydrologiset tutkimukset vuosina 1957-64, Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia, (1965)11
- 1965, Mustonen, S., Meteorologisten ja aluetekijöiden vaikutuksesta valuntaan, Maa- ja vesiteknillisiä tutkimuksia, (1965)12
- 1965, Rantanen, T., Kastelun ja typpilannoituksen vaikutus, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1965)
- 1966, Aura, E., Sijoituslannoituksesta ja sadetuksesta, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1966)
- 1966, Perälä, T., Muovista valmistettujen salaojaputkien lujusvaatimuksista, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööri-osasto, (1966), s.31.
- 1967, Petman, P., Kevätviljojen sadetus, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1967)
- 1967, Valmari, A., Hallakoeaseman toimintakertomus 1966, Maatalouden tutkimuskeskus, (1967), 29-33.
- 1968, Enckell, P., Maasilta, A., Salaojien suojausaineista, Vesitalous, 9(1968)6, 29-30,34.
- 1968, Halonen, R., Muotiala, S., Mustonen, S., Pälikkö, E., Maatalouden kuivatustoiminnasta Neuvostoliitossa, Maataloushallituksen insinööri-osaston maa- ja vesiteknillisen tutkimustoimiston tiedotus,
- 1968, Kaltio, M., Salaojitusyhdistys 1918-1968, , (1968), s.99.Helsinki.
- 1968, Kurjanen, M., Sadetuksen vaikutus erilaisen typpilannoituksen saaneilla nurmilla, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1968)
- 1968, Kähäri, J., Sadetuksen ja sijoituslannoituksen vaikutus kevätiljojen kehittymiseen juuristotutkimusten valossa, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1968), s.114.

- 1968, Raininko, K., Typpilannoituksen, sadetuksen ja niittokertojen lukumäärän vaikutus erilaisilla siemenseoksilla perustetuissa nurmissa, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1968)
- 1968, Valmari, A., Hallakoeaseman toimintakertomus 1967, Maatalouden tutkimuskeskus, (1968), 34-41.
- 1969, Perttula, H., Muotiala, S., Pälikkö, E., Vuento, P., Maatalouden kuivatustoiminnasta Neuvostoliitossa II, Maataloushallituksen insinööriosaston maa- ja vesiteknillisen tutkimustoimiston tiedotus,
- 1969, Valmari, A., Hallakoeaseman toimintakertomus 1968., Maatalouden tutkimuskeskus, (1969), 34-41.
- 1971, Heikurainen, L., Pohjavesipinta ja sen mittaaminen ojitetuilla soilla, Acta Forestalia Fennica, (1971)113
- 1971, Helle, J., Sadetuksen tasaisuudesta, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos, (1971)
- 1971, Hooli, J., Säätekijöiden vaikutuksesta satoiin ja vesitalouteen, Helsingin Teknillinen korkeakoulu. Tieteellisiä julkaisuja, (1971)35, s.244.
- 1971, Koskenmäki, V., Sadetuksesta maataloudessamme, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos, (1971)
- 1971, Rathmayer, H., Kiesfilter für tondränrohre bei fundamente nwässerungen, Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Tiedotus. Sarja III. Rakennus 165., (1971), s.45.
- 1971, Valmari, A., Pohjavesipintaa ja maan lämpötilaa koskevia mittauksia padotuskokeesta vuosilta 1961-1970, Hallakoeaseman toimintakertomus, (1971)3, s.64.
- 1971, Wiitalähdet, E., Salaojajohtojen lietetukkeumailmiöstä erityisesti kesällä 1967 ja 1968 Maasojan koekentällä suoritettujen mallikokeiden valossa, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos,
- 1972, Kara, O., Sadetuksesta ja sen kannattavuudesta viljanviljelytiloilla Etelä-Suomessa, Acta Agralia Fennica, (1972)127, 108s.
- 1972, Kivisaari, S., Kivennäismaan huokoisuuden ja vedenpidätyskyvyn riippuvuus tekstuurista, Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1972)
- 1972, Kohonen, T., Pelto-ojituksen vaikutus vesistön veden laatuun, Vesihallitus. Tiedotus, (1972)34A
- 1972, Manninen, H., Maankuivatustoimenpiteiden vaikutus veden laatuun lähinnä Kyrönjoen vesistöalueella, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto, (1972), s.135.



- 1972, Markula, E., Peltokuvion muodon ja koon vaikutus työnmenekkiin, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maatalouden työtekniikan laitos, (1972), s.59.
- 1972, Pöyhönen, P., Sadetuksen ja typpilannoituksen vaikutus kevätvehnän kehitykseen ja satoon, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1972)
- 1972, Pöyhönen, P., Sadetuksen ja typpilannoituksen vaikutus kevätvehnän kehitykseen ja satoon, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1972)
- 1972, Rekola, K., Kylvömäärän ja kylvöajan vaikutus vehnän kehittymiseen, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1972)
- 1972, Seuna, P., Kuivatuksen vaikutuksesta virtaamien suuruuteen, Vesihallitus. Tiedotus, (1972)34A
- 1972, Särkkä, M., The washing out of nutrients in the watersheds, Aqua Fennica, (1972), 88-103.
- 1972, Valmari, A., Pohjavesipintaa ja maan lämpötilaa koskevia mittauksia padotuskokeesta vuosilta 1971-1972, Hallakoeaseman toimintakertomus, (1972)3, s.14.
- 1973, Kantanen, M., Tilusjärjestelyjen kannattavuudesta aluekuivatuksen yhteydessä, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu., (1973), s.273.
- 1973, Koskenkorva, E., Kylvöajan vaikutus ohran kehitykseen ja satoon, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1973)
- 1973, Laturi, R., Maan kosteuden mittaaminen gravimetrisellä menetelmällä, Wilskan kipsianturilla, Bouyoucosin kipsiantureilla ja Wilskan mittarisauvoilla, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian
- 1973, Päivänen, J., Hydraulic conductivity and water retention in peat soils, Acta Forestalia Fennica, (1973)129
- 1973, Valmari, A., Erfarenheter av tjäle, tjälmältning samt infiltration i tjäläd mark., Moniste, (1973), s.13.
- 1973, Valmari, A., Koskenkorva, E., Pohjavesimittauksia vuosilta 1960-1973, Hallakoeaseman toimintakertomus, (1973)2, s.217.
- 1973, Vuorinen, M., Syväkynnön ja maanparannusaineiden vaikutus maan vesitalouteen, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1973)
- 1974, Jalkanen, V., Salaojituksen kannattavuus, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos, (1974), s.42.

- 1974, Laine, P., Avo-ojitetun ja salaojitetun alueen pohjavesisuhteiden ja valunnan vertailua, Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja, (1974), s.37.
- 1974, Mussaari, I., Maatilatalous ja sen vaikutus vesistöjen kuormittajana Lounais-Suomessa, Vesihallituksen tiedotus, (1974)79, s.231.
- 1974, Raipala, P., Sadetusajankohdan vaikutuksesta eräiden viljelyskasvien satoihin vuonna 1972, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1974)
- 1974, Sissonen, J., Maan tiivistyminen viljelytoimenpiteiden seurauksena, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1974)
- 1975, Koskenkorva, E., Valmari, A., Salaojaetäisyyden merkitys suoviljelyksen kuivatuksessa, Hallakoeaseman tiedote, (1975)1, 1-11.
- 1975, Rinne, S., Sadetuksen vaikutus sokerijuurikkaan satoon, laatuun ja ravinteiden ottoon, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1975)
- 1976, Hartikainen, H., Ravinteiden huuhtoutumisesta viljelysmaista, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Limnologian laitos, (1976), s.79.
- 1976, Simojoki, P., Sunio, T., Tuloksia hiesumaan syväkynnöstä, Keski-Suomen koeaseman tiedote, (1976)1
- 1977, Sarin, H., Kyntötavat ja sadetus satoon vaikuttavina tekijöinä, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos, (1977), s.64.
- 1977, Suortti, T., Peltosalaojitukseen liittyvä tutkimustoiminta. Kirjallisuuskatsaus viime vuosien julkaisuihin, Moniste. Salaojakeskus, (1977), s.37.
- 1978, Maunula, M., Kokeellinen tutkimus salaojaputkien vedenottokyvystä, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööri-osasto, (1978), s.80.
- 1978, Menonen, J., Turvesoiden vesitaloudesta ja polttoturvesuon lisäkuivatus salaojituksen avulla Kiuruveden Kaikonsuolla, Konekirjoite. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto, (1978), s.92.
- 1978, Mussaari, I., Pekkarinen, M., Nutrient wash off in the Siuntionjoki river watershed, Nordic hydrological conference and second nordic IHP-meeting Hanasaari 31.7-3.8.1978. Papers of sessions II, (1978), 59-70.
- 1978, Oravainen, H., Havaintoja ojitustavan vaikutuksesta pohjavesitasoon, Turveteollisuus, (1978)4, 21-29.
- 1978, Silfverberg, P., Kokeellinen tutkimus rakennuspaikan salaojitukseen liittyvistä tekijöistä, Moniste. Rakennushallitus, (1978), s.41.

- 1978, Suortti, T., Kokeellinen tutkimus salaojaputkien vedenjohtokyvystä, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööri-osasto, (1978), s.78.
- 1979, Anon., Vesitalouden seminaari 1978-1979. Salaojitus maankäytön teknisenä perusedellytyksenä, Vesitekniikan laitos. Julkaisu, (1979)15, s.276.
- 1979, Anon., Näkökohtia tiili- ja muoviputkisalaojaputkien mitoituksesta, Vesitalous, 27(1979)2, 10-15.
- 1979, Heikkinen, M., Salaojituksen vaikutus maan kosteusoloihin, Teknillinen korkeakoulu. Vesitalouden seminaari, (1979), s.15.
- 1979, Hooli, J., Salaojaputkien vedenotto- ja vedenjohtokyky suoritettujen laboratoriotutkimusten valossa, Vesitalous, 20(1979)1, 3-11.
- 1979, Karlsson, P., Salaojaputken vedenotto- ja vedenjohtokyky TKK:lla suoritettujen tutkimusten valossa, Vesitalouden seminaari, (1979)
- 1979, Kauppi, L., Effect of basin characteristics on the diffuse load of phosphorus and nitrogen., Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja, (1979)30, 21-41.
- 1979, Kauppi, L., Phosphorus and nitrogen input from rural population agriculture and forest fertilization to watercourses., Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja, (1979)34, 35-46.
- 1979, Kivelä, H., Kastelun vaikutus maan lämpötilaan ja maan kosteuden mittaaminen, Pro gru-työ. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1979), s.113.
- 1979, Lindholm, A., Päistehaitta peltotöissä, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos, (1979), s.43
- 1979, Menonen, J., Päivänen, J., Polttoturvesoiden lisäkuivatus salaojituksella, Suo, 30(1979)2, 17-25.
- 1979, Mäenpää, O., Tutkimuksia vedenalaisten salaojien toiminnasta, Vesitalous, 20(19)5, 5-7.
- 1979, Pehkonen, A., Lindholm, A., Päistekulman vaikutuksesta peltoviljelytöiden työnmenekkiin, Tutkimustiedote. Maatalousteknologian laitos, 1979)30, s.53.
- 1979, Pekkarinen, M., Ravinteiden huuhtoutuminen Siuntionjoen vesistöalueella, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööri-osasto, (1979), s.225.
- 1979, Peltola, A., Orava, R., Oksanen, E., Lohkon koon ja muodon vaikutus peltotöiden työnmenekkiin, Työtehoseuran julkaisuja, (1979)214, s.56.

- 1979, Saarela, I., Traktoripyörien toukotöissä aiheuttaman maan tiivistymisen vaikutus kevätiljasatoihin sekä pari- ja levekepyörien merkitys tiivistymisvaurioiden estä, LaudaturtyöHelsingin yliopisto.
- 1979, Sirviö, H., Maan tiivistymisen vaikutus salaojien toimintaan, Teknillinen korkeakoulu. Vesitalouden seminaari, (1979), s.13.
- 19, Tenkanen, A., Viljelmien tilussijoituksesta Suomessa, Maanmittaushallituksen julkaisu, (1979)47, s.185.
- 1980, Kilpinen, J., Putkitushyöty peltoviljelyssä Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto, (1980), s.158.
- 1980, Maasilta, A., Pekkarinen, M., Tuononen, E., Vakkilainen, P., Ainehuuhtoutumista peltja metsävaltaisella valuma-alueella Siuntionjoen vesistöissä, Vesitekniikan laitos. Teknillinen korkeakoulu. Julkaisu,
- 1980, Mattila, P., Päistehaitan arviointiperusteista lunastustoimiksissa, Moniste. Maatilahallitus, (1980), s.51.
- 1980, Muotka, J., Jankon tiivistymisen vaikutus salaojituksen toimintaan, Erikoistyö. Teknillinen korkeakoulu. Vesitalouden laboratorio, (1980), s.6.
- 1980, Peltola, A., Työmenekki sarka- ja salaojitetulla pellolla, Työtehoseuran maataloustiedotus, (1980)11, s.5.
- 1980, Seuna, P., Kauppi, L., Influence of sub-drainage on water quantity and quality in a cultivated area in Finland, IAHS-AIHS Publication, (1980)130, 177-187.
- 1980, Vakkilainen, P., Tutkimus pellon tiivistymisen vaikutuksesta salaojituksen toimintaan, Vesitalous, 21(1980)2, 23-28.
- 1981, Hooli, J., Hepojoki, A., Maunula, M., Tuu S., Salaojaputkien toiminnalliset kokeet, Vesitalous, 22(1981)1, 24-28.
- 1981, Puputti, S., Havainnointitutkimus kaivurisalaojituksen työmenekistä, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian Iltos, (1981), s.101.
- 1981, Seuna, P., Kauppi, L., Influence of sub-drainage on water quantity and quality in a cultivated area in Finland, Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja, (1981)43, 327.
- 1981, Suortti, T., Salaojien kautta purkautuvat vesimäärät, Vesitalous, 22(1981)3, 23-26.
- 1981, Suortti, T., Virtausmittaus salaojista, Vesitalous, 22(1981)5, 13-17.

- 1981, Tiitinen, R., Vesien happamuuteen vaikuttavista tekijöistä alunamaa-alueilla, Vesihallituksen monistesarja, (1981)69, s.56.
- 1981, Tolvanen, M., Torvela, M., Salaojituksen kustnukset ja kannattavuus, Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja, (1981)81, s.105.Helsinki.
- 1981, Tuononen, E., Vähäsöyrinki, E., Vedenkorkeusvaihteluiden vautus rantamaiden viljelyyn, Vesihallituksen tiedotus, (1981)206, 9-72.
- 1982, Jaakkola, A., Leaching losses in Finnish agriculture, SITRA. The Second Naonal Symposium on Biological Nitrogen Fixation Helsinki, 8th-10th of June 1982, (1982)
- 1982, Seuna, P., Pienet valuma-alueet tieteellisen ja sovelletun hydrologian tutkiväliseenä, Väitöskirja. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto, (1982)
- 1982, Suortti-Suominen, T., Kookoskuitukankaan ominaisuudet salaojan ympärysaieena, Vesitalous, 23(1982)6, 14-22.
- 1982, Toivanen, E., Kylvöajan vaikutus nurmiheinien sadontuottoon turvemaalla, Pro gradu-työ. Helsinginliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1982), s.78.
- 1982, Vakkilainen, P., Maa-alueelta tapahtuvan haihdunnan arvioinnista, Acta Universitatis Ouluensis. Series C. Tecnica No20, (1982), s.146.
- 1982, Vakkilainen, P., Suortti-Suominen, T., Pitkälle koneellistetun salaojituksen käyttömahdollisuudet ja kannattavuus. Esitutkimus., Esitutkimus. Salaojituksen tutkimusyhdistys, (1982), s.55.Helsinki.
- 1982, Vakkilainen, P., Suortti-Suominen, T., Aurasalaojituksen käyttömahdollisuuksien tarkastelua, Vesitalous, 23(1982, 24-26.
- 1983, Aura, E., Soil compaction by the tractor in spring and its effect on soil porosity, Maataloustieteellinen Aikakauskirja, (1983)55, 91-107.
- 1983, Melkas M., Rikin hapettuminen ja huuhtoutuminen sulfaattimaissa, Sivulaudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laito (1983), s.47.
- 1983, Nikinmaa, E., Salaojitus, PSM-tiedustelu, (1983)3, s.27.
- 1983, Peltola, A., Salonen, V., Oksanen, E., Salaojityö kaivupyörä- ja kaivuketjukoneella, Työtehoseuran lkaisuja, (1983)250, s.97.
- 1983, Puputti, S., Salaojituksen toimintahäiriöt, Maataloustieteen päivät. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote, (1983)3, 150-155.

- 1983, Repo, E., Tutkimus Sulkavalla tehtyjen salaojitusten olosuhteista, kustannuksista, hyödyistä ja kannattavuuksista, Erikoistyö. Hyvinkään maatalousopisto, (1983), s.42.
- 1983, Salonen, V., Peltola, A. Ohjeita salaojitustyön tehostamiseksi, Työtehoseuran maataloustiedote, 3(1983)298, s.7.
- 1983, Suojaranta, J., Pellon kuvio-ominaisuuksien ja maalajin vaikutuksesta salaojituksen hyötyyn, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maatalousekonomian laitos, (1983), s.85.
- 1983, Ylihalla, M., Happamien sulfaattimaiden ominaisuuksista, analytiikasta, käytöstä ja ympäristövaikutuksista, Vesihallituksen monistesarja, (83)191, s.64.
- 1983, Zilliacus, L., Kun putkiojitus tuli Suomeen, Salaojakeskuksen vuosikirja, artikkeliosa, (1983), 32-37.
- 1984, Berglund, G., Huhtasaari, C., Ingevall, A., Ruostemaittn salaojitus. Paineellisen pohjavesialueen salaojitus, Salaojakeskuksen julkaisuja, (1984)3, s.41.
- 1984, Jaakkola, A., Leaching losses of nitrogen from clay soil under grass and cereal crops in Finland, Plant and soil, 76(1984), 59-66.
- 1984, Kauppi, L., Contribution of agricultural loading to deterioration of surface waters in Finland, Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja, (1984)57, 24-31.
- 1984, Kivisaari S., Variations in yields of spring wheat, barley and oats as a consequence of sowing time during the period 1970-1979 on three soil types, Ann. Agriculturae Fennica, (1984)23157
- 1984, Kivisaari, S., Salaojatutkimuksen järjestäminen Suomessa, Moniste. Maatalouden tutkimuskeskus, (1984), s.46.
- 1984, Kivisaari, S., Larpes, G., Kylvöajankohdan vaikutus kevätvehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa, Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote, (1984)13, s.54.
- 1984, Päiväläinen, S., FeCr-kuona salaojahiekkana, Outokumpu Oy:n raportti 5397-135/84, (1984)
- 1984, Rintanen, S., Maan rakenne salaojitustutkimuksissa, Moniste. Salaojakeskus, (1984), s.23.
- 1984, Rintanen, S., Salaojasoran laatuvaatimuksista, Moniste. Salaojakeskus, (1984), s1.
- 1984, Rintanen, S., Salaojituksen tutkimustoiminnasta ja ojituksesta Suomessa erityisesti maalajit huomioonottaen, Moniste. Salaojakeskus, (1984), s.23.



- 1985, Alakukku, L., Akselipainon vaikutus maan tiivistymiseen, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Maatausteknologian laitos, (1985), s.73.
- 1985, Anon., Revision of drainage principles for reducing water acidity problems in acid sulphate soils. First interim report from the Ruhko-oja polder, Väliraportti. Oulun yliopisto. Rakennusosasto, (1985), s.21.
- 1985, Melanen, M., Jaakkola, A., Melkas, M., Ahtiainen, M., Leaching resulting from land application of sewage sludge and slurryTiivistelmä: Jätevesilietteestä ja lietelannasta aiheutuva huuhtoutuminen,
- 1985, Melkas, M., Pellolle levitetystä karjanlannasta aiheutuva huuhtoutuminen, Vesihallituksen monistesarja, (85)370
- 1985, Palko, J., Räsänen, M., Alasaarela, E., Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja vaikutus veden laatuun Sirppujoen vesistöalueella, esihallitus. Tiedotus, (1985)260, s.95.
- 1985, Pulli, S., Sorasalaojitus ja suorakylvö puna-apilan viljelyssä, Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Biologisen typensidonnann ja vinnetyypen hyväksikäytön projekti. Moniste, (1985)6, 1-13.
- 1985, Puustinen, M., Salaojien toimintahäiriöt, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Maataloustknologian laitos, (1985), s.100.
- 1985, Turtola, E., Typen ja fosforin huuhtoutuminen savimaasta Kotkanojan huuhtoutumiskentällä Jokioisissa vuosina 19-1982, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian laitos, (1985), s.43.
- 1985, Turtola, E., Jaakkola, A., Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta, Maatalouden tutkimuskeskuksen tiedote, (1985)5, s.43.
- 1985, Akerla, H., Hatva, T., Latostenmaa, H., Sipilä, A., Esiselvitys typen kulkeutumisesta pohjavesiin peltoviljelyssä, Vesihallituksen monistesarja, (1985)335
- 1986, Alakukku, L., Maan tiivistymisen vaikutus viljelykasvien sadon laatuun, Sivulaudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1986), s.68.
- 1986, Kivelä, J., Salaojitusmateriaaleista, niiden laatuvaatimuksista ja käyttöominaisuuksista, Erikoistyö. Oivikon maatalousopisto, (1986), s.21.
- 1986, Koivunen, T., Salaojituskustannukset, kustannusten vaihtelu ja vaihteluun vaikuttavat tekijät, Pro graduyö. Helsingin yliopisto. Maanviljelystalouden laitos, (1986), s.83.
- 1986, Lempiäinen, A., Kevättrypsin kuivuudenkestävyys, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1986)
- 1986, Myllys, M., Hkosjakautuman vaikutus maan vedenläpäisevyyteen, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos., (1986), s.76.

- 1986, Puustinen, M. Pehkonen, A., Salaojien toimintahäiriöt, Tutkimustiedote. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos, (1986)48, s.71.
- 1986, Rintanen, S., Hydraisen johtavuuden mittaaminen, vaihtelu ja hyväksikäyttö salaojituksen mitoituksessa, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto, (1986), s.94.
- 1986, Tenhoori, M., Kuivatuksen ja kastelun vaikutus viljaksvien itämiseen, Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto, (1986), s.86.
- 1986, Turtola, E., Jaakkola, A., Viljelykasvin, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaast, Maataloudetutkimuskeskuksen tiedote,
- 1986, Wilska, A., Rypsin kylvöajan, kasvutiheyden ja muokkauksen vaikutus sadonmuodostukseen, Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1986)
- 1987, Kasurinen, O., Kalottialueen salaojitusongelmat, Loppuraportti vuodelta 1987. Moniste. Salaojakeskus, (1987), s.45.
- 1987, Laitinen, H., Salaojituksen hyödyt peltoasvituotannossa, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Maatalousekonomian laitos, (1987), s.98.
- 1987, Puustinen, M., Varis, R., Luoma, T., Salaojien toimintahäiriöiden korjaus savi- ja turvemailloilla, Tutkimustiedote. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos, (1987)51, s.109.
- 1987, Rahkonen,., Kevätviljojen ja kevätöljykasvien kylvöajan vaikutus satoon, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos, (1987), s.59.
- 1987, Sipiläinen, T., Ryynänen, V., Salaojituksen kannattavuuden ja ojitushalukkuuteen vaikuttavat tekijät, Helsingin yliopiston maatalousekonomian laitoksen julkaisuja, (1987)25, s.132.
- 1987, Takala, M. Vuorinen, M., Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla, Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote, (1987)10, s.30.
- 1987, Varis, R., Salaojien toimintahäiriöiden korjaus savi- ja turvemailloilla, Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto. Maatalousteknologian laitos, (1987), s.95.
- 1988, Karvonen, T., A model for predicting the effect of drainage on soil moisture, soil temperature and crop yield, Helsinki University of Technology. Publications of the laboratory of hydrology and water resources

## Tutkimuksia käsittelevät artikkelit

- 1918, Keso, L., Neliömäisten salaojien laskeminen, Teknillinen aikakauslehti, 8(1918), 114-115.
- 1923, Keso, L., Tutkimuksia salaojituksen aiheuttamasta sadonlisäyksestä sokerijuurikasmailla, Maatalous, 18(1923), 529-533.
- 1924, Keso, L., Salaojitustäyhteistä ja salaojittamisvirheistä, Suomen Salaojitusyhdistyksen julkaisu, (1924)4, 5-10.
- 1926, Hallakorpi, I., Salaojituskokeista ja niiden suunnittelusta Pohjoismaissa, Maataloudellisia päivänkysymyksiä, (1926), 142-153.
- 1927, Hallakorpi, I., Myyräsalaojitus, Maatalous, 20(1927), 241-243.
- 1931, Keso, L., Salaojitustiedustelun tulokset, Pellervo, 32(1931)12, 275-279.
- 1936, Juusela, T., Painumisilmiö ja sen huomioonottaminen salaojituksia suunniteltaessa, Pellervo. Eripainos, 37(1936)11, s.2.
- 1936, Keso, L., Salaojitettujen savimaiden ja jäässä olevien maiden kyky läpäistä vettä, Pellervo. Eripainos, 37(1936)10
- 1938, Keso, L., Salaojituksen vaikutus maatalouden ihmistyömenekkiin, Maa. Eripainos, (1938)10, s.4.
- 1942, Vesikivi, A., Mutasuomaan avo-ojitus- ja pohjavedenpadotuskokeiden tuloksia, Maa, (1942)4, 145-148.
- 1945, Juusela, T., Uudisraivattavien soiden ojittamisesta, Maatalous, 38(1945)3, 74-77.
- 1945, Juusela, T., Salaojitus maan kosteussuhteiden tasoittajana, Koetoiminta ja Käytäntö, 2(1945)5, 3-4.
- 1953, Kotiaho, A., Suomaan salaojituksesta ja vertailua salaojituksen ja avo-ojituksen kesken, Koetoiminta ja Käytäntö, 10(1953)2
- 1953, Laine, T., Rinnepeltojen ojitustarpeesta, Pellervo, 54(1953), s.524.
- 1953, Puustjärvi, V., Salaojien ruostesaostumista ja niiden torjuntamenetelmistä, Koetoiminta ja Käytäntö, 9(1953)2, s.2.

- 1954, Juusela, T., Myyräsalaojituksen erinomaisia tuloksia sateisenakin kesänä, Maaseudun tulevaisuus, 38(1954)92, s.1.
- 1954, Laine, T., Pintavesikaivoja, Pellervo, 55(1954), s.361.
- 1955, Juusela, T., Myyräsalaojitus, Maatalous, 48(1955)2, 31-35.
- 1955, Laine, T., Matalia salaojia, Pellervo, 56(1955), 570-571.
- 1955, Wäre, M., Pohjavedenkorkeuden vaikutusta selvittäviä kokeita nurmikasveilla vuosina 1939-1954, Maatalous ja Koetoiminta, (1955)9, 17-22.
- 1956, Halonen, R., Tiiliputkiojituksessa esiintyneistä tukkeumista, Koetoiminta ja Käytäntö, 13(1956)11, 35-36.
- 1956, Wäre, M., Peruna ja pohjavesi, Koetoiminta ja Käytäntö, 13(1956)9, s.31.
- 1957, Juusela, T., Sateen ja lämpötilan vaikutuksesta sadonkorjuutöihin, Koetoiminta ja Käytäntö. Eripainos, 14(1957)11, s.5.
- 1957, Pälikkö, E., Sadevedet pellolla vaativat tehokasta pinta-aojitusta, Koetoiminta ja Käytäntö, 14(1957)9-10, s.32.
- 1958, Laine, T., Kokemuksia erilaisista tiiliputkisalaojista, Pellervo, 59(1958), 756-758.
- 1958, Ryyänen, A., Kevätviljojen kylvöajoista kokeiden valossa, Koetoiminta ja Käytäntö, 15(1958)3, s.9.
- 1958, Wäre, M., Viljelykasvin vaatima kuivatussyvyys tarkistuksen alaisena, Pellervo, 59(1958)23-24, 932-933.
- 1959, Juusela, T., Salaojaimetrin kustannus kolmanneksen uudella muovinauhamenetelmällä, Koneviesti, 7(1959)21, 1-2.
- 1959, Pälikkö, E., Oja-aurajätin kannoilla, Käytännön Maamies, (1959)5, s.206.
- 1960, Juusela, T., Dräneringsförsöksverksamheten, Nordisk Jordbrugsforskning, (1960)2, 199-207.

- 1960, Pälikkö, E., Ojattomuus ja pellon kantavuus, Käytännön Maamies, 9(1960)10, 438-439.
- 1961, Maasilta, A., Pohjaveden korkeus ja kevätiljoiden sadot, Koetoiminta ja Käytäntö, 18(1961)11, s.35.
- 1961, Pälikkö, E., Voidaanko maan vesivaroja säädellä salaojituksen avulla?, Käytännön Maamies, (1961), 288-290.
- 1961, Pälikkö, E., Salaojaetäisyyden vaikutuksesta kuivatustehoon rinnemailla, Koetoiminta ja Käytäntö, 18(1961)10, s.21,24.
- 1961, Pälikkö, E., Miksi salaojat tutkkeutuvat?, Käytännön Maamies, 10(1961)4, 174-175.
- 1961, Wäre, M., Sarkaojien padotun veden vaikutus viljakasvien satoihiin, Koetoiminta ja Käytäntö, 18(1961)11, s.35.
- 1962, Mustonen, S., Kesäsateiden aiheuttamasta valunnasta, Koetoiminta ja Käytäntö, 19(1962)3, s.38.
- 1962, Pälikkö, E., Muovisten salaojaputkien siivilä- ja saumarakojen vedenläpäisykyvystä, Koetoiminta ja Käytäntö, 19(1962)1, s.1,4.
- 1962, Pälikkö, E., Havaintoja pohjaveden korkeusvaihteluista Jokioisten rinneojituskoealueella vuonna 1962, Koetoiminta ja Käytäntö, (1962)11, s.38.
- 1962, Pälikkö, E., Putket kehittyvät, Käytännön Maamies, 11(1962)5, 228-230.
- 1963, Pokkinen, P., Salaojakaivurimme, Työtehoseuran maataloustiedotus, (1963)20, s.4.
- 1963, Pälikkö, E., Salaojavesissä on ravinteita, Pellervo, 64(1963)18, 916-917.
- 1963, Pälikkö, E., Voidaanko salaojituskautta pidentää?, Käytännön Maamies, 12(1963)4, 160-161.
- 1964, Anon., Lasivilla salaojaputkiston suojana, Koneviesti, 12(1964)4, s.5.
- 1964, Pälikkö, E., Muoviputkisalaojituksista saatuja kokemuksia, Maatalous, 57(1964)10, 228-230.

- 1965, Mäenpää, O., Salaojien toiminta ja salaojituksen kannattavuus, Tiili, (1965)2a, 68-69.
- 1965, Pälikkö, E., Koetoiminnan tuloksia talvisalaojituksesta, Tiili, (1965)2a, 46-49.
- 1966, Pälikkö, E., Talvisalaojitustöistä myönteisiä tuloksia, Pellervo, 67(1966)18, 951-953.
- 1967, Holma, M., Tiiliputkien ominaisuudet vuosien 1965-66 laatutasotutkimuksen mukaan, Tiili, (1967)2, 26-30.
- 1967, Holma, M., Tiiliputkien seinämien ohentamismahdollisuudet, Tiili, (1967)2, 42-44.
- 1967, Pälikkö, E., Salaojitetun pellon kyvystä pidättää ravinteita, Tiili, (1967)2, 40-41.
- 1968, Mustonen, S., Ylivalumista pienillä järveltömillä valuma-alueilla, Rakennustekniikka, (1968)5, 244-246.
- 1968, Pälikkö, E., Tiiliputkien peltokäsittelystä erityisesti isoja putkinippuja käyttäen, Koetoiminta ja Käytäntö, 25(1968)3, s.1.
- 1968, Valmari, A., Tarpeenmukainen salaojitus, Pellervo, 69(1968), 507-509.
- 1969, Huikari, O., Varjo, U., Wäre, M., Salaojitustiedustelu taloussuunnitelman pohjana, Tiili, (1969)2, 12-15.
- 1969, Pälikkö, E., Maalajitteiden kulkeutumista salaojaputkissa tutkittiin, Käytännön Maamies, 18(1969)1, 42-43.
- 1969, Pälikkö, E., Tiiliputkien pakkaussuositukseen johtaneista tutkimuksista, Tiili, (1969)2, 5-11.
- 1970, Anon., Mitä kuuluu syväkyntörintamalle?, Käytännön Maamies, 19(1970)9, 36-37.
- 1971, SärkkäM., Kasvinravinteiden huuhtoutuminen maaperästä Suomessa, Kemian Teollisuus, 28(1971)5377
- 1971, Valmari, A., Heikkinen, K., Avoimet notkokaivot toimivat talvella, Pellervo, 72(1971)6, 342-343.



- 1972, Lampinen, R., Myyränkoloja ojiksi, Käytännön Maamies, 21(1972)1
- 1972, Pälikkö, E., Peltokuvion muodon ja koon vaikutus työnmenekkiin, Käytännön Maamies, 21(1972)1, 22-23.
- 1974, Elonen, P., Paripyörillä parempiin satoihin, Käytännön Maamies, 23(1974)4, 24-27.
- 1974, Koskenkorva, E., Pohjaveden korkeuden vuotuinen vaihtelu, Koetoiminta ja Käytäntö. Eripainos, 31(1974)5, s.3.
- 1974, Pälikkö, E., Alustavia tutkimustuloksia karjatalousjäteveden sadetuksen vaikutuksesta salaojaveden laatuun, Ympäristö ja terveys, (1974)3, 218-223.
- 1975, Erviö, R., Rikkipitoiset viljelymaat Kyrönjoen varsilla, Koetoiminta ja Käytäntö, 32(1975)11, s.40.
- 1976, Mattila, I., Saaojituksen työmekit on tutkittu, Saroilta, (1976)1, 16-17.
- 1976, Pälikkö, E., Salaojitus-lannoitus, Tiili, (1976)1, 34-35.
- 1977, Elonen, P., Hyvä kylvöalusta maan rakennetta pilaamatta, Käytännön Maamies, 26(1977)4, 8-13.
- 1977, Valmari, A., Torrlägningsfrågor på myrjordar, Nordisk Jordbrugsforskning, 59(1977), 640-641.
- 1978, Jaakkola, A., Viekö vesi voiman?, Pellervo, 79(1978)17, 10-11,16.
- 1978, Knuth, S., Kasvualusta on myös ajotie, Käytännön Maamies, 27(1978)5, 61-64.
- 1978, Saavalainen, J., Salaojaputken vedenjohtokyky, Käytännön Maamies, 27(1978)7, 40-41.
- 1978, Tahvanainen, S., Salaojituskokemuksia, Pellervo, 79(1978)3, 52-53.
- 1979, Jaakkola, A., Maanviljely ja vesistöjen ravinnekuormitus, Vesiyhdistys r.y. Vesipäivä 19.11.1979, (1979), 76-82.

- 1979, Jaakkola, A., Ravinteiden huuhtoutumistutkimus käynnistynyt, Koetoiminta ja Käytäntö, 36(1979)24.4.1979, 15-16.
- 1979, Järvenkylä, J., Salaojitus salatiedettä?, Vesitalous, 20(1979)2, 5-9.
- 1979, Kauppi, L., Hajakuormitus ja sen vesistövaikutusta koskeva tutkimus, Vesiyhdistys r.y. Vesipäivä 19.11.1979, (1979)
- 1979, Larpes, G., Aikainen kylvö kevätiljasadon varmentajana, Koetoiminta ja Käytäntö, 36(1979)24.4.1979, s.14.
- 1979, Pekkarinen, M., Hajakuormitusta koskeva tutkimus. Siuntionjoki, Vesiyhdistys r.y. Vesipäivä 19.11.1979, (1979), 20-39.
- 1979, Tiilikainen, S., Tutkimus salaojituksen apuna, Pellervo, 80(1979)8, s.47.
- 1979, Virri, K., Ojattomat ja avo-ojitetut pellot sadoiltaan lähes samantarvoisia, Koetoiminta ja Käytäntö, (1979)24.4.1979
- 1980, Anon., Suodatinkankainen salaojaputki, Koneviesti, 28(1980)11, s.13.
- 1980, Rautiainen, O., Salaojien ruostesaostumien huuhtelu, Koneviesti, 28(1980)12, s.7.
- 1980, Saavalainen, J., Salaoja ja suodatin, Käytännön Maamies, 29(1980)11, 28-29.
- 1981, Jaakkola, A., Vesi vie ravinteita, Pellervo, 82(1981)18, 24-27.
- 1981, Knaapi, R., Aurasalaojakone ajokepillä tutkittuna, Koneviesti, 29(1981)4, 4-7.
- 1981, Puputti, S., Kaivurisalaojituksen työmenetelmää kehitetään, Käytännön Maamies, 30(1981)6, 53-54.
- 1981, Saavalainen, J., Salaojitus, kaivaen vai auraten, Käytännön Maamies, 30(1981)9, 46-47.
- 1981, Tolvanen, M., Salaojitus edullista sekä vilja- että maitotilalla, Käytännön Maamies, 28(1981)12, 14-15.

- 1981, Tolvanen, M., Kannattaako salaojitus?, Kylvösiemen, 21(1981)4, 6-7.
- 1982, Puputti, S., Vältä virheet salaojituksessa, Käytännön Maamies, 31(1982)10, 45-46.
- 1982, Puputti, S., Salaojien viat ja niiden korjaaminen, Salaojittaja, (1982)2, 10-11.
- 1982, Suortti-Suominen, T., Kookoskuitukangas salaojaputkien ympärysaineena, Käytännön Maamies, 23(1982)12, 50-51.
- 1982, Tolvanen, M., Pitävätkö Salaojakeskuksen kustannusarviot paikkansa?, Maatalous, 75(1982)3, 50-51.
- 1982, Tolvanen, M., Salaojitus kannattaa myös nurmenviljelyssä, Karjatalous, (1982)4, 43-44.
- 1983, Esala, J., Aurasalaojakoneen jälki tutkittiin, Käytännön Maamies, 32(1983)1, 58-59.
- 1983, Esala, J., Aurasalaojien tekninen laatu tutkittu, Teho, 34(1983)4, 14-15,16.
- 1983, Heino, S., Peltolohkon koon ja muodon vaikutus viljelykustannuksiin, Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa 15-17.2.1983. Moniste. Salaojakeskus, (1983), s.6.
- 1983, Jaakkola, A., Salaojitus vähentää fosforin ja kaliumin huuhtoutumista, Salaojittaja, (1983)1, s.15.
- 1983, Kivisaari, S., Kenttäkoesarja Tikkurilassa 1970-1979. Sadon riippuvuus kylvöajasta, Koetoiminta ja Käytäntö, 40(1983), 15-16.
- 1983, Kivisaari, S., Maan rakenne, Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa 15-17.2.1983. Moniste. Salaojakeskus, (1983), s.8.
- 1983, Muotiala, S., Ojitus toiminnan kehitys, Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa 15-17.2.1983. Moniste. Salaojakeskus, (1983), s.7.
- 1983, Mäenpää, O., Vedenalainen salaojitus, Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa 15-17.2.1983. Moniste. Salaojakeskus, (1983), s.3.
- 1983, Pajula, H., Valtaojien mitoitus, Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa 15-17.2.1983. Moniste. Salaojakeskus, (1983), s.5.

- 1983, Pehkonen, A., Nykyaikaisen viljelytekniikan vaikutus maan rakenteeseen ja kuivatustarpeeseen, Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa 15-17.2.1983. Moniste. Salaojakeskus, (1983), s.14.
- 1983, Pehkonen, A., Ojituksen toimintahäiröt, Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa 15-17.2.1983. Moniste. Salaojakeskus, (1983), s.9.
- 1983, Peltola, A., Salaojituksen työnmenekki, Teho, 34(1983)4, 4-7.
- 1983, Peltomaa, R., Ruoste, Kuivatusseminaari, Eerikkilän urheiluopisto 15.2 1983, (1983), s.6.
- 1983, Perälä, T., Ongelmaojitukset, Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa 15-17.2.1983. Moniste. Salaojakeskus, (1983), s.1.
- 1983, Puputti, S., Miksi salaoja ei toimi?, Teho, 34(1983)4, 10-12.
- 1983, Suortti-Suominen, T., Salaojaputken ympärysaineista, Teho, 34(1983)4, 8-9.
- 1983, Tolvanen, M., Salaojituksen kustannukset ja hyöty, Maataloustieteen päivät. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote, (1983)3, 164-169.
- 1984, Hove, P., Orgaaniset ympärysaineet, Salaojitusseminaari Espoon Hanasaassa 18.11.1983. Salaojakeskuksen julkaisuja, (1984)2, 32-38.
- 1984, Kivisaari, S., Maan rakenteen vaikutus salaojien toimivuuteen, Salaojitusseminaari Espoon Hanasaassa 18.11.1983. Salaojakeskuksen julkaisuja, (1984)2, 41-47.
- 1984, Muotiala, S., Peruskuivatus ja salaojitus, Salaojitusseminaari Espoon Hanasaassa 18.11.1983. Salaojakeskuksen julkaisuja, (1984)2, 20-25.
- 1984, Nikinmaa, E., Nuoret salaojittavat eniten, Pellervo, 85(1984)4, s.37.
- 1984, Nikinmaa, E., Salaojitettavaa noin miljoona hehtaaria, Käytännön Maamies, 23(1984)7, 42-43.
- 1984, Pehkonen, A., Salaojien toimimattomuuden syyt, Salaojitusseminaari Espoon Hanasaassa 18.11.1983. Salaojakeskuksen julkaisuja, (1984)2, 58-67.
- 1984, Pehkonen, A., Monia syitä salaojien toimintahäiriöihin, Käytännön Maamies, 33(1984)5, 60, 61-63.

- 1984, Peltomaa, R., Salaojien huuhtelu, Salaojituseminaari Espoon Hanasaarella 18.11.1983. Salaojakeskuksen julkaisuja, (1984)2, 41-47.
- 1984, Päivänen, J., Maatuneisuuden vaikutus turpeen vedenpidätyskykyyn, Salaojitusseminaari Espoon Hanasaarella 18.11.1983. Salaojakeskuksen julkaisuja, (1984)2, 48-57.
- 1984, Torvela, M., Salaojatutkimuksen tarpeellisuudesta ja tavoitteista, Salaojitusseminaari Espoon Hanasaarella 18.11.1983. Salaojakeskuksen julkaisuja, (1984)2, 11-18.
- 1985, Anon., Sorasilmäkkeellä vettä salaojaan, ruuvikairasta nopea apu, Koneviesti, 33(1985)2, s.25.
- 1985, Erviö, R., Sulfaattimaiden ravinnepoikkeavuudet, Koetoiminta ja Käytäntö, 42(1985), s.53.
- 1985, Puustinen, M., Ruuvikairalla silmäkkeitä nopeasti. Sorasilmäkkeistä apu tiivistyneille maille, Salaojittaja, (1985)1, s.13.
- 1985, Saavalainen, J., Salaojien ympärysaineilla kolme tärkeää tehtävää, Käytännön Maamies, 34(1985)8, 48-50.
- 1986, Puustinen, M., Luoma, T., Salaojien toimintahäiriöiden korjaus, Teho, 37(1986)4, 11-13.
- 1987, Alakukku, L., Tiivistymishaittojen mekaaninen korjaaminen, Isäntäakatemia 87. Muokkaus ja maan tiivistyminen. Maatalousylioppilaiden yhdistys Sampsa r.y, (1987), 88-93.
- 1987, Aura, E., Veden pääsy salaojiin jäykissä savimaissa, Käytännön Maamies, 36(1987)11, 32-34.
- 1987, Elonen, P., Tiivistyminen viljanviljelyssä, Isäntäakatemia 87. Muokkaus ja maan tiivistyminen. Maatalousylioppilaiden yhdistys Sampsa r.y, (1987), 51-59.
- 1987, Erjala, M., Tiivistyminen sokerijuurikkaanviljelyssä, Isäntäakatemia 87. Muokkaus ja maan tiivistyminen. Maatalousylioppilaiden yhdistys Sampsa r.y, (1987), 60-71.
- 1987, Heinonen, R., Tiivistymisen korjautuminen luonnollisten prosessien avulla, Isäntäakatemia 87. Muokkaus ja maan tiivistyminen, (1987), 94-105.
- 1987, Kempainen, E., Tiivistyminen lietelannan levityksessä, Isäntäakatemia 87. Maan muokkaus ja tiivistyminen. Maatalousylioppilaiden yhdistys Sampsa r.y, (1987), 82-87.
- 1987, Sipiläinen, T., Salaojituksen tilakohtainen kannattavuus, Käytännön Maamies, 36(1987)8, 18-19.

- 1920, Keso, L., Salaojitustöiden järjestely, Suomen Salaojitusyhdistyksen julkaisu, (1920)7, s.9.
- 1920/ Keso, L., Salaojituksen vaikutus maamme taloudelliseen toimintaan ja salaojitustoiminnan järjestely, Maatalousviikko, (1920/1921), 181-185.
- 1924, Keso, L., Ojattomuus, avo-ojitus, salaojitus, Teknillinen Aikakauslehti. Eripainos, 14(1924)4, s.16.
- 1925, Keso, L., Imuojaetäisyydestä salaojituksessa, Teknillinen Aikakauslehti. Eripainos, 15(1925)5-6, s.8.
- 1928, Keso, L., Kuivatus maataloudessamme, Suomen Salaojitusyhdistyksen julkaisuja, (1928)9, s.12.
- 1928, Keso, L., Selvittelyä salaojituksesta, Suomen Salaojitusyhdistyksen julkaisuja, (1928)11, s.20.
- 1930, Keso, L., Salaojitus on suoritettava kunnollisesti tai ei ensinkään, Pellervo, 31, 22.5.1930, 404-405.
- 1930, Keso, L., Salaojitus ja maanjako, Maanmittaus. Eripainos, (1930), s.11.
- 1932, Keso, L., Laidunviljelysten kuivaus, Suomen Laiduntalous, (1932)4, 1-15.
- 1936, Gylling, R., Lisiä maankuivatustöiden vaikutuksesta vesien virtaussuhteisiin, Teknillinen aikakauslehti, (1936)11, 389-390.
- 1936, Hallakorpi, I., Suurenevatko vesistöjen vedenpaljoudet joenperkaus- ja maankuivatustöiden johdosta?, Teknillinen aikakauslehti, 26(1936)9, 306-308.
- 1936, Jääskeläinen, O., Laitumen ojittaminen on tärkeä tehtävä, Pellervo. Eripainos, 37(1936)10, s.1.
- 1936, Keso, L., Uudisraivausten salaojitus, Pellervo, 37(1936)10, s.2.
- 1936, Nuuttila, L., Salaojituskustannuksista, Pellervo, 37(1936)10, 232-233.
- 1936, Renqvist, H., Joenperkaus- ja maankuivatustöiden vaikutuksesta vesimäärään, Teknillinen aikakauslehti, 26(1936)11, s.395.
- 1937, Juusela, T., Salaojitusten kunnossapito, Pellervo, 38(1937)5, 116-118.
- 1937, Kaitera, P., Perkaus- ja viljelystoimenpiteiden vaikutuksesta vesistöjen purkautumissuhteisiin, Teknillinen aikakauslehti, 27(1937)1, 31-33.
- 1938, Juusela, T., Salaojajohtoineiden valinnassa huomioitavista seikoista, Pellervo, 39(1938)1, 1-3.
- 1938, Juusela, T., Salaojittamaan, Pellervo, 39(1938)1, 778-779.



- 1938, Juusela, T., Suomaiden salaojittamisesta, Maatalous, 31(1938)12, 322-325.
- 1938, Juusela, T., Urpasavimaiden kuivatuksesta, Maatalous, 31(1938)9, 232-235.
- 1939, Keso, L., Salaojituksen kannattavuudesta, Kertomus Suomen Sahanomistajain Maanviljelysyhdistyksen virailijoiden toiminnasta vuonna
- 1940, Keso, L., Haihtumista ehkäisevät keinot ja kastelu, Maatalous, (1940)8-7
- 1940, Keso, L., Salaojitus lisää peltoalaa ja sadon määrää, Maan Suola. Eripainos, (1940)11-12, s.4.
- 1940, Keso, L., Salaojitus uudisraivauksessa ja pika-asutuksessa, Pellervo. Eripainos, 41(1940)21, s.2.
- 1942, Keso, L., Kastelusta, Pellervo. Eripainos, 43(1942)8, s.8.
- 1942, Keso, L., Laidunmaitten padotus- ja valutuskastelu, Suomen Laiduntalous. Eripainos, (1942)XIV, s.15.
- 1942, Keso, L., Viljelysmaiden kastelu, Maatalousviikko, (1942)1, 5-7.
- 1944, Keso, L., Salaojituksen erikoisuuksista Suomessa, Maatalous. Eripainos, 37(1944)4, s.8.
- 1944, Keso, L., Salaojituksen hoito nykyoloissa tärkeää, Maaseudun tulevaisuus, 28(1944)98
- 1945, Juusela, T., Salaojitus ja asutustoiminta, Tehostaja, (1945)8, 249-250.
- 1945, Keso, L., Mitkä maat ovat kannattavimpia salaojittaa, Maa. Eripainos, (1945)1, s.4.
- 1945, Keso, L., Salaojien koneellisesta kaivamisesta, Maatalous, 38(1945)5
- 1945, Keso, L., Salaojitus kansantaloudellisena tekijänä, Maa. Eripainos, (1945)4, s.5.
- 1945, Keso, L., Salaojitus toiminnasta nykyhetkellä, , (1945)
- 1946, Salonen, M., Juusela, T., Uudisviljely suomilla, Maatalousseurojen keskusliiton julkaisuja, (1946)360, 9-15.
- 1947, Juusela, T., Salaojan kaivukoneiden käyttömahdollisuuksista Suomessa, Maatalous, 40(1947)6
- 1947, Keso, L., Rakennusperustusten kuivatus, Rakennustaito, (1947)12

- 1948, Juusela, T., Pelto-ojituksen koneellisesta suorituksesta, Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja, (1948), 108-120.
- 1948, Juusela, T., Urheilukenttien kuivatuksesta ja rakentamisesta, Urheilu, (1948)41
- 1949, Hintikka, V., Jos aiot ryhtyä salaojittamaan, Maamies, (1949)16
- 1949, Juusela, T., Asutuskeskusten salaojitustöistä, Suomen kunnallislehti, (1949)5, s.78,79,96
- 1949, Juusela, T., Hallasta ja sen torjunnasta, Asutustoiminnan Aikauskirja, (1949)4, 4-6.
- 1949, Juusela, T., Salaojituskin koneellistettava, kotimainen salaojankaivuri keksitty, Käytännön Maatalous, (1949), 3-4.
- 1949, Juusela, T., Salaojitustoiminnasta, Asutustoiminnan Aikauskirja, (1949)3, 4-7.
- 1949, Keso, L., Salaojitus maanviljelyksen kannattavuuden parantajana, Maamies. Eripainos, (1949)16, s.11.
- 1949, Tulkki, V., Salaojayhdistyksen käyttämät veloitusperusteet, Maamies. Eripainos, (1949)16, s.3.
- 1950, Juusela, T., Salaojien konekaivusta, Koetoiminta ja Käytäntö, (1950)7-8, s.1,5.
- 1950, Keso, L., Salaojituslainat ja palkkiot, Maaseudun tulevaisuus. Eripainos, 34(1950)28, s.1.
- 1951, Keso L., Salaojaputkien laatuvaatimukset tunnettava, Maaseudun tulevaisuus, 35(1951)71
- 1952, Kaitera, P., Salaojituskysymyksiä; tutkimuksen ja kokemuksen antamia viitteitä salaojitustoiminnasta Ruotsissa, Käytännön Maamies, (1952)1,
- 1952, Keso, L., Mitä salaojitus tulee maksamaan?, Maaseudun tulevaisuus. Eripainos, 36(1952), s.2.
- 1953, Juusela, T., Salaojituskoetoimintaa meillä ja muualla, Maaseudun tulevaisuus, 37, 25.1.1953
- 1953, Juusela, T., Irti kaavamaisuudesta viljelysten ojituksessa, Maaseudun tulevaisuus, 37(1953)139, s.5.
- 1953, Juusela, T., Salaojien kaivutöiden koneellistaminen, Maatalouskoneiden käsikirja, (1953), 224-234.
- 1953, Juusela, T., Salaojituskoetoiminnan tehtävistä, Koetoiminta ja Käytäntö. Eripainos, (1953)9-10, s.4.
- 1953, Keso, L., Maatalouden voimaperäistämisen perusedellytyksenä on salaojitus, Talouselämä. Eripainos, (1953)27-28, s.1.

- 1954, Juusela, T., Metsästä apu peltoja salaojitettaessa, Metsälehti, (1954)5
- 1954, Juusela, T., Onko ojitusten kuivatusteho riittämätön?, Maaseudun tulevaisuus, 38(1954)127, s.7.
- 1954, Juusela, T., Satavuotisia ja nykyisiä käsityksiä ojitusasioista, Pellervo, 55(1954)11, 254-255.
- 1955, Juusela, T., Heikko ojitus kostautuu erityisesti tulvakeväänä, Maaseudun tulevaisuus, 39, 12.5.1955
- 1955, Juusela, T., Syvän ja matalan salaojituksen ongelma USA:ssa, Maaseudun tulevaisuus, 39, 14.7.1955
- 1955, Juusela, T., Valtaojat perkauksen tarpeessa, Maaseudun tulevaisuus, 17.9.1955
- 1955, Juusela, T., Miten valtio tukee salaojityöiden rahoitusta Ruotsissa ja Suomessa, Maaseudun tulevaisuus, (1955)25, s.5.
- 1955, Juusela, T., Ojituskoetoiminnan tehtävät, Maatalous, 48(1955)10, 219-221.
- 1955, Juusela, T., Peltojen ojituksesta ja ojituskoetoiminnasta Kanadassa, Maatalous, 48(1955)12, 274-279.
- 1955, Juusela, T., Salaojia kaivamaan tarvitaan koneita, pieniä vaiko suuria?, Käytännön Maamies, 4(1955)10, 16-17.
- 1955, Juusela, T., Viljelysmaiden salaojitus USA:ssa Suomeen verrattavilla alueilla, Koetoiminta ja Käytäntö. Eripainos, (1955)7-8, s.4.
- 1956, Juusela, T., Hallakoeaseman perustaminen asutustoiminnankin kannalta välttämätöntä, Maaseudun tulevaisuus, 40, 11.12.1956
- 1956, Juusela, T., Salaojituksen yleistämiseksi tarvitaan nopeasti työmaalta toiselle siirrettäviä kaivukoneita, Maaseudun tulevaisuus, 40, 15.5.1956
- 1956, Juusela, T., Ojituksen järjestely lisää työtehoa, Teho, 7(1956)4-5, 206-210.
- 1956, Pälikkö, E., Eräitä kokemuksia myyräojituksesta, Käytännön Maamies, 5(1956)4, 10-11.
- 1956, Pälikkö, E., Leikkupuimurin käytöstä ojituskoetoiminnassa, Koetoiminta ja Käytäntö, 13(1956)10, s.29,32.
- 1956, Pälikkö, E., Soveltuuko myyräojitus Suomen olosuhteisiin?, Maaseudun tulevaisuus, 40(1956)4, s.5.
- 1957, Juusela, T., Huomiota ojitukseen keväälläkin, Käytännön Maamies, 6(1957)4-5
- 1957, Juusela, T., Uusia ojituskoneita työnäytöksessä, Koetoiminta ja Käytäntö, 14(1957)12, s.39.

- 1957, Pälikkö, E., Risusavotasta risuriukuojitukseen, Käytännön Maamies, (1957)3, 24-25.
- 1959, Hintikka, V., Salaojitusyhdistys 40-vuotias, Maa- ja Vesirakentaja, (1959)4, 34-37.
- 1959, Juusela, T., Norjalainen holvisalaoja-aura ratkaisu turvemaiden salaojituksessa, Koneviesti, 7(1959)23, s.5.
- 1959, Juusela, T., Salaojitustöiden suoritustavoista Ruotsissa, Maatalous, 52(1959)11, 251-258.
- 1959, Pälikkö, E., Valtaoja-auran käyttökokeista, Teho, (1959)5, 252-258.
- 1960, Juusela, T., Kaivukehällä varustettu traktorikäyttöinen salaojankaivukone, Koneviesti, 8(1960)10, s.8.
- 1960, Juusela, T., Muovinauhosalaojituksesta edelleen, Koneviesti, 8(1960)10, s.7.
- 1960, Juusela, T., Norjalainen salaojankaivulaite "ojaruuvi", Koneviesti, 8(1960)17, 10-11.
- 1960, Juusela, T., Näin syntyy valtaojaa, Koneviesti, (1960)5, 24-25.
- 1960, Juusela, T., Onko ojitustapamme onnistunut?, Karjatalous, (1960)2, 38-41.
- 1960, Juusela, T., Tiiliputkisalaojitusko aikansa elänyt?, Koneviesti, 8(1960)23, 20-21.
- 1961, Pälikkö, E., Avonaisista paikallisojista, Käytännön Maamies, (1961)5, 228-230.
- 1961, Pälikkö, E., Vesivaurioiden torjunnasta pelloilla, Pellervo, 62(1961)16, 768-769.
- 1962, Anon., Jyrsimällä muovia maahan, Koneviesti, 10(1962)14, s.2.
- 1962, Anon., Myyräoja voidaan "vuorata" muovikalvolla, Koneviesti, 20(1962)22, 12-13.
- 1962, Pälikkö, E., Muoviset salaojaputket, Pellervo, 63(1962)17, 848-849.
- 1962, Pälikkö, E., Salaojitustoiminnan tavoitteista ja tuloksista, Koneviesti, 10(1962)4, 10-11.
- 1963, Anon., Uusi muovinauhakone esiteltiin asiantuntijoille, Koneviesti, 11(1963)17, s.2.
- 1963, Maasilta, A., Salaojitus tutkimuksen kohteena, Pellervo, 64(1963)4-5, 187-188.

- 1981, Lundgren, J., Halvempaa salaojitusta järkipäisellä urakoinnilla Ruotsissa, Käytännön Maamies, 30(1981)2, 41-42.
- 1981, Peltomaa, R., Salaojien ruoste, mitä se on ja mitä se aiheuttaa?, Käytännön Maamies, 30(1981)5, 54-55.
- 1981, Saavalainen, J., Suortti, T., Salaojaputken ympärysaineella on monta tehtävää, Käytännön Maamies, 30(1981)10, 59-60.
- 1982, J.M, Salaojituskustannuksia alennettava, uusi tekniikkako avuksi?, Käytännön Maamies, 31(1982)8, 45-47.
- 1982, Mäenpää, O., Soran merkitys salaojituksessa, Salaojittaja, (1982)2, s.8.
- 1982, P.J, Salaojituskustannukset saatava kuriin, Koneviesti, 30(1982)13, s.33.
- 1982, Peltola, A., Tietoa syksyn salaojitusmailta, Käytännön Maamies, 31(1982)8, 42-44.
- 1982, Peltomaa, R., Salaojien ruoste, huuhtelustako ongelman ratkaisu, Käytännön Maamies, 31(1982)11, 34-35.
- 1982, Peltomaa, R., Tertsunen, V., Huuhtelu estää salaojien ruostetukkeutumia, Koneviesti, 30(1982)18, 16-17.
- 1982, PeltomaaR., Kokemuksia salaojien ruosteesta, Salaojittaja, (1982)2, 5-6.
- 1982, Puputti, S., Salaojien viat ja niiden korjaaminen, Salaojittaja, (1982)2, 10-11.
- 1982, Puputti, S., Salaojituksen salat julki, Käytännön Maamies, 31(1982)2, 50-51.
- 1982, Puputti, S., Salaojituskoneet ja niiden varusteet, Salaojittaja, (1982)1, s.6.
- 1982, Pälikkö, E., Miten olisi myyräojitus?, Pellervo, 83(1982)11, 30-31.
- 1982, S.R, Peltojen kuivatus rationaalisen viljelyn perusta, Käytännön Maamies, 31(1982)1, 58-59.
- 1982, Saavalainen, J., Salaojittaja naapurissa, Käytännön Maamies, 31(1982)5, 88-89.
- 1982, Suortti-Suominen, T., Mäenpää, O., Ruosteen torjunta meillä ja ulkomailta, Salaojittaja, (1982)1, s.15.
- 1982, Tolvanen, M., Salaojituskustannuksiin vaikuttavista tekijöistä, Salaojittaja, (1982)1, s.3.
- 1983, Kivisaari, S., Viljelymaan tiivistymisen haitat, Koetoiminta ja Käytäntö, 40, 19.4.1983, s.27.

- 1983, A.M, Sorasalojituksesta apu?, Käytännön Maamies, (1983)7
- 1983, Anon., Kanada panostaa salaojitukseen, Käytännön Maamies, 32(1983)5, s.55.
- 1983, Aurosmä, M., Urakoitsijan ongelmana talvikauden työttömyys, Salaojittaja, (1983)1, s.11.
- 1983, Garam S., 125 vuotta tiiliputkiojituksista, Salaojittaja, (1983)1, s.4.
- 1983, Hannula, T., Kurakelillä epäonnistuu, Pellervo, 84(1983)16, 20-21.
- 1983, Juusela, T., Urpasavimaiden salaojituksista, Maatalous, 31(1983)9
- 1983, Kivisaari, S., Maa vaatii ilmaa, Pellervo, 84(1983)15, 8-9.
- 1983, Kivisaari, S., Maan haitallinen tiivistyminen huonon hoidon seuraustako?, Käytännön Maamies, 32(1983)1, 24-26.
- 1983, Kivisaari, S., Pintamaa pohjamaa, toimiva kokonaisuus, Käytännön maamies, 32(1983)8, 11-13.
- 1983, Kivisaari, S., Veden vaivaama maa tiivistyy pahiten, Salaojittaja, (1983)1, s.7.
- 1983, Peltola, A., Apumiesten ammattitaito takaa salaojakoneen tehokkaan käytön, Salaojittaja, (1983)1, s.8.
- 1983, Perälä, T., NykYTEKNIKALLA voidaan vaikeatkin lohkot salaojittaa, Salaojittaja, (1983)1, s.10.
- 1983, Pulkkinen, O., Vesi vaivaa, maa tiivistyy, Pellervo, 84(1983)3, 16-19.
- 1983, Pälikkö, E., Vetisyyshaitat kansainvälisiä, Pellervo, 84(1983)16, 19-20.
- 1983, Saavalainen, J., Rostproblem i samband med täckdikning, Landsbygdens Folk, 37(1983)16, 6-7.
- 1983, Saavalainen, J., Ympärysaaneen vaikutus salaojien toimintaan, Tiili, tiilisalojitus 125 vuotta, (1983), s.42.
- 1983, Seppä, A., Otetaanko lisämaata vai salaojitetaanko?, Käytännön Maamies, 22(1983)9, s.66.
- 1983, Torvela, M., Mitä salaojitus maksaa?, Käytännön Maamies, 32(1983)3, s.81,83.
- 1984, Mansikkaniemi, H., Maa-ainesten huuhtoutuminen veteen lisääntynyt Lounais-Suomen pelloilla, Maaseudun tulevaisuus, 68, 29.11.1984, s.4.



- 1984, Alaraatikka, M., Lapissa salaojitetaan hitaasti mutta varmasti, Pellervo, 85(1984)14, 28-29.
- 1984, Hooli, J., Manninen, H., Ojituskoekenttä Liminkaan, Käytännön Maamies, 33(1984)4
- 1984, Peltomaa, R., Salaojien huuhtelu auttaa, mutta ei tee ihmeitä, Käytännön Maamies, 33(1984)4, 72-73.
- 1984, Peltomaa, R., Salaojien tukkeutumista ja niiden poistamisesta, Salaojittaja, (1984)1, s.10.
- 1984, Rintanen, S., Saavalainen, J., Padotuskastelu ja salaojitus, Käytännön Maamies, 33(1984)8, s.48,51.
- 1985, Elonen, P., Maan kasvukunnon ylläpito nurmettomassa viljelyssä, Salaojittaja, (1985)1, s.12.
- 1985, Rusila, S., Jotta ojitus osuisi putkeen, Pellervo, 86(1985)9
- 1985, Seppänen, M., Turpeet pois ja putket piiloon, Pellervo, 86(1985)7
- 1986, Liski, J., Salaojituksen verotus, Salaojittaja, (1986)1, s.8.
- 1986, Mäenpää, O., Salaojien huolto, Salaojittaja, (1986)1, s.14.
- 1986, Peltomaa, R., Yhteistoiminnalla säästyy, Salaojittaja, (1986)1, s.15.
- 1986, Perälä, M., Salaojituksen hyödyt nurmiviljelyssä, Salaojittaja, (1986)1, s.16.
- 1986, Saavalainen, J., Avo-ojat, suomalainen ilmiö, Salaojittaja, (1986)1, s.2.
- 1986, Sipiläinen, T., Avo-ojat kannattamattomia, Salaojittaja, (1986)1, s.3.
- 1986, T.K., Tilaa salaojitus laatutakuulla, Salaojittaja, (1986)1, s.10.
- 1986, Westermarck, H., Ojituspäätökseen vaikuttavat tekijät, Salaojittaja, (1986)1, s.4.
- 1987, Heinonen, P., Pellolta murto-osa kesän fosforipäästöistä, Maaseudun tulevaisuus, 71(1987)54, s.1,8.
- 1987, Myllys, M., Turvemaiden salaojitusongelmat, Käytännön Maamies, 36(1987)12, 28-29.
- 1987, O.K., Salaojitus vähentää huuhtoutumishaittoja, Käytännön Maamies, 36(1987)8, 22-23.
- 1987, Peltomaa, R., Paikalliskuivatuksen hienosäätöä, Käytännön Maamies, 36(1987)8, 20-21.

- 1963, Pälikkö, E., Viljelysmaiden ojitusmahdollisuudet talvella, Käytännön Maamies, 12(1963)11, 502-503.
- 1963, Seppälä, N., Salaojittaminen raskailla kaivupyöräkoneilla, Pellervo, 64(1963)4, 189-191.
- 1964, Anon., Kaikkiällä pyritään käyttämään täyskoneellisia salaojitustapoja, Koneviesti, 22(1964)18, 6-7.
- 1964, Häkansson, A., Muovisalaojitukselta saatuja kokemuksia, Maatalous, 57(1964), 228-230.
- 1964, Juusela, T., Salaojien täyttöönkin erikoiskoneita, Koneviesti, 12(1964)4, 4-5.
- 1964, Knaapi, R., Kokemuksia salaojitusautomaatin käyttöominaisuuksista, Koneviesti, 12(1964)17, s.6,32.
- 1964, Oksanen, E., Salaojaputkien käsittely Hollannissa, Koneviesti, 12(1964)16, s.5.
- 1965, Heikkilä, J., Salaojituksen kustannukset ja edut, Tiili, (1965)2a, 62-65.
- 1965, Holma, M., Tiiliputkista ja niiden laatuvaatimuksista, Tiili, (1965)2a, 35-39.
- 1965, Maasilta, A., Salaojituksen tutkimustoiminnasta, Tiili, (1965)2a, 24-25.
- 1965, Pälikkö, E., Menetelmä pintavesien johtamiseksi salaojiin, Käytännön Maamies, 14(1965)5, 446-447.
- 1965, Pälikkö, E., Saadaanko salaojituslaki, Käytännön Maamies, 14(1965)5, 238-239.
- 1965, S.S, Muovi ja salaojat, Koneviesti, 13(1965)19, 4-5.
- 1965, Seppälä, N., Salaojien kaivukoneista ja konekaivusta, Tiili, (1965)2a, 40-44.
- 1966, Pälikkö, E., Salaojituksen viimeaikaisesta kehityksestä, Peltopirkan Päivätieto, (1966), 101-109.
- 1967, Pälikkö, E., Salaojakoneen automaattisesta syvyydensäädöstä, Koneviesti, 15(1967)9
- 1967, Pälikkö, E., Salaojituksen ja salaojityön tutkimuksesta, Tiili, (1967)2, 22-24.
- 1967, Wallgren, P., Salaojituksen maanviljelystaloudellinen kannattavuus, Tiili, (1967)2, 21-22.
- 1968, Hintikka, V., Salaojitukselta, Maa ja Metallit, (1968)2, 4-5.

- 1968, Jääskeläinen, M., Salaojien konekaivu II, Koneviesti, 16(1968)9, s.34.
- 1968, Jääskeläinen, M., Salaojitus, Koneviesti, 16(1968)2, s.5,10.
- 1968, Kurppa, M., Suomalaiset salaojankaivukoneet, Maa ja Metalli, (1968)2, 5-6.
- 1968, Pälikkö, E., Peruskuivatuksen täysi hyöty, Pellervo, 69(1968)17, 1084-1086.
- 1968, Pälikkö, E., Salaojitus Neuvostoliitossa, Pellervo, 69(1968)5, 276-277.
- 1968, Rinnetie, K., Muoviputken käytöstä salaojituksessa, Teho, 19(1968)8, s.282.
- 1968, Valmari, A., Muovisesta salaojaputkesta tehty notkokaivo, Koetoiminta ja Käytäntö, 25(1968)8
- 1969, Anon., Salaojitus tie tehokkaaseen viljelyyn, Koneviesti, 17(1969)9, 4-5.
- 1969, Halonen, R., Salaojaputkien suojauksesta, Oma Maa, 15(1969)33, s.4.
- 1969, Hintikka, V., Salaojitustekniikan kehityksestä, Tiili, (1969)2, 2-3.
- 1969, Jääskeläinen, M., Isäntien työt salaojituksen aikana, Koneviesti, 17(1969)3, 4-5.
- 1969, Jääskeläinen, M., Salaojituksen tulevaisuus, Koneviesti, 17(1969)6, s.8,9,14.
- 1969, Jääskeläinen, M., Salaojitusporukoista ja kustannuksista, Koneviesti, 17(1969)4, 4-5.
- 1969, Pälikkö, E., Sarka- ja salaojituksen tekniikkaa, Käytännön Maamies, 18(1969)2, 314-315.
- 1970, Anon., Koneellinen putkenlasku salaojitusta helpottamaan, Koneviesti, 18(1970)19, 18-20.
- 1970, Pälikkö, E., 70-luvun salaojitus, Pellervo, 71(1970)4, s.208.
- 1970, Valmari, A., Heikkinen, K., Roudanmittausvälineitä. Metyleenisiniroutaputki ja routaräätä. Valmistus- ja käyttöohje,
- 1971, Anon., Milloin salaojitus maksaa hintansa, Käytännön Maamies, 20(1971)2, 36-39.
- 1971, Grebing, G., Kuinka muoviputkillalla salaojitetaan, Koneviesti, 19(1971)8, 10-11.

- 1971, Pälikkö, E., Salaojassa oja salassa, Pellervo, 72(1971)18, 1104-1105.
- 1971, Valmari, A., Vähemmän mutta tehokkaampia salaojia, Koneviesti, 19(1971)9, s.14.
- 1972, Halonen, R., Muoviset salaojitustarvikkeet, Käytännön Maamies, 21(1972)1, 32-33.
- 1972, Heino, S., Miten valmistaudutaan salaojitukseen, Käytännön Maamies, 21(1972)1
- 1972, Holma, M., Tiiliputkien laatuvaatimukset, Käytännön Maamies, 21(1972)1
- 1972, Karikytö, V., Milloin salaojittamaan?, Käytännön Maamies, 21(1972)1
- 1972, Knaapi, R., Uutta salaojitustekniikkaa esiteltiin, syvyydensäätö laserilla putkenlasku kourulaitteilla, Koneviesti, 20(1972)2, 8-9.
- 1972, Knuth, S., Salaojitus ja pellon tiivistyminen, Käytännön Maamies, 21(1972)1, 38-40.
- 1972, Koskenvaara, P., Salaojitus ja valtion tuki, Käytännön Maamies, 21(1972)1
- 1972, Melen, A., Salaojituksen kannattavuus, Käytännön Maamies, 20(1972)1, 18-20.
- 1972, Muotiala, S., Kuivatustoiminnan painopiste salaojitukseen, Käytännön Maamies, 21(1972)1
- 1972, Mäenpää, O., Salaojituksen erikoisrakenteet, Käytännön Maamies, 21(1972)1, 34-36.
- 1972, Mäenpää, O., Vedenalaista salaojitusta, Käytännön Maamies, 21(1972)4, 54-55.
- 1974, Kangaspeska, E., Kuusi vuotta yhteissalaojitusta Ruovedellä I, Koneviesti, 22(1974)8, 18-19.
- 1974, Kangaspeska, E., Kuusi vuotta yhteissalaojitusta Ruovedellä II, Koneviesti, 22(1974)9, 10-11.
- 1975, K.L, Pellot salaojiin, Saroilta, 21(1975)11-12, 16-17.
- 1976, A.M, Yhteissalaojitus on järkiratkaisu, Käytännön Maamies, 25(1976)1, 42-43.
- 1976, Holma, M., Tiiliputken toiminnalliset ominaisuudet, Tiili, (1976)1, 31-33.
- 1976, Jalkanen, V., Salaojituksen kannattavuus erikoistuneessa viljan viljelyssä, Tiili, (1976)1, 23-25.

- 1976, O.K, Säde sihtaa salaojan, Koneviesti, 24(1976)13, 6-7.
- 1977, Knaapi, R., Muoviputket salaojituksessa, Koneviesti, 25(1977)6, s.9.
- 1978, Saavalainen, J., Kun salaojitus ei toimi, Käytännön Maamies, 27(1978)6, 43-44.
- 1978, Saavalainen, J., Ruoste salaojituksessa, Käytännön Maamies, 27(1978)3, 80-81.
- 1978, Saavalainen, J., Salaojaurakoitsijan työkenttä, Maarakennus ja kuljetus, (1978)9, 382-383.
- 1979, Anon., Laser salaojakoneen syvyyden säädössä, Koneviesti, 27(1979)10, 12-13.
- 1979, Ceder, I., Jauheesta muovisalaojaputkeksi, Saroilta, 25(1979)11-12, 14-15.
- 1979, Knaapi, R., Salaojitustekniikan kehitysvaiheita, Koneviesti, 27(1979)2, 4-5.
- 1979, Saavalainen, J., Salaojaputkien nimellismitoitus, Käytännön Maamies, 28(1979)5, 49-50.
- 1979, Saavalainen, J., Salaojitusta vauhditetaan, Teho, 30(1979)4, 28-29.
- 1980, Anon., Ruostesaostumien tukkimat salaojat puhtaiksi matalapainehuuhtelulla, Käytännön Maamies, 29(1980)1, 46-47.
- 1980, Ceder, I., Savi on hyvä ja halpa raaka-aine tiiliputkiin, Saroilta, 26(1980)1, 5-6.
- 1980, Ehrnrooth, K., Valtakunnallinen salaojitustavoite, Kylvösiemen, 20(1980)2, 34-35.
- 1980, Elonen, P., Tiivistynyt jankko, vaikea ongelma, Käytännön Maamies, 29(1980)4, 21-25.
- 1980, Melen, A., Salaojituksen kannattavuus, Tiili salaojituksessa, (1980), s.12.
- 1980, Mussaari, I., SARA-2000, ohjelma salaojituksen tehostamiseksi, Tiili salaojituksessa, (1980), 8-9.
- 1980, Salovaara, K., Salaojituksessa viljelyn tulevaisuus, Tiili salaojituksessa, (1980), 6-7.
- 1981, Ehrnrooth, K., Hyvä salaojitusvuosi, SARA-2000 ohjelma alkoi myönteisesti, Kylvösiemen, 21(1981)1, 50-52.
- 1981, Knaapi, R., Miten putket maassa makaavat, Koneviesti, 29(1981)10, 4-5.

SALAOJATUTKIMUSREKISTERI

SALAOJATUTKIMUSREKISTERI

Tutkimuksen tekijä(t)	Tutkijalaitos
	Tutkimuksen rahoittaja
Tutkimusajanjakso	Tutkimuksen valmistumisvuosi/ Julkaisun ilmestymisvuosi <input type="text"/>
Kirjallisuustutkimus <input type="checkbox"/>	Muu tutkimus <input type="checkbox"/>
Laboratoriotutkimus <input type="checkbox"/>	-----
Kenttätutkimus <input type="checkbox"/>	Koealue
Artikkeli <input type="checkbox"/>	
Tutkimuksen tai artikkelin nimi:	
Julkaistu; volyymi, vuosi, numero, sivu(t)	
Julkaistu löytyy seuraavista kirjastoista:	
Asiasanat	Salaojaluokitus
Referaatti	



SALAOJATUTKIMUSREKISTERI  
Tietoja meneillään olevista  
ja suunnitelluista tutkimuksista

TIEDONKERUULOMAKE

Tiedustelut  
90-6942100/Virtanen

Tutkimuksen nimi:

Aloitusvuosi:

Arvioitu päättymisvuosi:

Tutkimusyksikkö/ Vastuuorganisaatio:

Tutkimusyhteistyö:

Tutkimuksen vastuullinen johtaja:

Osoite:

Puhelin:

Muut tutkijat:

Tutkimuksen rahoitus:

Tutkimuksen tarkoitus:

Tutkimuksen nykytila ja tutkimuksesta ilmestyneet julkaisut:

Asiasanat:

Lomakkeen täyttäjät: \_\_\_\_\_

Jakelu:

Helsingin yliopisto

- maatalousekonomian laitos
- maanviljelyskemian laitos
- maatalousteknologian laitos
- suometsätieteen laitos

Oulun yliopisto

- rakennustekniikan osasto

Teknillinen korkeakoulu

- vesitalouden laboratorio

Maatalouden tutkimuskeskus

- maantutkimusosasto
- maanviljelyskemian ja fysiikan osasto
- tutkimusasemat

Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos

Vakola

Metsäntutkimuslaitos

Vesi- ja ympäristöhallitus

- vesientutkimuslaitos
- vesitutkimustoimisto
- teknillinen tutkimustoimisto
- vesi- ja ympäristöpiirit

Työtehoseura

Pellervon Taloudellinen Tutkimuslaitos

Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos

Maatalouskeskusten liitto

Laite- ja materiaalivalmistajat

ISBN 951 - 99944 - 3 -2