

**SALAOJIEN TOIMINTAHIRIÖT**

**Pro Gradu -työ Maatalousteknologian laitokselle**

**Markku Puustinen**

**1985**

## YDIN

Salaojien toimintahäiriöistä ja ongelmista 34,9 % aiheutuu perustiedon puutteesta ojituksen suunnitteluvaiheessa. Nämä ongelmat liittyvät tiettyjen riskialttiiden alueiden ja läpäisemättömien turvemaiden ojitukseen. Salaojituksen virheellisestä toteutuksesta johtuvien toimintahäiriöiden osuus on 27,0 %. Tämän tyyppisiä virheitä ovat urakoitsijoiden erilaiset työvirheet ja viljelijöiden tekemät puutteelliset salaojituksen jälkityöt. Viljelyn seurauksena toimintahäiriöistä aiheutuu 21,8 %. Tavallisin viljelyyn liittyvä kuivatusongelma on maan tiivistyminen vettä läpäisemättömäksi. Salaojien toimintahäiriöistä 16,3 % liittyy muuhun suunnitteluvaiheessa tehtyyn virheratkaisuun.

Em. syistä johtuvat salaojien toimintahäiriöt vaikuttavat veden kulkuun pellon pinnalta salaojien kautta valtaojiin siten, että vesi ei pääse putken läheisyyteen 40,3 %:ssa, vesi ei kulje putkessa 22,4 %:ssa, vesi ei pääse putkeen 15,5 %:ssa ja vesi ei pääse laskuaukosta 3,5 %:ssa kaikista häiriötapauksista. Ongelmista 18,3 % on sellaisia, jotka eivät suoranaisesti vaikuta veden kulkuun.

Keskeisimmin salaojien toimintahäiriöt liittyvät maaperän ruosteisuuteen, maalajin liettymisalttiuteen, maalajin tiivistymisalttiuteen ja turvemaiden läpäisemättömyyteen. Lisäksi vakavia salaojien toimintahäiriöitä esiintyi sellaisissa olosuhteissa, joissa salaojituksen mielekkyys ja kannattavuus alunperinkin on ollut kyseenalaista.

# SISÄLLYSLUETTELO

## YDIN

1.	JOHDANTO	1
2.	KIRJALLISUUSOSA	3
2.1.	Olosuhteet Suomessa salaojituksen kannalta	3
2.1.1.	Ilmasto	3
2.1.2.	Maalajit	6
2.1.3.	Viljely	8
2.2.	Perinteinen salaojitus Suomessa	10
2.2.1.	Suunnittelu	10
2.2.2.	Toteutus	14
2.2.3.	Käytettävät materiaalit	16
2.3.	Salaojien toiminta	18
2.3.1.	Veden liikkeet maassa	18
2.3.1.1.	Veden kulku salaojaan	22
2.3.1.2.	Veden virtaus salaojassa	25
2.4.	Salaojituksen toiminnalliset riskit	26
2.4.1.	Salaojien tukkeutuminen	28
2.4.2.	Tiivistyminen	31
2.4.2.1.	Kivennäismaiden tiivistyminen	31
2.4.2.2.	Turvemaiden tiivistyminen	35
2.4.3.	Muut riskitekijät	37
2.5.	Salaojituksen tarve Suomessa	38
2.5.1.	Uudisojitus	38
2.5.2.	Uusinta- ja täydennysojitus	40
3.	KOKEELLINEN OSA	41
3.1.	Tutkimuksen tarkoitus	41
3.2.	Tutkimusmenetelmän ja -strategian valinta	41
3.3.	Tutkimusaineisto	41
3.3.1.	Tilojen valinta	41
3.3.2.	Kenttätutkimus	42
3.3.3.	Kyselylomakkeet ja haastattelu	44
3.3.4.	Tutkimusaineiston edustavuus ja luotettavuus	45

3.4.	Tutkimusaineiston käsittely	46
3.5.	Tutkimustulokset	49
3.5.1.	Taustatietoja tutkimustiloista	49
3.5.2.	Taustatietoja tutkitulosta ojaistoista	51
3.5.3.	Yksittäisten vikojen analyysi	53
3.5.3.1.	Salaojakeskus ry:n vikatar-	
	kastukset	53
3.5.3.2.	Toimintahäiriötutkimus	55
3.5.3.2.1.	Ongelmien ilmeneminen	55
3.5.3.2.2.	Ongelmien syntyminen	61
3.5.3.2.3.	Ongelmien vaikutus	
	salaojien toimintaan	68
3.5.4.	Faktorianalyysi	72
3.5.4.1.	Tilaolosuhteita kuvaavat	
	faktorit	72
3.5.4.2.	Pelto-olosuhteita ja ojas-	
	toja kuvaavat faktorit	75
3.5.4.3.	Salaojien ongelmat ja	
	tilaolosuhteet	77
3.5.4.4.	Salaojien ongelmat ja	
	pelto-olosuhteet	79
3.5.5.	Ongelmien esiintyminen maalajeittain	82
3.5.5.1.	Ruoste	82
3.5.5.2.	Salaojien liettyminen	83
3.5.5.3.	Tiivistyminen	85
3.5.6.	Salaojien tukkeumat putkimateriaa-	
	leittain	85
3.5.7.	Ongelmien yleisyys	87
3.6.	Tulosten tarkastelu	87

4.	TIIVISTELMÄ	93
----	-------------	----

	KIRJALLISUUSLUETTELO	96
--	----------------------	----

	LIITTEET	
--	----------	--

## 1. JOHDANTO

Salaojitustoiminta alkoi Suomessa jo 1850-luvun alussa. Vuosisadan vaihteen jälkeen maassamme salaojitettiin edelleen vain siellä täällä ja työt tehtiin miltei kokonaan ilman valmistavaa suunnittelua. Systemaattinen suunnittelu ja valvottu salaojitus alkoi v. 1918 Suomen salaojitusyhdistyksen perustamisen myötä. Salaojitusmäärät jäivät kuitenkin Salaojitusyhdistyksen toiminnan alkuvuosina varsin vähäisiksi. Vuosittainen salaojituspin-ta-ala oli v. 1920 noin 100 ha ja se kasvoi vuoteen 1932 mennessä noin 2000 ha:iin (ANON. 1983d).

Vaikka ensimmäinen salaojituskone tuotiinkin maahamme jo 1920-luvulla, suurin osa salaojituksista kaivettiin käsin aina 1950-luvulle saakka. Nämä tuontikoneet olivat pääasiassa raskaita, telaketjuilla varustettuja kaivupyöräkoneita. Keveiden, tavallisiin maataloustraktoreihin sovitettavien salaojituskoneiden valmistuksen myötä 1950-luvun lopulla salaojitusmäärät kasvoivat nopeasti. Kun 50-luvun lopulla vuosittaiset salaojituspin-ta-alat vaihtelivat vielä 10 000 - 15 000 ha:n välillä, oji-tusmäärät kasvoivat v. -63 mennessä noin 30 000 ha:iin / v (ANON. 1983d) ja ovat pysyneet tämän tason yläpuolella muutamaa poikkeuksellista vuotta lukuunottamatta näihin päiviin saakka.

Vuoden -82 loppuun mennessä Suomessa oli salaojitettu peltoa yhteensä n. 900 000 ha (ANON. 1983d) ja arvioitu salaojitus-tarve vielä n. 1,3 milj. ha (ANON. 1980a).

Sitä mukaa kun salaojitetun pellon määrä alkoi voimakkaasti kasvaa, alettiin myös puhua salaojien toimintahäiriöistä. KESOn (1951, s. 168) mukaan jo 40-luvulla on esiintynyt tietyn tyyppisiä kuivatusongelmia salaojitetuilla pelloilla. Vallitsevilla sääoloilla näyttää olevan selvä vaikutus salaojituskes-kusteluun. Vielä 60-luvun lopulla ja 70-luvun alussa esitet-tiin, että salaojitukset ovat liian tehokkaita ja pellot kuivu-vat tämän vuoksi liikaa. Sateisten vuosien jälkeen keskustelu on taas ollut aivan päinvastaista.

Samaan aikaan, kun salaojitetun peltoalan määrä on lisääntynyt, salaojitetun pellon 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 edellämainitut seikat ovat vaikuttaneet siten, että salaojien toimintahäiriöitä on alkanut esiintyä tiloilla enemmän ja keskustelua salaojien toimintahäiriöistä on tämän seurauksena käyty entistä vilkkaammin.

Salaojakeskus r.y. on tehnyt jo kauan vikatarkastuksia salaojittaneilla tiloilla tarpeen mukaan. Salaojatutkimuksen tarve on kuitenkin jatkuvasti kasvanut jo pelkästään siitä syystä, että salaojatutkimusta ei ole juuri tehty 50-luvun lopun jälkeen eräitä laboratoriotutkimuksia lukuunottamatta ja ojitusolosuhteet ovat muuttuneet noista ajoista. Poikkeuksellisen sateisen kesän -81 jälkeen alettiin perusteellisemmin pohtia salaojien toimintahäiriöiden syitä. Tämän keskustelun seurauksena Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitoksella käynnistettiin yhteistyössä Salaojakeskus ry:n, Ojamuovi oy:n ja Tiiliteollisuusliitto ry:n kanssa 2-vuotinen salaojien toimintahäiriötutkimus.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää toimimattomien tai vajaatoimintaisten ojastojen määrä ja toimintahäiriöiden aiheuttajat. Lisäksi tavoitteena oli osoittaa ne salaojituksen työvaiheet ja salaojien rakenteelliset osat, jotka vaativat ojitushankkeessa suurempaa huomiota osakseen sekä osoittaa yksityiskohtaisemmat tutkimustarpeet salaojitusriskien minimoimiseksi.

## 2. KIRJALLISUUSOSA

### 2.1. Olosuhteet Suomessa salaojituksen kannalta

#### 2.1.1. Ilmasto

Suomi sijaitsee kylmien ja lämpimien ilmassojen raja-alueilla. Tällaiselle raja-alueelle on tyypillistä vilkas matalapaine-toiminta. Suomessa matalapaineiden kulkusuunta on useimmiten lounaasta koilliseen, minkä vuoksi lämpöolot ovat meillä edullisemmat kuin muualla vastaavilla leveysasteilla. ELOMAAN (1981, S. 8) mukaan vuoden keskilämpötila Suomessa on n. 6 °C korkeampi kuin keskimäärin 60 - 70 N-leveysasteiden välillä. Matalapainetoiminnan johdosta säät ovat kaikkina vuodenaikoina hyvin vaihtelevia, mikä onkin luonteenomaista Suomen ilmastolle. Talvella Euraasian mantereen voimakas jäähtyminen vaikuttaa Suomen ilmastoon siten, että keskitalvella meillä on suhteellisen pitkiä pakkasjaksoja ja näiden välissä lounaisten ilmavirtausten seurauksena runsaita lumisateita. (KOLKKI 1969, s. 7.)

Ilmastolla on hyvin suuri merkitys peltojen kuivatustarpeeseen. Koska sääolot vaihtelevat melkoisesti Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä, joudutaan paikalliset ilmasto-olot ottamaan huomioon kuivatustarvetta määritettäessä. Merkittävimmit kuivatustarpeeseen vaikuttavat ilmastotekijät ovat vuotuinen sademäärä eli sadanta, lumen syvyys ja vesi-arvo, sekä haihdunta. Pahimmat ongelmat kuivatuksen järjestämisessä aiheutuvat keväällä lumien sulamisesta ja kasvukauden aikaisista rankkasateista. (HUIKARI ym. 1963, ss. 11-16.) Salaojien mitoituksen lähtökohtana onkin tulvahuippujen huomioon ottaminen, jolloin ojastot mitoitetetaan keskimääräisten ylivalumien mukaan.

Sademäärä mitataan aina vetenä ja ilmoitetaan millimetreinä, mikä tarkoittaa sataneen vesikerroksen paksuutta tasaisella pinnalla. Salaojituksessa mitoitusperusteena käytettävä yksikkö l/s ha voidaan muuttaa yksiköksi mm/vrk, jolloin 1 l/s ha vastaa sademäärää 8,64 mm/vrk (ELOMAA 1981, s. 22). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jos ojasto on mitoitettu 1 l/s ha mukaan, salaojien vedenjohtokyky riittää kuljettamaan jatkuvan, tasaisen 8,64 mm:n vuorokausisateen. Kokonaan toinen kysymys on se, eh-

tiikö tämä vesimäärä imeytyä maahan ja virrata alaojiin sateen tahdissa.

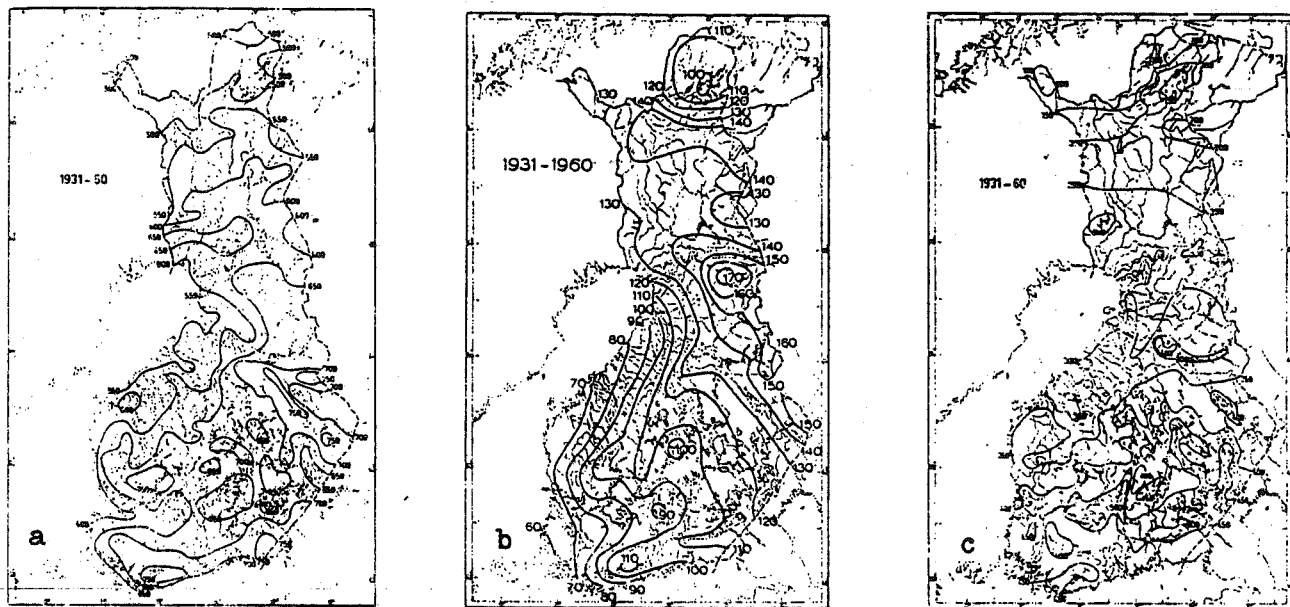
Koko vuoden sademäärä vaihtelee Etelä-Suomen 700 mm:stä Pohjois-Suomen 400-500 mm:iin (kuva 1a). Runsaimmat sateet ajoittuvat heinä-elokuulle. Samoin rankkasateet, jolloin vuorokauden sademäärä on yli 10 mm, esiintyvät useimmiten kesällä (taulukko 1). MUSTOSEN (1973, s. 16) mukaan lumen osuus vuosisadannasta vaihtelee siten, että Lounais-Suomessa se on alle 30 %, Etelä- ja Keski-Suomessa 30-40 % ja Pohjois-Suomessa 40-50 %. Tämä vastaa eri osissa Suomea suunnilleen samaa lumisademäärää eli keskimäärin 200-250 mm vettä vuodessa.

Lumen vesiaron nopea väheneminen keväällä vastaa hydrologisessa mielessä karkeasti rankkaa vesisadetta. Lumen vesiaron väheneminen johtuu kahdesta syystä, lumen sulamisesta ja haihtumisesta. Haihtumisen osuus tässä on kuitenkin varsin vähäinen. Lumen vesiaron vähenemiseen vaikuttavat pienentävästi alueellinen märkisyys ja maastotyyppijakauman monipuolisuus. (MUSTONEN 1973, s. 18.) Lumen vesiaron muutokset maaliskuun puolivälissä vaihtelevat Etelä-Suomen ja Pohjanmaan 80-85 mm:stä Kainuun ja Pohjois-Suomen 140-150 mm:iin (kuva 1b).

Ilmastollinen haihduttamiskyky eli potentiaalinen evapotranspiraatio on määritelty tiheän, matalahkon ja vihreän kasvillisuuden peittämän suurehkon alueen haihduntana optimaalisissa kosteusoloissa. Kesäkuussa ilmastollinen haihduttamiskyky on Suomen länsi- ja eteläosien rannikkoalueilla yli 110 mm, Keski-Suomessa 100-110 mm ja Pohjois-Suomessa alle 100 mm. Heinäkuussa ilmastollinen haihduttamiskyky on rannikkoalueilla vielä yli 90 mm ja muualla Keski- ja Pohjois-Suomessa alle 90 mm. (SEUNA 1977.) Todellinen haihdunta riippuu haihduttamiskyvyn lisäksi haihdunnalle alttiin veden määrästä ja haihduttavan pinnan laadusta. Haihdunta on suurimmillaan, kun maan kosteus on lähellä kenttäkapasiteetin edellyttämää kosteutta. Kokonaishaihdunta vuodessa vaihtelee Etelä-Suomen 400-450 mm:stä Pohjois-Suomen 100-200 mm:iin (kuva 1c). Vuotuisesta sadannasta poistuu haihtumalla maan eteläosissa 50-60 % ja maan pohjoisosissa 10-20 %. Haihdunta kasvaa voimakkaasti touko-heinäkuussa sadannan kasvaessa. Syksyllä sen sijaan haihdunta ei enää kasva sadannan kasvaessa,



koska ilmastollinen haihduttamiskyky tulee rajoittavaksi tekijäksi. (MUSTONEN 1973, ss. 20-29.)



Kuva 1. Keskimääräisiä ilmastollisia vuosiarvoja kaudella 1931-1960. a) Vuosisadanta mm b) Lumen vesiarvo mm c) Vuosihaidunta mm. (SOLANTIE ja HELIMAKI ref. MUSTONEN 1973, ss. 14, 29, 48.)

Taulukko 1. Niiden sadepäivien lukumäärän ylärajat, jolloin sademäärä on ollut yli 10 mm/vrk kautena 1941-1965 (KOLKKI 1969, s. 36)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Helsinki, Ilmala	3	5	3	2	3	4	5	8	5	5	7	4
Lappeen- ranta	3	3	1	2	2	3	5	6	6	4	3	2
Jyväskylä	3	1	1	2	3	6	4	5	6	4	4	3
Vaasa	2	1	2	3	3	4	5	5	5	3	3	4
Kajaani	2	1	2	2	2	3	5	6	5	4	2	1
Sodankylä	1	1	1	2	2	4	5	6	5	2	1	1

Vaikka haihdunta on suurimman osan kasvukaudesta pellon vesitalouteen eniten vaikuttavana tekijänä, määräävät kasvukauden alku- ja loppupään olosuhteet pellon kuivatustarpeen. Keväisin lumien sulamisen aikaan sattuvat 30-40 mm:n vesisateet kärjistävät tulvatilannetta. Kasvukauden loppupuolella vastaavasti vuo-

den sateisimman kuukauden, elokuun aikana alkaa peltojen kantavuus heikentyä. (PÄLIKKÖ 1981.)

### 2.1.2. Maalajit

Suomessa peltojen maalajit vaihtelevat hyvin paljon maan eri osien välillä. Varsinais-Suomessa ja Uudellamaalla vallitsevimpana jankon maalajina on savi, joita on n. 60 % ko. alueiden peltopinta-alasta (Kuvat 2 ja 3). Kymenlaaksossa, Satakunnassa ja Etelä-pohjanmaalla on savimaalajeja n. 20-25 % peltoalasta. Muualla Suomessa savimaalajeja esiintyy hyvin vähän ja Lapissa ei juuri enää ollenkaan.

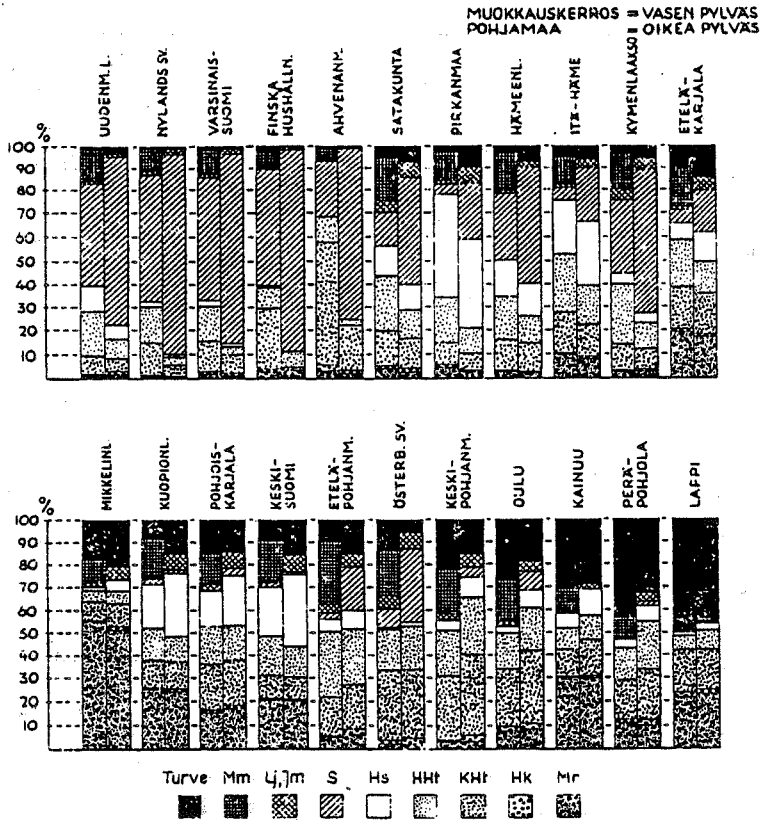
Hiesumaita esiintyy runsaimmin Pirkanmaalla, jossa sitä on lähes 40 % peltoalasta pohjamaan maalajina (kuva 2). Hiesuja esiintyy merkittävästi myös Hämeessä, Keski-Suomessa, Savossa ja Pohjois-Karjalassaa.

Peltojen yleisimmät maalajit Suomessa ovat hietamaita (KURKI 1972, s. 26). Hietamaita esiintyy yleisesti koko Suomen alueella (kuva 2).

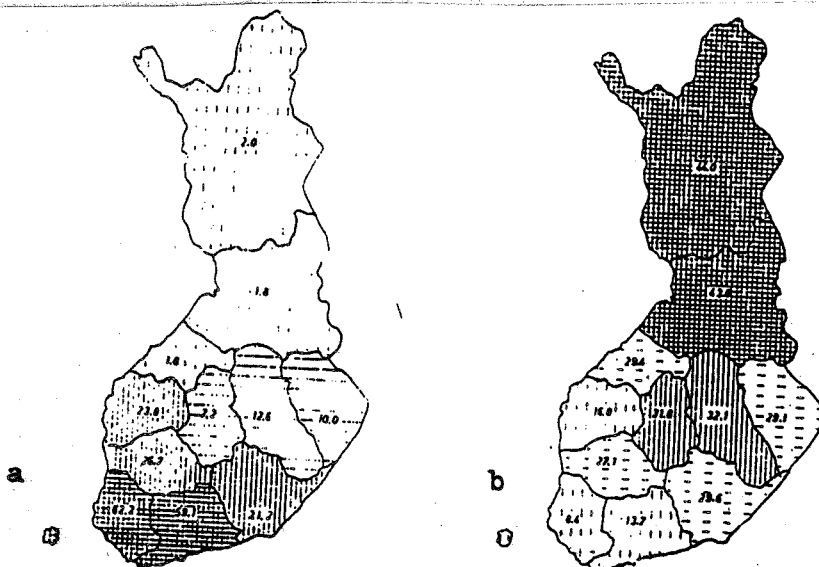
Suomen maaperän yleisin maalajiryhmä on moreeni (KURKI 1972, s. 22). Sen käyttöarvo peltomaana riippuu voimakkaasti vallitsevasta maalajitteesta. Karkeimmat moreenit ovat kuivuutensa ja kivisyytensä vuoksi jääneet peltoviljelyn ulkopuolelle. Erityisen runsaasti moreenimaita esiintyy Mikkelin läänissä, jossa peltoalasta n. 50 % on moreenimaita (kuva 2). Moreenimaita esiintyy yleisesti myös Pohjois-Karjalassa, Keski-Suomessa, Kainuussa ja Lapissa. Viljelyksessä olevat moreenimaat ovat pääasiassa hietamoreenia.

Eloperäisten maalajien osuus peltoalasta kasvaa voimakkaasti kun siirrytään etelästä pohjoiseen (kuva 3b). Etelä-Suomessa eloperäisiä maalajeja on peltomaissa vähemmistönä, mutta Pohjois-Suomessa niitä on paikoitellen enemmän kuin kivennäismaita. Viljelyksessä olevat eloperäiset maalajit ovat pääosin multamaita ja turvemaita. Multamaiden osalta on kuitenkin otettava huomioon se, että vaikka ko. maalajia esiintyy varsin yleisesti

muokkauskerroksen maalajina, pohjamaan maalaji on yleensä jotain kivennäismaata (kuva 2). KURJEN (1972, s. 39) mukaan viljelyksessä olevat turvemaat ovat pääasiassa saraturpeita. Rakkaturpeita sen sijaan on otettu varsin vähän peltoviljelyyn. Etelä-Suomessa yleisin peltojen turvelaji on metsäsaraturve ja Pohjois-Suomessa saraturve.



Kuva 2. Maalajisuhteet eri alueilla (KURKI 1972, s. 38)



Kuva 3. a) Savimaalajien yleisyys prosentteina peltoalasta  
b) Eloperäisten maalajien yleisyys prosentteina peltoalasta (HALONEN ja JUUSELA 1957)

HALOSEN ja JUUSELAN (1957, s. 156) mukaan koko maassa on kärkeiltä lajittuneita kivennäismaalajeja 46,6 %, savimaalajeja 30,6 % ja eloperäisiä maalajeja 22,8 % koko peltopinta-alasta.

Maalajeilla on hyvin keskeinen merkitys pellon käyttöarvoon. Viljakasvien kannalta eri maalajien tärkeimmät erot ovat ravinne- ja kosteussuhteissa. Peruskuivatuksen ja salaojituksen kannalta eri maalajit vaikuttavat suunnittelu- ja mitoitusperusteisiin. Tärkeimmät kuivatukseen vaikuttavat ominaisuudet ovat maalajin tiiviys eli läpäisevyys ja maalajin kantavuusominaisuudet. Lisäksi salaojituksen toteutukseen vaikuttavia maalajien ominaisuuksia ovat kivisyys, liekoisuus ja ojakaivantojen koossa pysyminen eli yleisemmin maalajien kaivettavuus. Välittömämmin salaojien toimintaan vaikuttavia maalajien ominaisuuksia ovat mm. liettymisalttius, tiivistymisalttius ja ruoste. Viimeksi mainittu eli ruoste ei kuitenkaan aivan tarkasti ole maalajien ominaisuus, mutta olosuhteista johtuen sitä esiintyy useammin tietyillä maalajeilla. Näistä kuivatukseen vaikuttavista maalajien ominaisuuksista enemmän kappaleissa "suunnittelu" (2.2.1) ja "salaojituksen toiminnalliset riskit" (2.4).

### 2.1.3. Viljely

Peltoalan käytössä nurmikasvien viljelyala on vähentynyt varsin paljon v:sta -60 v:een -82. Viljakasvien viljelyala samaan aikaan on pysynyt lähes samana (taulukko 2). Eri viljakasvien osalta on kuitenkin tapahtunut viljelyaloissa muutoksia. Rukiin viljelyala on supistunut voimakkaasti ja ohran viljelyala on vastaavasti kasvanut yli kaksinkertaiseksi. Muiden viljelykasvien viljelyalat ovat pysyneet vuosittaisia heilahteluja lukuunottamatta suurinpiirtein samansuuruisina. Nurmikasvien ja viljakasvien yhteinen viljelyala on n. 90 % viljelyksessä olevasta peltoalasta.

Öljykasvien ja sokerijuurikkaan viljelyalat ovat lisääntyneet tasaisesti. Näiden yhteinen viljelyala v. -82 oli n. 96 000 ha (taulukko 2). Perunan viljelyala on sitä vastoin vähentynyt.

Taulukko 2. Pellon käyttö (ANON. 1983a)

	v.1960		v.1970		v.1982	
	1000 ha	%	1000 ha	%	1000 ha	%
Nurmikasvit	1432	54,0	1174	45,6	926	39,8
Vilja yht.	1019	38,5	1198	46,5	1169	50,2
-vehnä	181	17,8	176	14,7	143	12,2
-ruis	111	10,9	66	5,5	16	1,3
-ohra	213	20,9	404	33,7	540	46,2
-kaura	490	48,0	524	43,7	459	39,3
-seosvilja	24	2,4	28	2,3	11	1,0
Öljykasvit	3	0,1	7	0,3	64	2,8
Sokerijuurikas	15	0,5	15	0,6	32	1,4
Peruna	86	3,2	60	2,3	39	1,8
Muut	42	1,6	72	2,8	23	0,9
Kesanto	57	2,1	48	1,9	74	3,1
Viljelyala yht.	2654	100	2574	100	2327	100
Peltoala yht	2654		2667		2516	

Vaikka joidenkin kasvien viljelyalaoissa on tapahtunut huomattaviakin muutoksia, merkittävämpää lienee viljelymenetelmien muuttuminen sekä koneiden tehokkuuden ja koon kasvaminen. Kokonaisuudessaan nämä em. muutokset ovat seurausta koko maatalouden rakenteen muutoksesta. Entisen pienimuotoisen ja monipuolisemman tuotannon ovat korvanneet erikoistuneet ja tehokkaammat tuotantomuodot.

Nykyaikaiselle, erikoistuneelle maatilalle on luonteenomaista yksipuolinen viljely, runsas väkilannoitteiden käyttö, tehokkaat ja painavat koneet sekä satoiset lajikkeet. Karjalannan korvautuminen väkilannoitteilla aiheuttaa sen, että maahan tulee vähemmän orgaanista ainetta. Satoiset lajikkeet vaativat taas pitemmän kasvuaajan ja tämän vuoksi keväällä toukotyöt joudutaan aloittamaan entistä aikaisemmin. Em. seikoista johtuen viljelystä aiheutuvat maahan kohdistuvat vaikutukset eli maan stressi on kasvanut. (PEHKONEN 1983.)

## 2.2. Perinteinen salaojitus Suomessa

### 2.2.1. Suunnittelu

Salaojien suunnittelu on aina perustunut ojitettavan alueen yksityiskohtaiseen tutkimukseen. Tässä ns. kenttätutkimuksessa selvitetään ojitettavalta peltoalueelta mm. pellon pinnanmuoto ja kaltevuussuhteet, maalaji ja maalajin tiiviys, vesien purkuväylät, sivuvesialueiden koko, turvemaalajin syvyys, maalajin tai pohjaveden ruosteisuus ja peltoalueen pohjavetisyys (ANON. 1979a). Varsinainen suunnittelu eli kokooja- ja imuojien sijoittelu peltokuviolle määräytyy kivennäismailla pellon pinnanmuodon mukaan ja turvemaidella pinnanmuodon ja turpeen syvyyden mukaan. Täsmällisellä suunnittelulla salaojiin on tarkoitus saada ojituksen toteutusvaiheessa riittävät syvyys- ja kaltevuussuhteet ja samalla varmistaa, että ojien syvyys ja kaltevuus säilyvät myöhemmissä vaiheissa maan painumisesta huolimatta. Salaojien määrä eli ojatiheys taas määräytyy maalajin ja sen tiiveyden perusteella. (ANON. 1979b.)

Tasaisten maiden eri maalajien ojatiheyksiin (taulukko 3) tehdään suunnitteluvaiheessa korjauksia pellon viettävyuden ja ilmansuunnan, ympäristön avonaisuuden, korkeiden vesipintojen ja eräiden viljelykasvien mukaan. Yli 10 % rinteet voidaan yleensä jättää kokonaan ilman ojia, 5 % rinteille ainoastaan taitekohtiin suunnitellaan ojia ja alle 1 % kaltevuuksilla käytetään tasaisen maan ojaväliä. Ilmansuunnalla on merkitystä rinnepeltoilla. Pohjoisrinteillä haihtuminen on pienempää ja tämän vuoksi ojaväliä tihennetään. Ympäristön avonaisuus vaikuttaa tuulisuhteisiin ja tämän vuoksi haihtumiseen. Pienehköt metsien ympäröimät peltokuviot vaativat 10-20 % tiheämmän ojavälin tasaisen maan vastaavan maalajin ojaväliin nähden. Rinteiden alaosat ja notkot vaativat 10-30 % normaalia tiheämpää ojitusta. Korkeiden vesipintojen olosuhteissa kuten esim. rantapelloilla edellytetään myös tiheämpää ojaväliä. (ANON. 1979b.)

Taulukko 3. Ojavälit maalajien mukaan tasaisilla mailla  
(ANON. 1979b)

Maalaji	Lyhenne	Ojaväli m
Tiivis hiesusavi	tv HsS	15 - 16
Tiivis hietasavi	tv HtS	16 - 17
Aitosavi	As	16 - 17
Tiivis hiesuhieta	tv HsHt	17 - 18
Tiivis hieta	tv Ht	18 - 20
Löyhä hieta	lh Ht	25 - 30
Urpahiesu	UHs	30 - 40
Urpahiesusavi	UHsS	40 - 50
Urpasavi	US	60 - 80
Savillieju	SLj	30 - 35
Liejumaa	Lj	60 - 80
Muramaat (järvimuta)	Mu	60 - 80
Halkeilematon urpa tai liejumaa	Us, Lj	20 - 30
Mutasuot (mutaturve)	Mt	20 - 24
Rahkasuot (rahkaturve)	Rt	18 - 20

Ojaväliä tihennetään normaalista tasaisen maan ojatiheydestä vielä mm. rinnesoilla 15-20 m:iin ja paineellisella pohjavesialueella jopa 2-3 m:iin (ANON. 1979b). Viljelykasvit otetaan huomioon suunnittelussa siten, että erikoisviljely eli lähinnä juurikas- ja perunamaille suunnitellaan tiheimmät ojavälit. Tiiviillä maalajeilla käytetään tällöin 11-12 m:n ojaväliä, tiiviihköllä hiedalla ja turvemaalajeilla 14-15 m:n ja löyhällä hiedalla 18-20 m:n ojaväliä (ANON. 1978).

Imuojat pyritään suunnittelemaan mahdollisimman kohtisuoraan sarkaojien poikki. Mitä jyrkempään imuojat leikkaavat sarkaojia, sitä tiheämpään muodostuu salaojien ja sarkaojien risteyskohtia ja sitä paremmin täytetyt sarkaojat kuivuvat. Sorasilmäkkeet on tarkoituksen mukaista tehdä juuri sarkaojien ja salaojien risteyskohtiin. Tasaisilla peltokuvioilla ja tiiveillä maalajeilla pintavesien johtaminen salaojiin on käytännössä edullisinta toteuttaa sorasilmäkkeillä. Notkoihin, joissa on yksi tai useampia sarkaojia, suunnitellaan kokoojaoja tai yksittäisiä imuojia sarkaojien kohdalle. Tällöin pintavedet johdetaan joko lukuisten

sorasilmäkkeiden tai tarvittaessa pintavesikaivojen kautta sala-  
ojiin. Imuojien suuntaan vaikuttaa sarkaojien lisäksi tuleva  
kyntösuunta. Kuivatuksen kannalta on sitä parempi mitä kohtisuo-  
rempaan kyntö voidaan tehdä imuojiin nähden. Mikäli edullisin  
kyntösuunta salaojituksen jälkeen olisi kohtisuoraan vanhoja  
sarkaojia vastaan, käännetään imuojien suuntaa siten, että sekä  
kyntösuunta ja sarkaojat leikkaavat imuojia 45° :een kulmassa.  
Rinnepellolla imuojat suunnitellaan rinteiden poikki. (ANON.  
1983b.)

Kuten aikaisemmin on jo mainittu, salaojat mitoitetaan lumen  
sulamisesta ja kovista sateista aiheutuvien tulvien mukaan.  
Lumen vesiarvon ja sateiden intensiteetin lisäksi ylivalumiin  
vaikuttavat maan vedenläpäisevyysominaisuudet. Läpäisevillä maa-  
lajeilla vesi varastoituu maassa oleviin oleviin rakoihin ja  
valumia voidaan pienentää. Salaojituksen mitoitusvalumat Suomes-  
sa arvioidaankin viimekädessä maalajin perusteella (taulukko 4).

Taulukko 4. Valumat peltosalaojituksessa maalajeittain  
(ANON. 1983c)

Maalaji	valuma l/ha
Tiiviit maalajit	
-tasaiset alueet	1,0
-rinnesuot	0,5 - 0,8
Mutaturve	
-aukeat tasaiset alueet	0,8 - 0,9
Muut turvemaat	1,0
Paineelliset rinnesuot	2,0 - 4,0
Löyhä hieta	0,8
Löyhähkö hieta	0,9
Löyhä hiekka	0,7 - 0,8
Urpasavi ja lieju, hyvin rakoillut	0,6
Urpahiesu ja liejuinen savi, hyvin rakoill.	0,7 - 0,8

Taulukon 4 mukaisia normaaliarvoja suurennetaan Itä- ja Pohjois-  
Suomessa 20-50 % lumen korkeamman vesiarvon vuoksi. Pysyvillä  
nurmenviljelyalueilla voidaan käyttää korottamattomia valuma-  
arvoja. Salaojien mitoituksessa otetaan huomioon peltoalueen  
valuman lisäksi pellon ulkopuoliset valumat, ellei näitä voida



johtaa pois piiriojilla. Sivuvesialueen valumat arvioidaan myös maalajin ja läpäisevyyden perusteella (ANON. 1983c).

Kun kuivatettavan alueen mitoitusvaluma, pinta-ala ja suunniteltu ojaetäisyys tunnetaan, on määritettävä sellainen putkikoko, joka pystyy johtamaan kyseisen virtaaman suunnitellulla ojakaltevuuksella. Suomessa käytetty mitoitusnomogrammi perustuu ns. Kutterin veden virtausnopeuden kaavaan. Tästä kaavasta esiintyy kirjallisuudessa erilaisia variaatioita. Keson käyttöönottama Kutterin kaava on muotoa: (ANON. 1979c, s. 55)

$$(1) \quad v = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \times \sqrt{RJ}$$

jossa V = veden virtausnopeus  
 J = vedenpinnan kaltevuus  
 R = hydraulinen säde ja  
 m = 0,20 (vakio)

Eri kokoisille salaojaputkille kullekin on määritetty tietty minimikaltevuus, jotta veden virtausnopeus pysyisi riittävän suurena ja lietteiden sedimentoituminen putkien pohjalle estyisi. Minimikaltevuus riippuu putkikoon lisäksi maalajista ja putken sisäpinnan karkeudesta. Jälkimmäinen on kuitenkin arvioitu vakioksi ja eri putkimateriaaleilla käytetään samoja min. kaltevuuksia. Normaaleissa olosuhteissa  $\phi$  40 mm:n imuojien min. kaltevuus on 0,30 %, jolla kaltevuuksella vedenvirtausnopeus on 19 cm/s sileässä tiiliputkessa. Kooltaan suurempien putkien eli lähinnä kokoojajojien min. kaltevuudet ovat em. pienempiä, koska vedenvirtausnopeus on suurempi kookkaammassa putkissa samalla kaltevuuksella. Taulukossa 5 on esitetty eri putkikokojen min. kaltevuudet. Juoksevilla silttimaillo, joilla liettymisvaara on suurin, vaaditaan n. kaksi kertaa suurempia min. kaltevuuksia kuin normaalisti. Näissä olosuhteissa  $\phi$  40 mm:n imujan min. kaltevuus olisi 0,5 % ja vastaava veden virtausnopeus 0,24 m/s. Suurin sallittu ojakaltevuus liettyvillä silttimaillo on n. 3 %, koska suuremmalla kaltevuuksella nopeasti virtaava vesi saattaa syövyttää maata reikien ja saumarakojen kohdalla. Ehdottomia ylärajoja tässä suhteessa ei kuitenkaan ole. (HUIKARI ym. 1963, ss. 156-159.)

Taulukko 5. Minimikaltevuudet eri kokoisille salaojaputkille  
(HUIKARI ym. 1963, s. 156)

Putkikoko	Kaltevuus %	
	Normaalit olos.	Silttimaat
φ 40 mm	0,30 (30 cm/100 m)	0,50
φ 50 mm	0,25	0,45
φ 65 mm	0,20	0,35
φ 80 mm	0,17	0,30
φ 100 mm	0,15	0,20
φ 130 mm	0,12	0,20
φ 160 mm	0,10	0,17

Imuojien kaltevuutta pidetään alaspäin mentäessä lisääntyvänä tai vähintään samana. Kokoojajien mitoituksessa veden virtausnopeutta lisätään lähestyttäessä laskuaukkoa. (HUIKARI ym. 1963, s. 156.)

Imuojien suurin pituus riippuu ojaetäisyydestä, valumasta ja ojan kaltevuudesta. Käytännössä imuojien pituuden määrää ojituslohkon leveys, jolloin imuojat jäävät tavallisesti alle 200 m:n. Pitkissä imuojissa liettymisriski kasvaa. Toisaalta pitkät imuojat aiheuttavat putkikoon suurentamisen ojien alapäässä, joka helposti nostaa ojituskustannuksia. (HUIKARI ym. 1953, s. 156 - 159.)

Salaojien pohjan tasaisuusvaatimus riippuu ojan kaltevuudesta ja maalajista. Kun ojan kaltevuus vähän liettyvillä mailla on alle 0,9 %, on suurin sallittu poikkeama tasausviivasta 1 cm. Ras- kaslietteisillä maalajeilla (hiesu ja hieta) sallitaan vastaava 1 cm:n poikkeama, kun ojakaltevuus on alle 1,2 %. Suuremmilla ojakaltevuuksilla suurin sallittu poikkeama tasausviivasta on 2 cm. Em. max poikkeamat eivät kuitenkaan saa esiintyä 10 m:n matkalla. (SAAVALAINEN 1981a, ss. 17-18.)

### 2.2.2. Toteutus

Salaojien työmenetelmiltä yleensä edellytetään, että näillä saataisiin tehdyksi vaatimusten mukainen salaojitus. Työmaatar-

kastuksissa valvotaan juuri tämän vuoksi ojien syvyyttä, pohjan tasaisuutta, suunnitelman ja viitoituksen noudattamista, suodattimen laatua, ojakaivannon rakennetta ja yleensäkin kaikkia salaojiin ja salaojituksen tekniikkaan liittyviä seikkoja, joille on asetettu teknisiä- ja laatuvaatimuksia. Tällä pyritään takaamaan ojitukselle parhaat toimintaedellytykset. Salaojien toimintakykyä ja tehoa ei kuitenkaan voida todeta varmuudella heti ojituksen jälkeen, vaan yhden tai kahden kasvukauden kuluessa ojituksesta. Käytännön kokemuksen mukaan normaaleissa olosuhteissa, normaaleilla kaivumenetelmillä ja huolellisella työllä salaojitus saadaan vaatimusten mukaisiksi ja hyvin suurella todennäköisyydellä toimivaksi.

Yleisesti hyväksytyjä salaojien kaivumenetelmiä meillä ovat kaivupyörä-, kaivuketju- ja kauhakonemenetelmät sekä lapiokaivu. Aurasalaojakone-menetelmää meillä ei olla hyväksytty varauksetta, koska kaikilla maalajeilla ei tunneta varmuudella ko. menetelmän vaikutuksia maan rakenteeseen ja ojastojen toiminta saattaa jäädä joissakin olosuhteissa epävarmaksi (SAAVALAINEN 1981b). OLKINUORAN ja ESALAN (1982, ss. 16-17) mukaan ukko-maratyyppisellä kaivupyöräkoneella keskimäärin 65 %:ssa tutkituista tapauksista työjälki ojan pohjan tasaisuusvaatimuksen osalta oli hyväksyttävää. Ketju-maratyyppisellä ketjukaivukoneella vastavasti 20 %:ssa tutkituista tapauksista työjälki oli vaatimusten mukainen. Koneen kuljettajan huolellisuudella on hyvin suuri vaikutus työn laatuun. Em. tutkimuksessa työn laatu oli "ukkomaralla" 91 %:ssa tasaisuusvaatimuksen täyttäviä, kun kuljettaja tiesi etukäteen tarkastuksesta. Niissä tapauksissa, joissa tarkastus tehtiin yllättäen, tasaisuusvaatimuksen täytti 33 % tarkastetuista ojastoista.

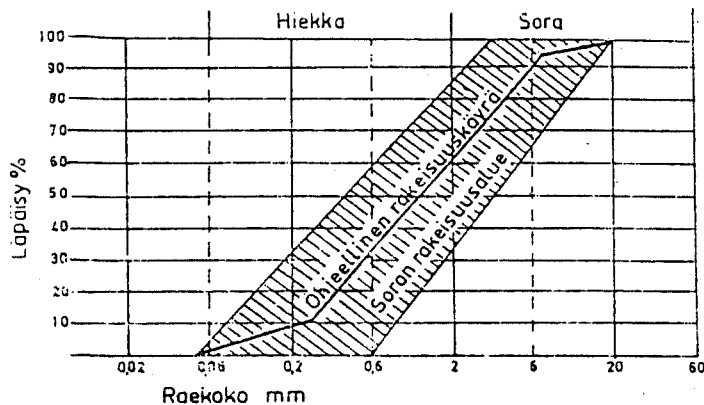
Kauhakoneella päästään 2-3 cm:n kaivutarkkuuteen, jolloin lopullinen tasoitus jää käsityöksi (MÄENPÄÄ ja PERÄLÄ 1974, s. 85). Kauhakoneet ovat välttämättömiä kivisten ja liekoisten alueiden salaojituksessa. Lapiokaivu oli ainoa kaivumenetelmä salaojituksen tullessa Suomeen. Koneet korvasivat ko. menetelmän vähitellen ja 50-60 lukujen vaihteessa lapiokaivu jäi hitaana ja raskeana menetelmänä pois käytännöstä.

Salaojitukseen erikoistuneet urakoitsijat ovat perinteisesti tehneet salaojien kaivun, putkenlaskun, erikoisrakenteet ja osittain myös sorastuksen. Ruokamullan pudotus, ojakaivantojen ja sarkaojien täyttö sekä pellon pinnan tasoittelu ovat tavallisesti jääneet tilan työksi.

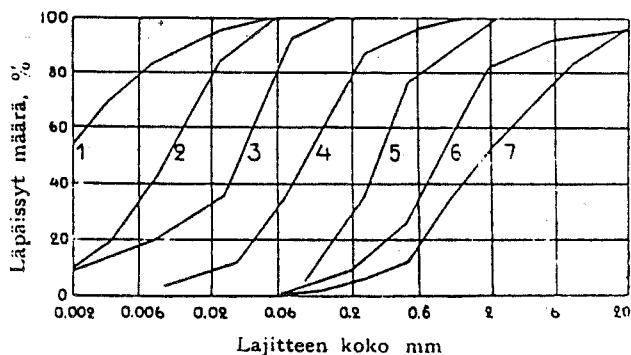
### 2.2.3. Käytettävät materiaalit

Nykyisin käytössä olevat putkimateriaalit ovat tiiliputkia ja korrugoituja muoviputkia. Aikaisemmin käytettiin yleisesti lautaputkia, mutta niiden käyttö loppui käytännöllisesti katsoen kokonaan 70-luvun alussa. Muoviputkien valmistus aloitettiin Suomessa v. -63, jolloin valmistettiin sekä sileää että korrugoitua muoviputkea. Sileän muoviputken käytöstä kuitenkin luovuttiin sen heikkojen lujuusominaisuuksien vuoksi. Tiiliputkea Suomessa on käytetty ojitusmateriaalina salaojituksen alkupäivistä lähtien.

Suodatinaineena meillä on käytetty lähes yksinomaan soraa. JUUSELAN (1958, s. 44) mukaan suodatinsoran tulee täyttää ns. yleisen suodatinperiaatteen mukaiset vaatimukset. Tämän periaatteen mukaan suodattimen lajitteiden koko  $d_{15}$  (raekoko lajitekäyrän 15%:n kohdalta) täytyy olla vähintään neljä kertaa niin suuri kuin ympäröivän maan lajitteiden koko  $d_{15}$ . Tällöin suodattimen vedenläpäisykyky on riittävä. Toisaalta suodattimen  $d_{15}$  saa olla korkeintaan kolme kertaa niin suuri kuin ympäröivän maan lajitekoko  $d_{85}$  (raekoko lajitekäyrän 85 %:n kohdalla), jotta suodatinkerros pystyisi suodattamaan ympäröivästä maasta irtautuneet hiukkaset virtaavasta vedestä. Käytännössä suodatinsoralta on edellytetty kuvan 4 mukaista lajitekoostumusta. Kuvassa 5 on vertailun vuoksi esitetty joidenkin tavallisten maalajien lajitekäyrät.



Kuva 4. Suodatinsoran ohjeellisuuskäyrä  
(SAVALAINEN 1981a, s. 40)



- |                     |   |
|---------------------|---|
| 1 = hiesusavimaa    | 5 = hiekkamaa                                 |
| 2 = hiucmaa         | 6 = putkiston suojana 10—15 vuotta ollut sora |
| 3 = hieno hietamaa  | 7 = suojauksena keskimäärin käytetty sora     |
| 4 = karkea hietamaa |   |

Kuva 5. Eräiden tavallisten maalajien lajitekoostumus  
(JUUSELA 1958, s. 46)

Käyttöön hyväksytyyn suodatinsoran lajitekäyrän täytyy mahtua kuvan 4 lajitekäyrällä tummennetulle alueelle, eikä se saa leikata ohjeellisen rakeisuuskäyrän suoraa osaa. Kaikissa käytännön olosuhteissa kuvan 4 mukainen suodatinsora ei kuitenkaan voi täyttää yleisen suodatinperiaatteen mukaisia rakeisuusvaatimuksia, koska kuivatustarpeessa olevien kivennäismaiden lajitekoostumus vaihtelee paljon (savekset  $> 0,002$  mm - hietamaat  $0,02-0,2$  mm). Savimailla maan mururakenne on kuitenkin hyvin stabiili ja liettyminen jää yleensä vähäiseksi. Liettymisongelmia sitä vastoin saattaa aiheutua riittämättömän suodatuskyvyn vuoksi puhtailla hiesumaille ja hyvin hiesupitoisilla mailla esim. hs HHT:lla. Tämä voidaan havaita vertaamalla kuvan 4

suodatinsoran ohjeellista rakeisuuskäyrää ja kuvan 5 maalajien rakeisuuskäyriä. Hienomman suodatinsoran käyttö ko. olosuhteissa ei juuri tule kysymykseen, koska hieno sora pääsisi saumoista ja rei'istä salaojaputkiin. Parhaiten kuvan 4 mukainen suodatinsora täyttää yleisen suodatinperiaatteen mukaiset vaatimukset karkeammilla kivennäismailla eli lähinnä hietamailla. (JUUSELA 1958, s. 46.)

Maatumatonta turvetta on käytetty suodatinaineena lautaputkien suojauksessa. Tällöin maatumattomalla tai vähän maatuneella turpeella on täytetty lautaputkien sivustoille jääneet onkalot. Tällä toimenpiteellä on estetty voimakas veden virtaus välittömästi putken läheisyydessä ja samalla pienennetty putkien liettymisriskiä. (KESO 1951, s. 214)

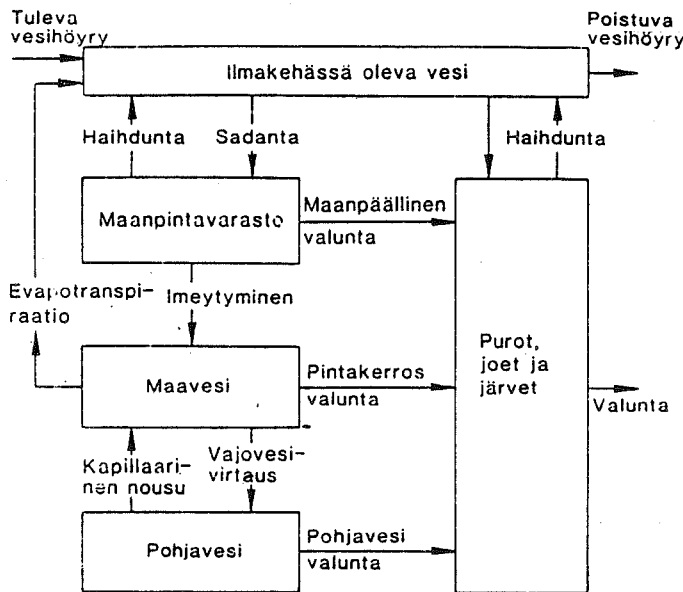
### 2.3. Salaojien toiminta

#### 2.3.1. Veden liikkeet maassa

Kun veden kiertokulkua ja virtaamaa tarkastellaan salaojituksen kannalta, niin tarkastelussa on otettava huomioon sekä veden kiertokulku koko valuma-alueella että veden liike ojitettavan peltolohkon maaperässä.

Valuma-alueella veden kiertokulku on jatkuvaa ja varsin monivaiheista. Kuten ilmastoa käsittelevässä osassa mainittiin, kuivatukseen vaikuttavia tärkeimpiä sääilmiöitä ovat sadanta ja haihdunta. Näiden lisäksi veden kiertokulkuun liittyviä keskeisiä ilmiöitä ovat evapotranspiraatio (ts. evaporaatio + transpiraatio), valunta ja imeytyminen. Tätä havainnollistaa kuvassa 6 valuma-alueen vedenkierto. Maanpäällinen valunta on suurinta keväisin ja rankkasateiden aikana. Tällöin maanpinnalle tuleva vesimäärä ylittää moninkertaisesti maanpinnalta poistuvan vesimäärän eli imeytymisen ja haihdunnan. Tämän seurauksena vedet kerääntyvät pintavaluntana puroihin ym. uomiin ja salaojitetuilla pelloilla notkoihin ja painanteisiin. Veden imeytymisnopeus maahan riippuu maan läpäisevyydestä eli maalajista ja sen rakenteesta. Kasvukauden aikana haihdunta vaikuttaa eniten

maan vesitalouteen. Haihdunnan muotoja kuvan 6 mukaan ovat evapotranspiraatio ja haihdunta, joista jälkimmäinen on kuitenkin vähäisempää.



Kuva 6. Veden kierto valuma-alueella

(SAAVALAINEN 1983, s. 8)

Maaperässä vesi liikkuu alaspäin gravitaation vaikutuksesta. Tälle vastakkaisia voimia ovat veden virtausta vastustavat kitkavoimat ja ne voimat, jotka aiheuttavat veden pidättymistä maahan. Veden sitoutumislujuutta maaperään kuvaa veden energiatila eli vesipotentiali. Veden vesipotentiali on tietyssä gravitaatiokentän kohdassa olevan veden energiatila verrattuna samassa kohdassa olevan vapaan veden energiatilaan (ANON. 1982, s. 35). Tästä seuraa, että gravitaation vaikutuksesta maaperässä liikkuu vain se vesi, joka on sitoutunut maahan pienemmällä voimalla kuin mikä on gravitaatio-voiman suuruus. Koska gravitaatio on tässä yhteydessä vakio, jää veden liikkeisiin vaikuttaviksi voimiksi veden vapaata virtausta vastustavat voimat. Maalaji ja maan rakenne täten vaikuttavat hyvin keskeisesti veden liikkeisiin maaperässä.

Maaperän rakenne koostuu primäärihuukosista ja sekundäärihuukosista. Primäärihuukokset ovat yksittäisten kivennäishiukkasten väliin jääviä huukosia. Sekundääri- eli rakennehuukokset ovat muodostuneet yksittäisistä kivennäishiukkosista muodostuneiden

pysyvien agrekaattien väliin. Maan rakenteen kannalta juuri sekundäärihuokokset ovat tärkeitä. Maan kokonaishuokoisuus on riippuvainen maan hiukkaskoosta. Kun maan keskimääräinen hiukkaskoko pienenee, kokonaishuokoisuus kasvaa, mutta huokosten läpimitta pienenee nopeasti. Huokokset jaetaan kokonsa perusteella seuraavasti: (ANON. 1982, s. 29)

makrohuokokset l. ilmahuokokset	$\phi > 30 \text{ um}$
keskikokoiset l. vesihuokokset	$\phi 30-0,2 \text{ um}$
mikrohuokokset	$\phi < 0,2 \text{ um}$

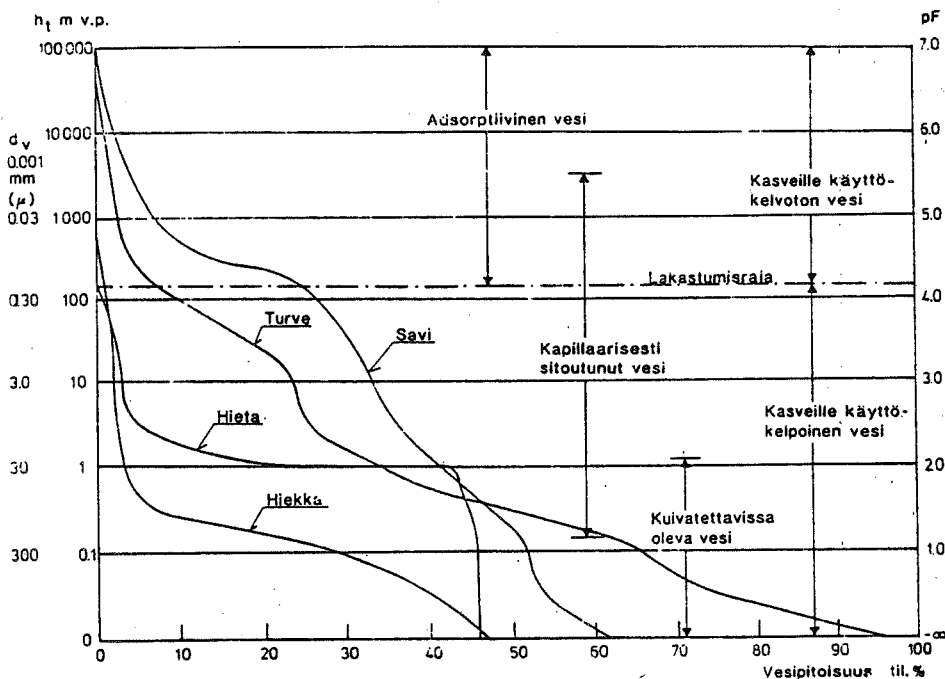
Ilmahuokokset ovat maan hengityksen vuoksi välttämättömiä. Sadevedet imeytyvät maahan vain ilmahuokosten kautta. Vesihuokokset ovat kasvien veden saannille välttämättömiä, koska ilmahuokosis-  
sa vesi ei pysy ja mikrohuokosiin varastoitunutta vettä kasvit eivät pysty käyttämään. Mikrohuokokset vaikuttavat lähinnä maan plastisuuteen, takertuvuuteen ja kovuuteen. (ANON. 1982, ss. 29-30.)

Maaperän vedet luokitellaan sitoutumisvoimien perusteella huokos- ja hiukkasvesiin. Hiukkasvedet ovat sitoutuneet maan hiukkasiin niin suurella voimalla, että ne eivät ole kasvien käytettävissä. Huokosvedet jakaantuvat sitoutuneisiin ja vapaisiin vesiin. Kuivatuksella voidaan maaperästä poistaa ainoastaan vapaat vedet. Vapaata vettä maaperässä ovat ilmivedet, vajovedet ja pohjavesi. (HOOLI ym. 1979, ss. 52-53.) Sitoutunut huokosvesi on varastoitunut kapillaarisesti vesihuokosiin ja absorboitumalla huokosten pintaan. Kun maa on kenttäkapasiteetti-tilassa eli maahan on varastoitunut max. määrä vettä, alkaa valuvesi vajota pohjavesiin. Sateiden jälkeen pintavedet alkavat vajota vasta sen jälkeen, kun maan ylin kerros on kenttäkapasiteetissa. (ANON. 1982, ss. 35-38.) Lisäksi maassa on oltava pitkiä yhteisiä huokosia, jotta vesi imeytyisi maahan.

Veden pidätyskyky eri maalajeilla vaihtelee paljon, koska tämä on riippuvainen maan huokostilasta. Kuvassa 7 joidenkin maalajien vedenpidätyskäyrät osoittavat, kuinka veden sitoutumisvoimat ovat riippuvaisia maan kosteustilasta. Kasvin juuret pystyvät kehittämään imun, jonka suuruus on pF 4,2 eli 150 m v.p. (ANON. 1982, s. 36). Tätä sanotaan lakastumisrajaksi, koska



suuremmalla voimalla sitoutunutta vettä kasvit eivät voi käyttää. Kuivatettavissa oleva vesi on sitoutunut maahan voimalla, jonka yläraja vastaa 1 m v.p. (pF 2). Kasveille käyttökelpoista vettä on lakastumisrajan ja kuivatettavissa olevan veden välinen alue.



Kuva 7. Eräiden maalajien vedenpidätyskäyriä  
(ANDERSSON ja WIKLERT 1972, s. 69)

Kuvan 7 vedenpidätyskäyristä nähdään, että hiekalla ja hiedalla lakastumisrajan ja kuivatettavissa olevan veden välinen alue on hyvin kapea. Vettä varastoituu näillä maalajeilla vähän ja tästä syystä ne ovat herkästi poutivia maalajeja. Hietamaille ominainen veden kapillaarinen nousu kuitenkin pienentää hiedalla poudan arkuutta. Maatumaton turve sisältää vettä kyllästyneessä tilassa n. 95 %. Kuivatuksella vesipitoisuutta voidaan alentaa maatumattomalla turpeella n. 33 %:iin. Maatumattomilla turpeilla vedenpidätyskyky poikkeaa huomattavasti maatumattomien turpeiden vedenpidätyskyvystä (kts. 2.4.2.2. turvemaiden tiivistyminen)

Pohjaveden korkeus vaikuttaa kenttäkapasiteettiin huokosten heterogeenisuuden ja koon ohella. Mitä ylempänä pohjavesi on,

sitä enemmän maahan sitoutuu vettä. Veden liikkeisiin huokosissa vaikuttaa myös veden lämpötila. Veden lämpötilan kohotessa veden viskositeetti alenee ja vesi alkaa kulkea nopeammin ja pienemmissä huokosissa. (ANON. 1982, ss. 36-37.)

Pohjaveden virtausnopeuden kuuvaamiseen on käytetty Darcyn lakia (VAKKILAINEN 1983, s. 52)

$$(2) \quad q = K \times \frac{H}{L}$$

jossa  $q$  = veden virtausnopeus (cm/s)

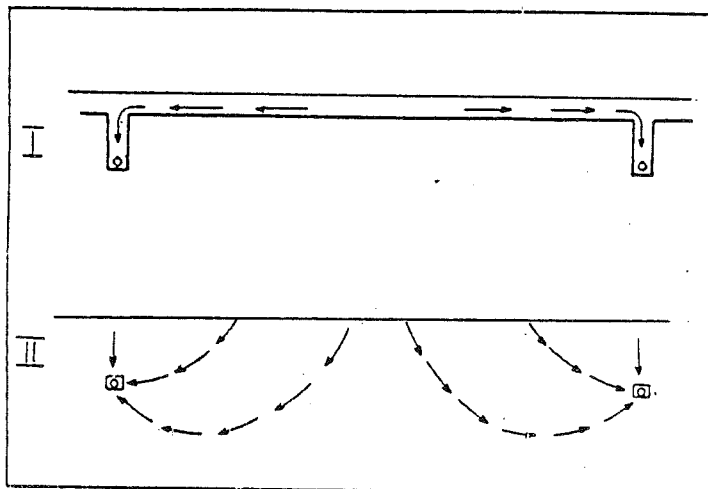
$K$  = hydraulinen johtavuus (cm/s)

$H/L$  = paineviivan kaltevuus

Kaavan 2 mukaan pohjaveden virtausnopeus on riippuvainen vesipintojen korkeuserosta, välimatkasta ja hydraulisesta johtavuudesta. Hydraulinen johtavuus on taas yksinomaan riippuvainen maalajin hiukkaskoosta eli tiiviyydestä. Tätä samaa periaatetta on sovellettu myös kyllästymättömien maakerrosten vedenkulkuun. Eräissä käytännön olosuhteissa tällä on selitetty tiivistyneen turvemaan heikkoa vedenläpäisykykyä, jolloin ongelman syyksi on havaittu pieni hydraulinen johtavuus (VAKKILAINEN 1983, ss. 50-53). Näissäkin tapauksissa makrohuokosten vähäinen määrä maassa on perimmäinen syy maan heikkoon läpäisevyyteen.

#### 2.3.1.1. Veden kulku salaojaan

Vesi virtaa pellon pintakerroksista salaojien läheisyyteen edellä esitettyjen periaatteiden mukaan. Tästä seuraa, että läpäisevillä mailla sadevedet valuvat suoraan pohjavesiin ja virtaavat pohjavesivaluntana salaojiin. Heikosti läpäisevillä mailla pintavedet valuvat pääasiassa jankon pintaa myöten salaojien kohdalle ja valuvat löyhemmän salaojakaivannon kautta salaojiin (kuva 8).



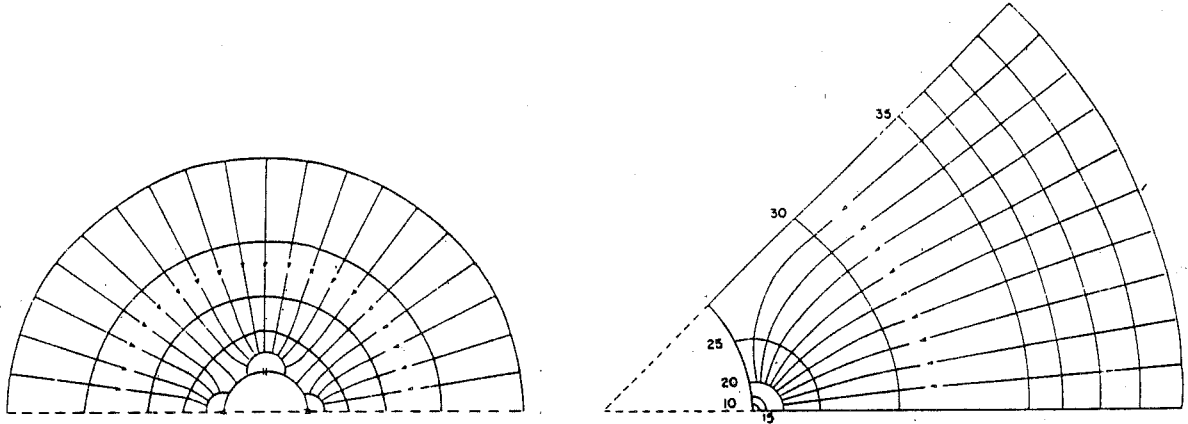
Kuva 8. Veden kulku salaojaan tiiviillä ja läpäisevällä maalla (SAAVALAINEN 1982, s. 32)

Käytännössä veden virtaus ei kuitenkaan tapahdu kaavamaisesti edellä esitetyn mukaan. Löyhät maat ovat harvoin homogeenisia. Maaprofiili tavallisesti vaihtelee ja maakerroksen tiiviys-aste vaihtelee, jolloin kuvan 8 virtausviivat muodostuvat epäsäännöllisiksi. Myös tiiviillä mailla vesi valuu suoraan pohjavesiin ja virtaa pohjavesivaluntana syvemmissä kerroksissa riippuen siitä kuinka paljon maassa on yhtenäisiä makrohuokosia.

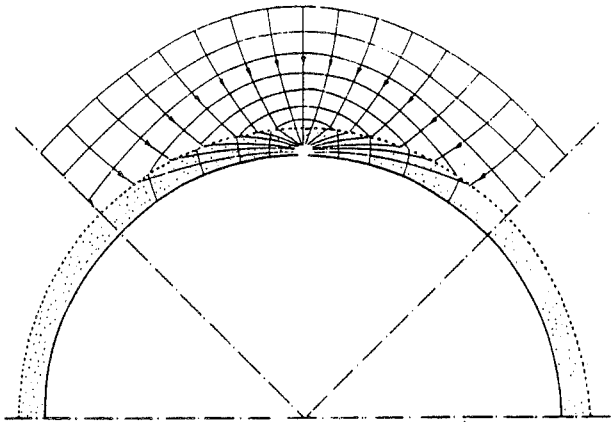
Salaojien läheisyydessä vesi pyrkii pienemmän paineen suuntaan eli salaojaan. Salaojan sisääntulovastus vastustaa virtausta. Tämä johtuu siitä, että veden virtausviivat kaartuvat voimakkaasti saumarakojen tai reikien suuntaan (kuva 9). Virtausvastuksen suuruuteen vaikuttaa maan hydraulinen johtavuus ja sisääntuloaukkojen määrä putken pituusyksikköä kohden. Kuvassa 9 on esitetty veden virtausviivat veden virratessa muoviputkeen. Tiiliputkilla sisääntulovastus on suurempi kuin muoviputkilla. Tämä johtuu siitä, että vesi virtaa tiiliputkiin ainoastaan saumakohdista, jolloin virtausviivojen taipuminen on voimakkaampaa kuin muoviputkilla. (HOOLI 1979.)

Suodattimen käyttö salaojaputkien ympärillä aiheuttaa virtausviivojen taipuman loivenemisen (kuva 10). Maalajista riippuen suodattimen vedenjohtavuus on 10-100 kertaa suurempi kuin ympäröivän maan (HOOLI 1979, s. 4). Näistä syistä johtuen sekä

tiili että muoviputkilla sisääntulovastus pienenee käytännöllisesti katsoen nolllaksi, kun putken ympärillä käytetään suodattinta.



Kuva 9. Veden virtaus muoviputkeen (WIDMOSER, ref. EGGELSMAN 1981, s. 101)



Kuva 10. Suodattimen vaikutus veden virtaukseen (WIDMOSER, ref. EGGELSMANN 1981, s. 101)

Käytännössä on havaittu, että suodattimen paksuuden lisääminen on tehokkaampi tapa lisätä salaojien vedenottokykyä kuin putkiin suurentaminen tai reikäpinta-alan suurentaminen (SAAVALAINEN 1983, s. 59).

### 2.3.1.2. Veden virtaus salaojassa

Erilaiset esteet ja epätasaisuudet putkien seinämissä vastustavat veden virtausta salaojissa. Kitkan aiheuttaman häviön suuruus riippuu mm. putken pinnan laadusta, putken muodosta, putken koosta, veden virtausnopeudesta ja putken pituudesta. Tiiliputkisalaojissa häviöt johtuvat pääasiassa putkisaumoista ja putkien asennuksessa syntyvistä portaista peräkkäisten putkien välille. Muoviputkilla virtaushäviöt aiheutuvat pääasiassa korrugoinnin aiheuttamasta kitkasta. Virtaushäviöitä aiheutuu paikallisesti myös asennusvirheistä eli putkistojen vaaka- ja pystytason mutkista. (SAAVALAINEN 1983, s. 61.)

Tiiliputkien vedenjohtokyky on laboratorio-olosuhteissa todettu n. puolitoistakertaiseksi saman kokoisiin korrugoituihin muoviputkiin nähden. Muoviputkilla vedenottokyky sitävastoin on suuremman reikäpinta-alan vuoksi suurempi kuin tiiliputkilla. Muoviputkien vedenottokyky on pienemmällä putkilla n. nelinkertainen ja suurilla putkilla n. kaksinkertainen saman kokoisiin tiiliputkiin nähden. Kokeiden mukaan (SUORTTI 1979)  $\phi$  50 mm:n tiiliputkilla vedenottokyky on 0,06 l/cm ja vedenjohtokyky 1 %:n kaltevuudella 0,67 l/s sekä 5 %:n kaltevuudella 1,8 l/s. Halkaisijaltaan 40 mm:n muoviputkella vedenottokyky on 0,29 l/cm ja vedenjohtokyky 1 %:n kaltevuudella 0,45 l/s ja 5 %:n kaltevuudella 1,0 l/s. Molempien putkien mittaukset on tehty vedessä 30 cm:n syvyydellä. Tiiliputkien vedenjohtokyky sisältää laboratorio-olosuhteissa 25 %:n varmuuden Keson nomogrammiin nähden. Halkaisijaltaan saman kokoisten muoviputkien vedenjohtokyky ei sisällä samanlaista varmuutta, vaan veden johtokyky on lähes sama kuin Keson nomogrammin arvot. Em. tulosten mukaan vedenottokyky ei muodostu rajoittavaksi tekijäksi, vaan pikemminkin putken vedenjohtokyky määrää salaojan tehokkuuden, elleivät muut tekijät ole rajoittavana tekijänä. (HOOLI 1979.) Nykyään muoviputket vastaavat vedenjohtokyvyltään täysin tiiliputkia ns. nimellismitoituksen johdosta.

Edellä esitetyt tulokset on kuitenkin saatu ihanteellisissa olosuhteissa, eivätkä ne vastaa käytännön olosuhteita. Esim. putkien vedenottokyky pienenee liettymisen ja tukkeutumisen vuoksi tai em. asennusvirheiden vuoksi.

#### 2.4. Salaojituksen toiminnalliset riskit

Syitä salaojituksen epäonnistumiseen tai salaojien 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, tuorerehun puristeneet, valtaojien heikko kunto ja paineellinen pohjavesi aiheuttavat salaojien toimintahäiriöitä. (KESO 1951, ss. 288-296.)

HALOSEN (1956) v. 1953 tekemän selvityksen mukaan 14,9 %:lla salaojittaneista maatiloista oli esiintynyt erilaisia tukkeumia salaojissa. Tässä selvityksessä yleisimmäksi tukkeumaksi oli osoittautuneet lietetukkeumat (taulukko 6). Liettymisen syynä olivat olleet laskuaukon lahoaminen tai laskuaukon jääminen rappeutuneen valtaojanpohjan alle, lietekaivojen täyttyminen, lähteet ja työvirheistä tai maalajin ominaisuuksista johtuva putkiston liettyminen. Toiseksi yleisimmin esiintyi juuritukkeumia. Ruostesakkaumia oli esiintynyt 9 %:lla niistä tiloista, joilla oli ollut toimintahäiriöitä. Muut ongelman aiheuttajat tämän selvityksen mukaan olivat laskuaukkojen jäätyminen tai salaojien jäätyminen talviteiden kohdalta ja tuorerehun puristeneet. Salaojien toimintahäiriöiden aiheuttajista 41 % oli jäänyt epäselväksi tai selvittämättä, koska ojastoa ei oltu kaivettu auki. Selvitykseen osallistuneista tiloista 85,1 %:lla ei ollut esiintynyt tukkeumia tai häiriöitä salaojissa. Ko. selvityksessä kysely lähetettiin 1585:lle tiiliputkilla salaojittaneelle maatilalle, joista 55 % vastasi tiedusteluun.

Taulukko 6. Erilaisten tukkeumien esiintyminen tiiliputki-  
salaojissa v. 1953 (HALONEN 1956)

Tukkeumatyyppi	kpl	%	%
Liettymästä aiheutuneita tukkeumia	37	29	
Juuritukkeumia	17	13	
Ruosteen aiheuttamat tukkeumat	11	9	
Salaojien jäätyminen	7	6	
Tuorerehun puristenesteet	2	2	
Tukkeumia, joiden syytä ei oltu selvitetty ojaa avaamalla	55	41	
Tukkeumia yhteensä	127	100	14,9
Tukkeumia ei ole	727		85,9
Kyselyyn vastanneiden määrä	854		100,0

Kaksikymmentä vuotta myöhemmin yleisimmät salaojien toimintahäiriöiden aiheuttajat olivat erilaisia tukkeumia, jotka olivat joko liettyjä tai ruostesakkaumia. Myös lähteiden ja suunnitteluvirheiden osuus oli huomattava.

Taulukko 7. Salaojien toimintahäiriöiden aiheuttajat v. 1983  
(RISTOLAINEN 1983)

Toimintahäiriön syy	%
Salaojien tukkeutuminen	28
Lähteet	16
Suunnitteluvirhe	15
Ruoste	14
Putkien rikkoutuminen tai siirtyminen	10
Maan liettyminen	7
Maan tiivistyminen	5
Muut syyt	5

Molemmat edellä esitetyt selvitykset on tehty tilakyselyllä ja tulokset perustuvat tilan omiin käsityksiin ongelmien aiheuttajista.

## 2.4.1. Salaojien tukkeutuminen

Yksi yleisimmistä salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavista tekijöistä on pohjaveden tai maaperän rautapitoisuus. Rautasaostumia esiintyy yleisesti soissa ja karkeajakoisissa hieta- ja hiekkakerroksissa. Ruostesaostuma eli rautaokra on kemialliselta koostumukseltaan pääasiassa  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Saostuma sisältää myös mm. Al-, Mn- ja Ca-yhdisteitä. Pohjaveteen liuenneet kahdenarvoiset rautayhdisteet hapettuvat ilman hapen vaikutuksesta kolmenarvoisiksi raudan kompleksiyhdisteiksi, jotka eivät enää liukene veteen vaan laskeutuvat hyytelömäisenä sakkana esim. salaojaputkien pohjalle. Ruostesakkaa syntyy myös hapettomissa olosuhteissa rautabakteerien vaikutuksesta. (LAPPALAINEN 1981, ss. 65-66.) Pohjaveteen liukeneva  $\text{Fe}^{++}$ -rautaa voi esiintyä paikallisesti kuivatettavan peltoalueen maaperässä pohjaveden pinnan alapuolella tai sitä voi kulkeutua pohjaveden mukana pellon ulkopuolelta. Muodostuvan ruostesakan määrä riippu pohjaveden pH-arvosta ja siihen liunneen  $\text{Fe}^{++}$ :n määrästä (taulukko 8).

Taulukko 8. Ruostesakkaumien riippuvuus pohjamaan pH:sta ja veteen liunneen raudan määrästä (KUNTZE ja EG-GELSMANN 1974)

$\text{Fe}^{++}$ -pitoisuus (mg/l)		Ruosteen syntymisvaara
pH < 7	pH > 7	
< 0,5	< 1,0	ei lainkaan
0,5-1,0	1,0-3,0	vähäinen
1,0-3,0	3,0-6,0	kohtalainen
3,0-6,0	6,0-9,0	suuri
> 6,0	> 9,0	erittäin suuri

Pohjaveden  $\text{Fe}^{++}$ -konsentraation merkityksestä ja rautasaostumien syntytyavoista eri tutkijat eivät kuitenkaan ole päässeet aivan yhdenmukaisiin tuloksiin. Tämä johtunee siitä, että erilaisissa olosuhteissa ja eri maalajeilla ruostesakkaumien muodos-



tumistapa vaihtelee paljon. PELTOMAAN (1981, ss. 54 - 55) mukaan eräät tutkijat ovat havainneet rautabakteerien aiheuttavan jopa yli 80 % saostumista. Samoin ruostesakkaumien koostumus on vaihdellut hyvin paljon. Rautapitoisuus on vaihdellut oksidiksi muutettuna 3 %:sta 60 %:iin ja orgaanisen aineen määrä sakan kuiva-aineesta on usein ollut yli 50 %. Suomen olosuhteissa tärkeimmät rautasaostumien syntyyn vaikuttavat tekijät ovat em. veden  $Fe^{++}$ -pitoisuuden ja maan pH-tilanteen lisäksi maan happi-tilanne. Rautapitoisuuden ja saostumavaaran yhteydestä on tultu seuraavaan tulokseen: (PELTOMAA 1983)

rautapitoisuus < 5 mg/l	ruostevara lievä
5-15 mg/l	selvä sakan muodostus, ei suurta haittaa 5 v:ssa
> 15 mg/l	sakkautuminen merkittävää

Tämän selvityksen mukaan maan happi-tilanne vaikuttaa oleellisesti sakkaumien syntyyn. Tämän vuoksi löyhemmissä hietamaisissa sakkaumat ovat syntyneet lähes yksinomaan hapettumalla. Mangaanin saostuminen on ensisijaisesti biologista ja raudan saostuminen sekä kemiallista että osittain myös biologista. (PELTOMAA 1983.) Koska ruostesakkaumien muodostumiseen vaikuttaa myös maan happi-tilanne, on ilmeistä että ruostesakkaumien syntyvät eroavat toisistaan eri maalajeilla eli lähinnä kivennäismailla ja turvemilla. Tämän mukaan biologinen ruostesakkaumien muodostuminen saattaisi olla juuri turvemilla yleisempää kuin kivennäismailla.

Biokemialliselle rautaokralle on tyypillistä, että sen muodostuminen on voimakkaimmillaan happamassa vedessä lämpötilan ollessa +1...+5 °C. Kemiallinen sakkautuminen vastaavasti dominoi korkeammassa veden lämpötiloissa ja neutraalissa tai lievästi happamissa vesissä. (LAPPALAINEN 1981, s. 66.)

Yleensä suurin ruosteen aiheuttama ongelma salaojissa on veden virtausta estävät tukkeumat. Ruoste voi sakkautua myös salaojaputkien saumoihin ja reikiin sekä suodattimeen, jolloin veden virtaus salaojaan vaikeutuu. (TRAFFORD, ym. 1972.)

PELTOMAAAn (1983) mukaan ruostesakkaumat kerääntyvät tiiliputkissa putkien pohjalle ja muoviputkissa ympäriinsä putkien sisäpinnoille.

Ruostehaittojen torjumisessa tehokkaimmaksi keinoksi on käytännössä havaittu vedenalaiset ojitukset. Näissä rauta saostuu vasta kaivoissa ja laskuaukoilla rautapitoisen veden jouduttua ilman hapen vaikutuksen alaiseksi. PELTOMAAAn (1983) mukaan karkeilla, läpäisevillä kivennäismailla vedenalaisen ojituksen tekeminen on kuitenkin kyseenalaista, koska pohjaveden korkeutta ei pystytä pitämään kuivana aikana ojaston yläpuolella. Uudemmina menetelminä ruosteen torjunnassa ovat ojaston huuhteluun tähtäävät ratkaisut eli huuhteluliitokset imuojissa ja yksittäiset salaojat.

Lietetukkeumia syntyy salaojaan, kun suodattimen läpi veden mukana kulkeutuva hienojakoisen maa-aines sedimentoituu putken pohjalle. Tätä tapahtuu silloin, kun lietteen määrä vedessä on suuri ja veden virtausnopeus on samanaikaisesti pieni. PÄLIKÖN (1969, s. 42-43) mukaan putken pohjalle sedimentoituneen lietteen uudelleen irtautumiseen tarvitaan sitä suurempi veden virtausnopeus, mitä pienemmästä lietteen raakoosta on kysymys. Toisaalta, mitä hienojakoisempaa liete on, sitä pienemmän veden nopeuden täytyy olla, että sedimentoitumista alkaa tapahtua. Kokeiden perusteella veden virtauksen min. nopeudeksi on saatu 0,4 m/s, jossa nopeudessa salaojaan tullut liete kulkeutuu veden mukana pois. Herkästi liettyvillä mailla salaojien suunnittelussa onkin pyritty vähintään tähän min. veden nopeuteen.

KESON (1951, ss. 165,291) mukaan suurin salaojien liettymisriski on hiesu- ja hietasavilla sekä puhtailla hiesu-, hieta- ja hiekkamailla. Lähteisyys ja pohjavetisyys lisää huomattavasti liettymisvaaraa. Lietetukkeumia esiintyy säännöllisesti sellaisissa vanhoissa salaojissa, joissa ojakaltevuus ojien alapäässä on pienempi kuin yläpäässä.

Suodatinsoran laadulla ja määrällä sekä ruokamullan määrällä on MÄENPÄÄN ja PERÄLÄN (1974, s. 111) mukaan keskeinen merkitys lietetukkeumien syntymiseen. Mitä karkeampaa sora on ja mitä vähemmän soraa ja ruokamultaa on käytetty, sitä suurempi on

myös liettymisriski. Lietetukkeumia saattaa muodostua jo ojitusvaiheessa, jos olosuhteet ovat huonot, esim. maa on märkää tai maalaji on herkästi juoksevaa ja kaivantojen pohja on pehmeää (PÄLIKKÖ 1961, s. 174).

#### 2.4.2. Tiivistyminen

##### 2.4.2.1. Kivennäismaiden tiivistyminen

Luonnostaan tiiviillä maalla salaojien toiminta perustuu siihen, että suurin osa salaojiin tulevasta vesistä valuu ojakaivantoa myöten alas ojien läheisyyteen (kuva 8 s. 23). Ojakaivannon täytön jälkeen täytemaahan on syntynyt uusia huokosia. Nämä huokokset ovat kuitenkin hyvin labiileja ja suurin osa niistä tuhoutuu paineen ja veden vaikutuksesta. Suurien huokosten tuhoutuessa täytemaan huokostila saavuttaa lopulta tasapainotilan ja jää yleensä löyhemmäksi kuin kaivantoa ympäröivä maa. (KOWALD 1968, ss. 150 - 152.) Täyttömaan tiivistyminen voi kuitenkin jatkua koneiden aiheuttaman tiivistymisen vuoksi. VAKKILAISEN (1980, s. 26-28) mukaan veden imeytyminen tiiviillä mailla salaojien välissä oli suuruusluokaltaan sama, mutta salaojien kohdalla erot olivat selvät eri ikäisten salaojien välillä. Tämä johtui siitä, että ojakaivantojen yläosa oli tiivistynyt jo 4-5 vuoden kuluttua ojituksesta siinä määrin, että se häyttasi kuivatusta merkittävästi.

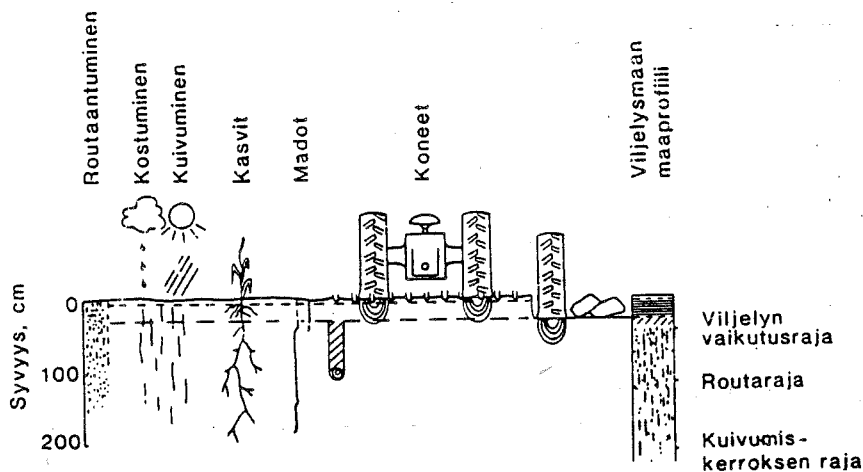
Tiiviillä mailla vedenläpäisevyys on voimakkaasti riippuvainen makrohuokosien määrästä sekä ojakaivannossa että jankossa. Näitä välttämättömiä huokosia ovat mm. juurien ja matojen tekemät reiät, roudan ja kuivumisen aiheuttamat halkeamat ja luonnollisesti murujen väliset pysyvät huokokset. Makrohuokosten merkitystä kuvaa, että jos vain maalajin raekoostumuksesta riippuva hydraulinen johtavuus säätelisi veden suotautumista maan läpi, kestäisi 10 mm:n vesimäärän valuminen salaojiin savimailla toista sataa vuorokautta. (VAKKILAINEN 1980, s. 24.)

Koneiden maata tiivistävä vaikutus perustuu siihen, että maapartikkelit joutuvat lähemmäksi toisiaan, jolloin mikrohuokokset pienenevät entisestään, mururakenne muuttuu ja maan rakenteelle

tärkeät makrohuokokset painuvat umpeen. Märässä maassa vesi pienentää maapartikkeliin välistä kitkaa ja muutokset ovat vielä suurempia. Seurauksena on tavallisesti kuivatuksen heikkeneminen. (VAKKILAINEN 1980, s. 24.) Myös traktorin vetokyvyille välttämätön luisto aiheuttaa tiivistymistä. Yli 20 %:n luisto vaurioittaa maan pintakerroksen huokosia.

Kokonaisuudessaan maan tiivistymistä tapahtuu sekä muokkauskerroksessa että pohjamaassa eli jankossa. Maan rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. jo em. koneet, sää, routaantuminen ja kasvien juuret (kuva 11). Osa näistä tekijöistä vaurioittaa maan rakennetta ja osa palauttaa tai pitää maan rakennetta kunnossa.

Suurimmat huokostilavuuden muutokset tapahtuvat muokkauskerroksessa, koska rasitukset ja huokostilavuus ovat suuremmat kuin jankossa. Muokkauskerroksen tiivistymisen aiheuttaa pääasiassa renkaan pintapaine. Muutokset muokkauskerroksen huokoisuudessa vaikuttavat satoon ja maan muokattavuuteen. Myös veden valuminen muokkauskerroksen läpi on huomattavasti hitaampaa pienentyneen huokoskoon vuoksi. Tiivistynyt muokkauskerros voidaan kuitenkin suhteellisen helposti palauttaa kuohkeampaan tilaan. Huolellinen kyntö kuivissa olosuhteissa, routa ja hyvä kuivatus vaikuttavat edullisesti muokkauskerroksen huokostilaan. (ERIKSSON ym. 1974, ss. 45-60.)



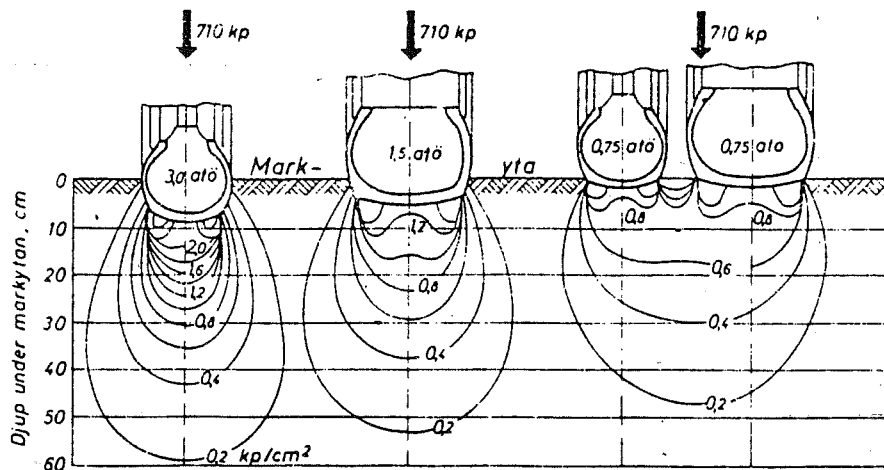
Kuva 11. Maan rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä (ERIKSSON ym. 1974, s. 11)

Jankon tiivistyminen aiheuttaa pitempiaikaiset haitat kuivatukselle ja myös kasvustolle kuin muokkauskerroksen tiivistyminen. Jankon tiivistymiseen vaikuttavat ennenkaikkea painavat koneet. Mitä suurempia ovat koneiden akselipainot, sitä syvemmälle jankkoon tiivistyminen ulottuu. Jos esim. perävaunun akselipaino ylittää 6 tn tai telipaino 8 tn, maa saattaa tiivistyä haitallisesti 50 cm:n syvyyteen saakka. (DANFORS 1977, ss. 11-24.) STARIKOVIN ym. (1982) mukaan akselipainoltaan 4 tn painavan traktorin tiivistymisvaikutus saattaa ulottua jopa 1 m:n syvyyteen hs- ja savimailla. Kun maa on märkää, tiivistyy jankko em. koneiden painoja pienemmillä kuormituksilla.

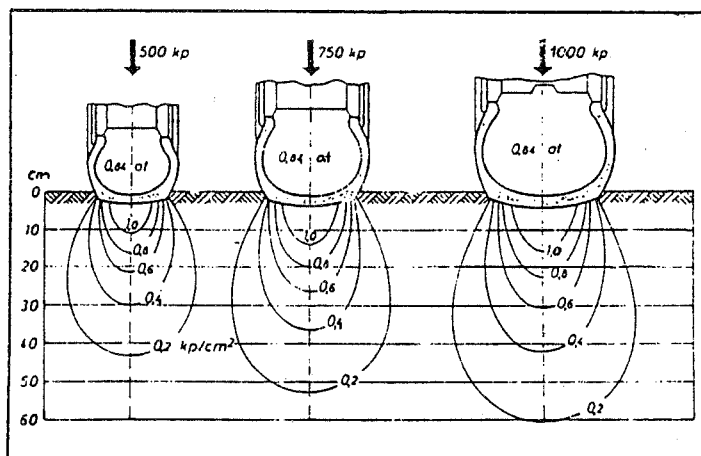
Koska tiiviillä mailla pintavedet valuvat salaojiin pääasiassa ojakaivannon kautta, on ojatiheydellä ja sorasilmäkkeiden määrällä hyvin keskeinen merkitys kuivatuksen onnistumisessa. VAKKILAISEN (1980, s. 27) mukaan ojituksen syventämisellä aikaansaattava maan kuivumisen nopeutuminen ja maan tiivistymisalttiuden vähentyminen vaikuttavat varsin vähäisiltä. SKINKIS'n (1982) mukaan syvällä salaojituksella (1,3-1,8 m) saadaan hs- ja savimailla tyydyttävä kuivatusteho sateisimpina-kin aikoina. Tämä on ainoa keino alentaa pohjaveden korkeutta ko. maalajeilla sellaiselle tasolle, että riittävä kuivuminen olisi myöskin mahdollista tavallista sateisimmissa olosuhteissa. Tämän mukaan myös ns. myyräojituksella olisi edullinen vaikutus pintavesien poistumiseen tiivittyneiltä pelloilta. Myyräojituksen vaikutus kestää n. 2-3 vuotta.

Maan tiivistymisherkkyys riippuu sen koheesio- ja kitkaominaisuuksista ja erityisesti vesipitoisuudesta. Herkimmin tiivistyvät sellaiset maalajit, joilla on kosteassa tilassa pieni koheesio ja pieni sisäinen kitka (hs-maat). Puhtailla koheesio- mailla (savet) tiivistymistä ilmenee pitkäaikaisen kosteuden ja toistuvan kuormituksen alaisena. (HAKANSSON 1966, s. 162.) Myös kitkamaat (karkeat kiv. maat) voivat tiivistyä märkänä voimakkaan kuormituksen alaisena. Hyvin kosteassa tilassa maahiukkaset ovat vesivaipan ympäröimiä, minkä vuoksi maan koheesio ja maan sisäinen kitka heikkenevät ja siten myös maan kantavuus heikkenee (SÖHNE 1952, ss. 53-55).

Pintapaineen pienentämisellä, esim. paripyörien käytöllä tiivistymisvaikutusta voidaan vähentää ja samalla tiivistymissyvyys mataloituu (kuva 12). Mitä suurempi pintapaine on, sitä suurempi paine myös kohdistuu maan pintakerrokseen. Akselipainon suureneminen pintapaineen pysyessä saman suuruisena aiheuttaa syvemmälle ulottuvan tiivistymisvaikutuksen (kuva 13).



Kuva 12. Pintapaineen vaikutus maan tiivistymiseen (SÖHNE ref. DANFORS 1970, s. 35)



Kuva 13. Akselipainon vaikutus maan tiivistymiseen (SÖHNE ref. DANFORS 1970, s. 35)

Erityisesti traktorin takarenkaat tiivistävät maata voimakkaasti. Maahan kohdistuva paine on traktorin painosta ja renkaiden koosta riippuen 100-200 kPa. Traktorin renkaiden painama pinta-ala on suuri, sillä neljällä ajokerralla tulee tallatuksi koko pellon ala. Tiivistyminen ei kuitenkaan tapahdu tasaisesti,

vaan osa maata jää tallaamatta ja osa tallautuu useaan kertaan. (ELONEN 1977) Maan rakenteen parantamiseksi on usein esitetty heinäkavien viljelyä, jolloin kasvien juuria ehtisi tunkeutua runsaasti syvempiin kerroksiin ja maan makrohuokosten määrä lisääntyisi. Ongelmaksi saattaa kuitenkin muodostua sadon korjuusta aiheutuva tiivistyminen. Varsinkin tuorerehun korjuussa ajokertojen määrä kasvaa suureksi ja tiivistymisvaurioita saattaa aiheutua enemmän kuin mitä heinäkavut parantaisivat maan rakennetta.

Tiiviillä mailla on esiintynyt tiivistymisongelmia jo 40-luvulla. KESOn (1951, s. 168) mukaan tämä on johtunut märän maan kyntämisestä, jolloin aura on tukkinut jankosta kaikki suuret raot ja reiät.

#### 2.4.2.2. Turvemaiden tiivistyminen

Turvemaille on tyypillistä niiden heikko kantavuus ja voimakas painuminen viljelyksessä. Tehokkaan ojituksen jälkeen painuminen on voimakkainta 3-4 vuoden aikana, jolloin pohjaveden pinta laskee. Turpeen painuminen riippuu turvekerroksen paksuudesta, ojituksen syvyydestä, pohjaveden pinnan korkeudesta ennen kuivatusta sekä turvelajista ja turpeen maatumisasteesta. Viljely kuluttaa turvetta 0,5-1,5 cm/v. (HUIKARI ym. 1963, s. 27-28.)

Kuivatuksen kannalta turvemaille on em. ominaisuuksien lisäksi tarkasteltava kahta keskeistä maalajien ominaisuutta eli veden läpäisykykyä ja veden pidätyskykyä. Turvemaille veden läpäisykyky pienenee voimakkaasti maatumisasteen kohotessa ja samalla veden sitoutumislujuus suurenee (PÄIVÄNEN 1973, ss. 20-21). Heikosti maatunut, huokoinen turve sisältää vettä kyllästyskosteudessa n. 95 til. %, mutta se luovuttaa suhteellisen helposti pidättämänsä veden. Maatumisasteen kohotessa turpeen huokoisuus pienenee ja myös vesipitoisuus kyllästyskosteudessa on pienempi, mutta vesi sitoutuu suuremmalla voimalla turpeeseen. Taulukossa 9 on esitetty erilaisten turvelajien veden sitoutumislujuus. Taulukosta havaitaan veden sitoutumislajuuden voimakas kasvu maatuneisuuden kasvaessa.

Taulukko 9. Turpeen vesipitoisuuden ja veden sitoutumislujuuden välinen riippuvuus (PÄIVÄNEN 1973, s. 42)

Turvelaji ja sen tiheys	Maaveden jännitys				
	pF 0	pF 1	pF 2	pF 3	pF 4
Vesipitoisuus % tilavuudesta					
S-t 0.047	95 %	60 %	27 %	20 %	10 %
C-t 0.135	87 %	78 %	57 %	32 %	17 %
L-t 0.207	82 %	81 %	66 %	43 %	26 %

Kyllästyskosteudessa ja pF 2:ssa turpeeseen pidättyneiden vesimäärien erotuksen (kuivatettavissa oleva vesi) suhde näytteen koko tilavuuteen kuvaa painovoiman vaikutusta poistuvaan vesimäärää. Tästä käytetään nimitystä vesisaanto (BOELTER 1969). PÄIVÄSEN (1973, s. 55) mukaan vesisaanto riippuu turpeen tiheydestä seuraavasti:

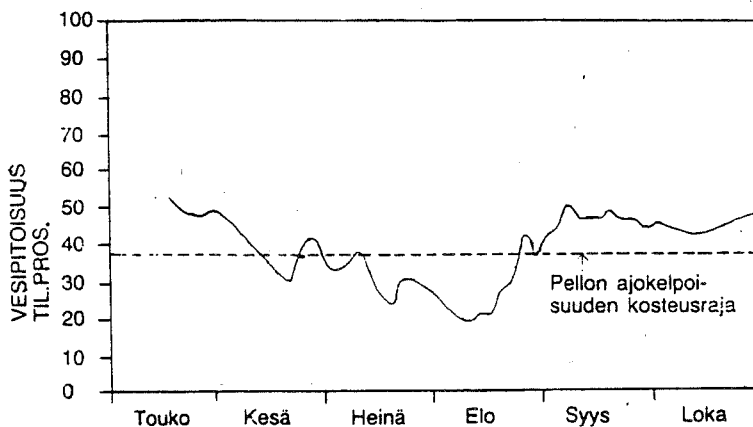
turpeen tiheys g/cm <sup>3</sup>	vesisaanto cm <sup>3</sup> / cm <sup>3</sup>
0,05	0,60
0,10	0,36
0,15	0,22
0,20	0,18

Tämän mukaan painovoiman vaikutuksesta salaojiin valuvan veden määrä pienenee voimakkaasti turpeen tiheyden ja maatumisasteen kasvaessa.

Turpeen vesipitoisuuden pellon pintakerroksessa tulee laskea n. puoleen siitä, minkä turve pidättää kyllästytilassa, jotta pellon kantavuus olisi riittävä (HUIKARI ym. 1963, s. 25). Kun tarkastellaan edelläesitettyjä taulukoita havaitaan, että löyhällä, maatumattomilla turpeilla vesipitoisuus alenee pF 2:ssa eli painovoiman vaikutuksesta alle puoleen kyllästytilan kosteudesta. Tiiviillä, maatumilla turpeilla sitävästoin vesipitoisuus pF 2:ssa on yli puolet kyllästytilaan verrattuna. Tämä merkitsee sitä, että kuivumisen täytyy jatkua haihtumalla ennenkuin pelto saavuttaa riittävää kantavuutta vastaavan kosteustilan.



Koneiden paino vaikuttaa vastaavalla tavalla turvemaille kuin kivennäismaille eli maa tiivistyy. Muokkaustoimenpiteillä edistetään turpeen maatumista ja hienontumista. Tämän seurauksena maalajin huokoisuus muuttuu siten, että makrohuokosien määrä vähenee ja vedenläpäisykyky pienenee. Veden sitoutumislujuutta maatuneeseen turpeeseen ja makrohuokosten vähäisyyden vaikutusta pellon kantavuuteen kuvaa eräs käytännön esim. kuvassa 14.



Kuva 14. Turpeen kosteuden ja kantavuuden välinen riippuvuus eräässä käytännön tapauksessa (VAKKILAINEN 1983, s. 53)

Kuvan 14 tapauksessa salaojat olivat kunnossa, mutta tästä huolimatta pellolla seisoivat pintavesiä. Pelto kuivui riittävää kantavuutta vastaavaan kosteustilaan vasta heinäkuun puoliväliin mennessä ja pysyi ajokelpoisena n. yhden kuukauden ajan.

#### 2.4.3. Muut riskitekijät

Paineellinen pohjavesi ja lähteiköt ovat yksi salaojituksen riskitekijä. Kuivatuksen onnistuminen tällaisella alueella riippuu lähteikön laajuudesta, pohjaveden paineesta ja pohjamaan kantavuudesta (MÄENPÄÄ ja PERÄLÄ 1974, s. 112). Pienemmät lähteet on yleensä saatu kuivumaan lähdekaivoilla, kun lähteen sijainti on onnistuttu paikallistamaan. Lähteikköjen kuivatusta vaikeuttaa huomattavasti ruosteen esiintyminen ja salaojien liettyminen ko. olosuhteissa.

Paineellista pohjavettä voi esiintyä peltoalueella, vaikka pellon pinnalla ei havaitakaan selviä lähteikköjä. Tämän vuoksi paineellisen pohjaveden havaitseminen on usein vaikeaa. Samoin turvemailloilla, jos turvekerroksen alla on löyhiä hieta- tai hiekkakerroksia ja pellon ympäristössä maasto on korkeampaa eli kun edellytykset paineellisen pohjaveden esiintymiselle on, tämän havaitseminen on usein vaikeaa, koska pellon pintaan ei välttämättä muodostu lähteitä. Tällaisissa olosuhteissa ongelmat ilmenevät vasta useita vuosia ojituksen jälkeen, kun turvekerros on painunut alaspäin ja ohentunut.

Putkien rikkoutumista saattaa tapahtua putkien asennusvaiheessa. Nykyisin käytössä olevat tiili- ja muoviputket ovat lujuudeltaan sitä luokkaa, että putkien rikkoutuminen ojitusvaiheessa ja sen jälkeen on harvinaista. Lautasalaojaputket lahoavat suhteellisen lyhyessä ajassa, jos ne ovat pohjaveden pinnan yläpuolella.

Salaojituksen toteutusvaiheessa tehdyt virheet johtuvat KESOn (1951, ss. 289-290) mukaan taitamattomuudesta ja huolimattomuudesta. Tällaisia tekovirheitä ovat lähinnä putkien huolimaton lasku, ojan pohjan huono tasoittelu ja ojitus huonoissa olosuhteissa. Tavallisimmat suunnitteluvirheet ovat imuojien virheellisen suunta ja sijoittelu. Huoltotoimenpiteiden laiminlyönnistä yleisin on valtaojien huono hoito, jonka seurauksena laskuaukot jäävät valtaojan pohjan alapuolelle.

## 2.5. Salaojituksen tarve Suomessa

### 2.5.1. Uudisojitus

Vuoden 1978 loppuun mennessä oli Suomen n. 2,5 milj. peltohehtaaria salaojitettu n. 800 000 ha (32 %). Ilman ojitusta voidaan viljellä n. 300 000 ha (12 %). Ojittamatta oli vielä noin 1,4 milj. ha (56 %). (ANON. 1980b.) Ojitustarve jakautuu maatalouskeskuksittain taulukon 10 mukaan.

Taulukko 10. Ojitustarve Suomessa 1980-luvun alussa  
(ANON. 1980a, ss. 56-76)

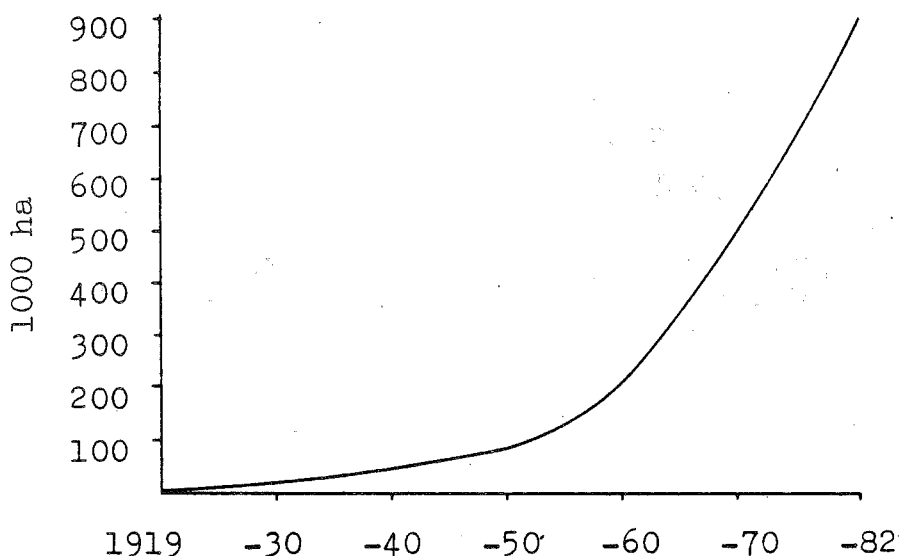
	pelto p-ala v. 1978 ha	ojitettu 1.1.1979 %	ei tarv. ojitusta %	ojitus- tarve ha
Uudenmaan maatal.k.	139 100	54,6	4	57 500
Nylands svenska lantbr.	80 900	51,0	8	33 100
Varsinais-Suomen m.k.	246 600	64,0	5	76 400
Finska Hushållningss.	30 900	43,9	7	15 100
Satakunnan maatal.k.	188 100	48,0	9	80 800
Pirkanmaan maatal.k.	116 800	26,9	15	96 900
Hämeen läänin m.k.	159 000	57,5	5	59 600
Itä-Hämeen maatal.k.	71 600	40,8	15	31 600
Kymen läänin m.k.	160 300	30,7	16	85 400
Mikkelin läänin m.k.	108 000	8,4	40	55 700
Kuopion läänin m.k.	162 300	13,3	27	96 800
Pohjois-Karjalan m.k.	122 800	8,0	35	69 900
Keski-Suomen m.k.	112 200	17,7	18	72 100
Etelä-Pohjanmaan m.k.	276 700	27,0	6	185 300
österbottens svenska l.	115 500	21,7	5	84 600
Kainuun maatal.k	54 400	2,6	30	36 600
Oulun maatalouskeskus	278 900	9,5	6	235 600
Lapin läänin maatal.k.	76 500	3,6	6	69 100
Yht. ha / keskim. %	2 500 600	30,8	12,6	1 442 100

Taulukon 10 mukaan suhteellisesti pisimmälle salaojituksessa ovat edenneet Uudenmaa, Varsinais-Suomi, Etelä-Suomen rannikko-alue, Häme ja Satakunta. Vähiten peltoalasta on salaojitettu Savossa, Itä-Suomessa, Kainuussa ja Lapissa. Ojitustarve em. taulukkoon on laskettu vähentämällä koko peltoalasta jo ojitettu alue ja peltoala, joka ei tarvitse ojitusta. Taulukon mukaan ojitustarpeessa olevaa peltoa on runsaasti vielä niilläkin alueilla, joissa ojitus on edennyt pitkälle. Tästä on kuitenkin nähtävissä, että ojituksen painopiste on siirtymässä yhä enemmän Etelä- ja Lounais-Suomen savialueilta pohjoisemmaksi karkeammille kivennäismaille ja turvemaille.

Vuosittaiset salaojitusmäärät ovat olleet v. 1970-1982 keskim. 33 000 ha vaihdellen 24 530 ja 44 400 ha:n välillä (ANON.1983d).

### 2.5.2. Uusinta- ja täydennysojitus

Uusinta- ja täydennysojituksen tarvetta on vaikea aivan tarkasti ennakoida. Tulevaisuudessa uudisojituksen edetessä loppuun, uusinta- ja täydennysojituksen tarve luonnollisesti tulee lisääntymään. Yleisesti salaojituksen teknisenä ikänä on pidetty 50 vuotta tiili- ja muoviputki-ojastoissa sekä lautaputki-ojastoissa 30 vuotta. Kussakin ojastossa salaojien toimintaikä on kuitenkin voimakkaasti riippuvainen em. riskitekijöistä ja salaojien toimintatavasta saattaa esiintyä suuriakin vaihteluita. Salaojituksen yleistymisen Suomessa on ollut v. 1919-1982 kuvan 15 mukainen.



Kuva 15. Salaojitetun pinta-alan kasvu Suomessa v. 1919 - 1982 (ANON. 1983d)

Suurin osa salaojituksistamme on tehty em. kuvan mukaan vuoden -60 jälkeen eli n. 700 000 ha, kun tätä ennen oli salaojitettu n. 200 000 ha. Jos salaojien toimintaikä on edellämainittu 50 vuotta, merkitsisi tämä sitä, että uusinta- ja täydennysojituksen määrä ei tulisi kasvamaan kovin merkittäväksi lähivuosien aikana. Vuonna 1979 uusinta- ja täydennysojituksen määrä oli koko maassa 401 ha (ANON. 1980, s. 49) ja vuonna 1983 vastaava pinta-ala oli 988 ha (ANON. 1984, s. 49).

### 3. KOKEELLINEN OSA

#### 3.1. Tutkimuksen tarkoitus

Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitoksen käynnistämän toimintahäiriötutkimuksen tarkoituksena oli selvittää käytännön maatiloilla salaojien toimintahäiriöt, niiden laajuus, toimintahäiriöiden syyt ja minkälaisissa olosuhteissa toimintahäiriöitä esiintyy. Salaojien toimintahäiriötutkimus on ts. kartoittava tutkimus, jolla pyrittiin hahmottamaan kokonaiskuva eri tyyppisten ongelmien ja olosuhteiden välisistä riippuvuussuhteista ja yleisyydestä. Lisäksi tämän tutkimuksen tavoitteena oli osoittaa ne salaojituksen työvaiheet ja rakenteelliset osat, jotka vaativat ojitushankkeessa suurempaa huomiota osakseen sekä osoittaa yksityiskohtaisemmat tutkimustarpeet salaojitusriskien minimoimiseksi.

#### 3.2. Tutkimusmenetelmän ja -strategian valinta

Toimintahäiriötutkimuksen luonne ja tavoite määrittelivät jo varsin pitkälle käyttökelpoiset tutkimusmenetelmät ja -strategian. Näistä parhaaksi tutkimusmenetelmävaihtoehdoksi arvioitiin yksityiskohtainen tutkimus niillä maatiloilla, joilla esiintyy salaojien toimintahäiriöitä. Kirjallisuudessa esitettyjä tutkimustuloksia jo huomattavasti aikaisemmin tehdyistä salaojien ongelmiin liittyvistä selvityksistä ja Salaojakeskus ry:n vikatarkastusraporttien yhteenvedoa käytettäisiin tällöin toimintahäiriötutkimuksessa vertailulähteinä ja tutkimusta tukevana lähteinä.

#### 3.3. Tutkimusaineisto

##### 3.3.1. Tilojen valinta

Keväällä -82 koottiin kirjeitse salaojateknikoilta tiedot niistä maatiloista, joilla esiintyy salaojien toimintahäiriöitä. Tässä ns. teknikkokyselyssä selvitettiin tilan sijaintikunta, ongelmal-

lisen ojituksen pinta-ala, ojitusvuosi, putkimateriaali ja ongelman epäilty aiheuttaja. Samanaikaisesti laskettiin Salaojakeskus ry:n vuoden 81 vikatarkastuskertomuksista yhteenveto eri ongelmista salaojitusalueittain ja putkimateriaaleittain.

Näiden aineistojen pohjalta saatiin hahmoteltua häiriöiden esiintymistiheys salaojitusalueittain, putkimateriaaleittain ja osittain myös ongelmien luonne. Tältä pohjalta laskettiin etukäteen käytössä olevien resurssien mukaan tutkittavien tilojen lukumäärä salaojitusalueittain ja putkimateriaaleittain. Käytännön syistä tutkimuspaikkakunniksi valittiin kultakin salaojitusalueelta ne paikkakunnat, joissa salaojien toimintahäiriötä näytti esiintyvän ympäristöään runsaammin. Lopullinen tilojen valinta tehtiin arpomalla.

Kesän -83 kenttätutkimuksia varten ko. aineistoa täydennettiin uudella teknikkokyselyllä ja Salaojakeskus ry:n kesän -82 vikatarkastuskertomuksien yhteenvedolla. Tilakohteiden valinta tehtiin samoin perustein kuin edellisenäkin kesänä.

Teknikkokyselyssä lähtöaineistoksi saatiin v. -82 tiedot 376:n tilan ja v. -83 154:n tilan ongelmallisesta salaojituksesta. Näinollen lähtöaineistossa oli kaikkiaan 530 tilaa. Näistä tutkittiin 92:n tilan ongelmallinen salaojitus.

Tutkimukseen kelpuutettiin vain perinteisin menetelmin tehdyt, systemaattiset salaojitukset.

### 3.3.2. Kenttätutkimus

Salaojien toimintahäiriötutkimuksessa hitain ja raskain vaihe oli varsinainen kenttätutkimus. Kaikissa tutkituissa ongelmallisissa ojastoissa tehtiin samat mittaukset ja määritykset paikan päällä. Toimintahäiriöiden syiden selvittämiseksi kustakin ojastosta sa-

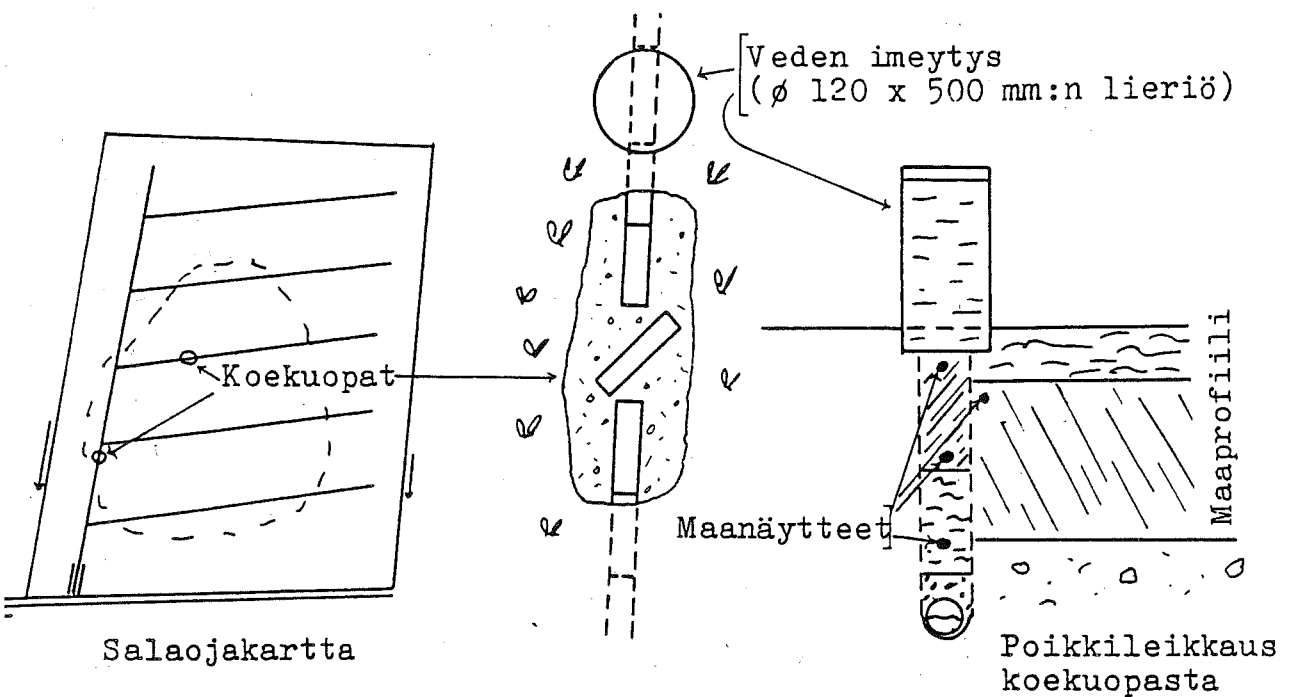
laojat kaivettiin lapiolla esiin kahdesta kohtaa, imujan kohdalta ja kokoojaojan kohdalta. Molemmista koekuopista mitattiin tai määritettiin

- salaojan syvyys pellon pinnasta
- suodatinkerroksen vahvuus
- ruokamultakerroksen vahvuus
- pellon maaprofiili salaojasyvyyteen
- maalaji
- maalajin kuivatilavuuspaino
- vedenläpäisykyky
- ojakaivannon rakenne
- suodatinaineen karkeusaste ja sopivuus
- suodatinaineen liettyneisyys tai ruostuneisuus

Salaojaputkista lisäksi määritettiin tai mitattiin

- putkisaumojen tai reikien koko
- putkisaumojen tai reikien liettyminen
- putkisaumojen tai reikien ruostuminen
- salaojaputken koko
- sakan määrä salaojaputkessa
- ojakaltevuus

Maalajinäytteet otettiin maalajimääritystä varten 30 cm:n syvyydestä ja sen alapuolelta jokaisesta muuttuneesta maalajikerroksesta salaojasyvyyteen saakka. Kuivatilavuuspainon määrittämistä varten maanäytteet otettiin 20 cm:n, 50 cm:n ja 80 cm:n syvyydestä salaojan päältä sekä jankosta n. 30 cm:n syvyydestä vakiotilavuussy-linterillä. Maan vedenläpäisykyky määritettiin mittaamalla veden imeytymisnopeus. Tätä varten maahan upotettiin muokkaussyvyyteen saakka halkaisijaltaan 120 mm x 500 mm muovinen lieriö joka täytettiin vedellä. Veden imeytymistä mitattiin kahden tunnin ajan 15 min välein. Kuvassa 16 koejärjestely on esitetty pääpiirteissään.



Kuva 16. Koejärjestely kenttätutkimuksessa

Kenttätutkimuksessa selvitettiin lisäksi myös muut salaojien toimintaa joko välillisesti tai välittömästi haittaavat tekijät. Tällaisia ojitusalueeseen liittyviä yleistietoja olivat mm. imuojaväli, niska- ja laskuaukkokaivojen tekninen kunto ja laskuaukon korkeus pellonpintaan verrattuna sekä pellon kuivatussyvyys. Muita yleisempiä selvitettäviä häirtatekijöitä olivat valtaojan syvyys, pellon topografia, pellon ympäristö, piiriojien kunto, paineellinen pohjavesi, vanhojen sarkaojien täyttö ja pellon pinnan muotoilu.

### 3.3.3. Kyselylomakkeet ja haastattelu

Tilalla vallitsevat olosuhteet kartoitettiin haastattelemalla viljelijää. Kyselylomake jakaantui kolmeen osaan käsittäen tilan yleisolosuhteita, käytettäviä koneita ja viljelymenetelmiä sekä ongelmalliseen ojastoon liittyviä kysymyksiä (liite 1).

Kysymyslomakkeen yleisosassa selvitettiin mm. tilan peltopinta-ala, salaojitettu pinta-ala putkimateriaaleittain, eri kasvien viljelyalat, kotieläinten määrä ja tilan päätuotantosuunta. Tämän lisäksi selvitettiin viljelijän ikä ja maatalouskoulutuksen taso sekä kuinka kauan tila on ollut nykyisen viljelijän käytössä.



Tilalla käytettävistä maatalouskoneista selvitettiin mm. paino, teho, työleveydet ja rengasvarustukseen liittyvät seikat sekä traktoreista myös nelivetoisuus. Työkoneista selvitettiin pääasiassa vain koneen tyyppi ja työleveys. Työmenetelmistä vastaavasti selvitettiin mm. kylvötöiden aikaisuus, äestyskerrat, tuorerehun korjuukerrat ja kyntöolosuhteet.

Varsinaista ongelma-aluetta käsittelevistä kysymyksistä selvitettiin viljelijää haastatteleamalla alueen salaojitusvuosi, ojitusolosuhteet, pellon kosteussuhteet ojitushetkellä, putkimateriaali, sorasilmäkkeiden määrä, alueen aikaisempi kuivatustapa ja ojitustekniikkaan liittyviä kysymyksiä.

Haastattelu tehtiin jokaisella tilalla samassa järjestyksessä ennen kenttätutkimusta.

#### 3.3.4. Tutkimusaineiston edustavuus ja luotettavuus

Tutkimustilojen valinnassa pyrittiin mahdollisimman edustavaan näytteeseen niistä maatiloista, joilla esiintyy salaojien toimintahäiriöitä. Lähtöaineisto ei kuitenkaan alunperin ollut täydellinen. Tämä johtui siitä, että salaojateknikot eivät tienneet kaikkia omilla toiminta-alueillaan esiintyneitä toimintahäiriötapauksia. Joko tilalta ei oltu asiasta ilmoitettu teknikolle tai asia haluttiin kokonaan salata. Lisäksi 8,9 % teknikoista jätti vastamatta kyselyyn. Eri salaojitusalueilla vastausprosentti oli yli 90 %, lukuunottamatta Lounais-Suomen aluetta (alue I), jossa 22,2 % teknikoista jätti vastamatta kyselyyn. Kaikista kyselyyn vastanneista teknikoista 16,3 % ei tiennyt yhtään toimimatonta salaojitusta. Kokonaisuudessaan lähtöaineistoon jäänyt virhe lienee kuitenkin suhteellisen vähäinen kyselyyn vastanneiden alueellista kattavuutta ajatellen.

Tutkimuspaikkakuntien etukäteisvalinnalla saattaa olla ko. paikkakunnille mahdollisesti ominaisille häiriötyypeille korostavia vaikutuksia tutkimusaineistossa. Tutkittujen ojastojen suuren lukumäärän (92 ojastoa) vuoksi myös tutkimuspaikkakuntia oli lukuisia eli kaikkiaan 46 kuntaa (kts. taulukko 11, s. 50). Koska kunnat sijaitsevat kuitenkin varsin kattavasti kullakin salaoji-

tusalueella , jää paikkakuntien etukäteisvalinnasta mahdollisesti aiheutuva virhe aineistossa pieneksi.

Käytettävien resurssien mukaan etukäteen arvioitu tutkimuskohteiden lukumäärä jaettiin putkimateriaalien kesken samassa suhteessa kuin lähtöaineistokin oli. Koska putkimateriaalijakauma noudattaa hyvin pitkälle kivennäismaa-turvemaa-jakaumaa, tulevat myös mahdollisesti maalajista riippuvat eri tyyppiset ongelmat edustetuksi samassa suhteessa varsinaisessa tutkimusaineistossa. Lisäksi tutkimustilojen määrä on suhteutettu salaojitusalueittain ongelmallisten ojastojen lukumäärään.

Kokonaisuudessaan tutkimusaineisto on tutkimuspaikkakuntien suhteen harkintanäytettä ja paikkakunnittain ojastojen suhteen satunnaisnäytettä.

### 3.4. Tutkimusaineiston käsittely

Aluksi tutkimusaineisto pyrittiin analysoimaan pelkästään yksityiskohtaisten vikahavaintojen valossa tarkastelemalla eri vikojen tai vikatyyppejen jakaumia ja osuuksia. Tällöin tutkimusaineistoa ryhmiteltiin eri tavoin vikahavaintojen osalta sen mukaan, miten nämä olivat syntyneet ojastoissa ja kuinka ne vaikuttivat ojastojen toimintaan. Tämän perusteella voitiin siten hahmotella salaojien toimintahäiriöinä ilmenevien yksittäisten vikojen painopisteet eri näkökulmista.

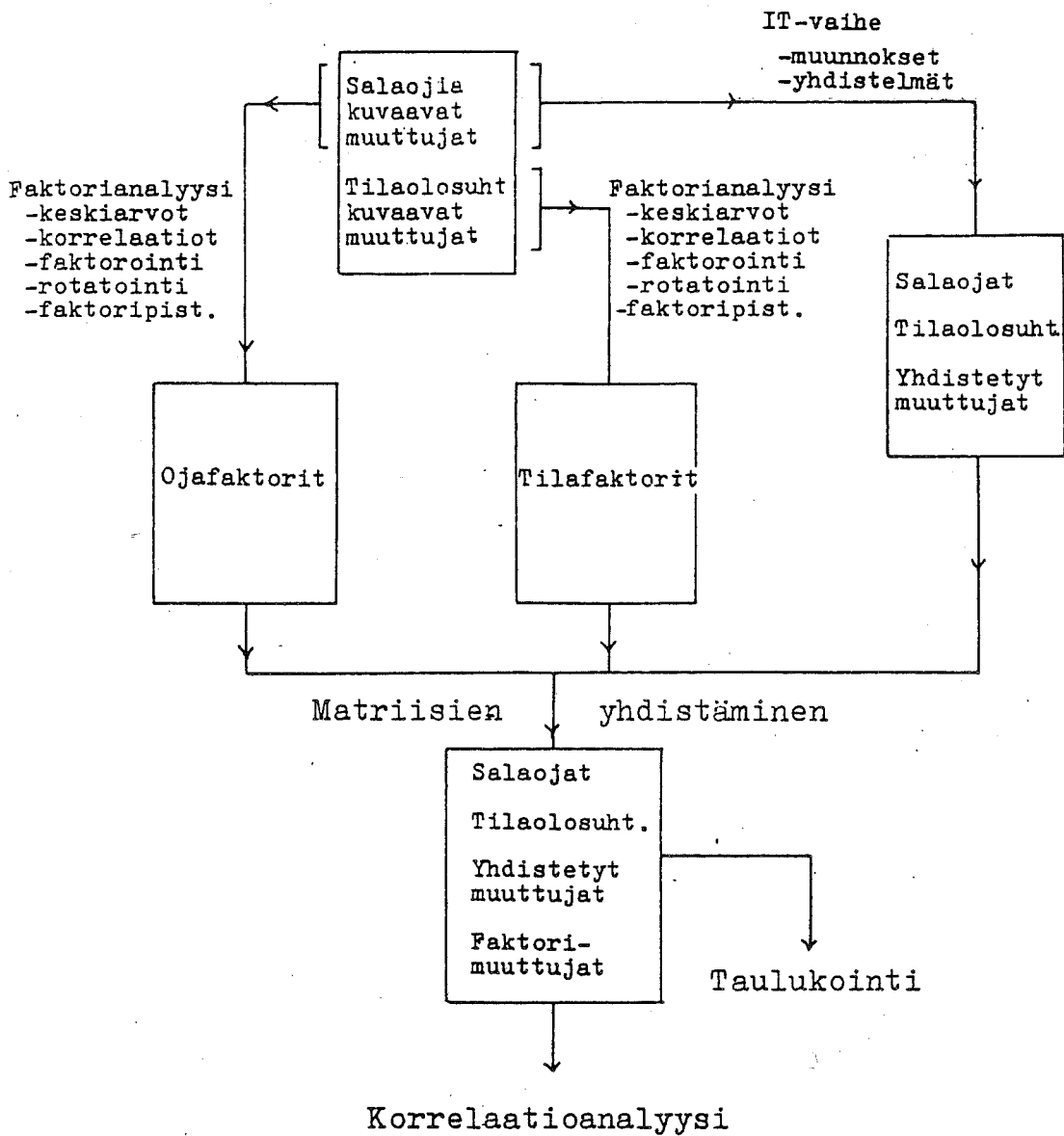
Tutkimusaineiston toisessa käsittelyvaiheessa analyysimenetelmänä käytettiin faktorianalyysiä. Tähän menetelmäratkaisuun päädyttiin aineiston muuttujien suuren lukumäärän vuoksi. ESKOLAN (1975, s. 259) mukaan faktorianalyysillä voidaan suuri muuttujajoukko karsia ja tiivistää harvalukuisemmiksi perusulottuvuuksiksi muilla menetelmillä suoritettavaa jatkoanalyysiä varten. Faktorianalyysi perustuu alkuperäisestä aineistosta muodostettuun korrelaatiomatriisiin, jolloin muodostettaviin perusulottuvuuksiin eli faktoreihin siirtyy alkuperäisten muuttujien yhteiseen vaihteluun sisältyvää informaatiota (SÄNKIAHO 1974, s. 14).

Aineiston tilastollinen käsittely tehtiin Helsingin yliopiston laskentakeskuksen Burroughs-7800 tietokoneella. Laskennassa käytettiin hyväksi HYLPS kirjasto-ohjelmia.

Faktorianalyysin ensimmäisessä vaiheessa tehtiin faktorointi pääakselimenetelmällä. Rotatoitavien faktoreiden lukumäärä määrättiin niiden ominaisarvojen ja selityskyvyn suhteellisen nousun perusteella. HAHTOLAN (1971, s. 236) mukaan rotatoinnin tarkoituksena on siirtää faktorilatausten edustamaa yhteistä varianssia faktoriksi akselilta toiselle ja pyrkiä keskittämään kunkin muuttujan lataukset mahdollisimman harvalukuisille faktoreille. Näin saadaan mahdollisimman paljon suuria ja pieniä latauksia, mikä selventää selityskuvaa.

Analyysin kolmannessa vaiheessa faktoreille laskettiin faktoripistemäärät. Uusissa faktorimuuttujissa pistemäärien arvo kuvaa faktoreiden sisältöä ja sen muutoksia. Näin muodostetut faktorimuuttujat saavat havaintokohtaisesti muuttuja-arvot ja muuttujat voidaan ottaa mukaan jatkoanalyysiin käsiteltäväksi.

Aineiston faktorointi laskettiin kahdessa osassa. Tilaolosuhteita kuvaavat faktorit laskettiin erikseen ja samoin ongelmallisten ojastojen olosuhteita kuvaavat faktorit erikseen. Muuttujia karsittiin korrelaatiomatriisin pohjalta siten, että salaojien ongelmien vakavuutta kuvaavia muuttujia ei otettu mukaan faktorointiin. Ongelmallisten ojastojen olosuhteita kuvaavien faktoreiden perustana olevaan korrelaatiomatriisiin jäi 84 salaojien kuntoa, toimintaa ja tekniikkaa kuvaavaa muuttujaa. Vastaavasti tilaolosuhteita kuvaavien faktoreiden lähtömatriisissa oli 72 tilatyyppeä tai tilan olosuhteita kuvaavaa muuttujaa. Analyysin eteneminen vaiheittain on esitetty kaaviossa 1.



Kaavio 1. Analyysin eteneminen vaiheittain

Faktorimuuttujien jatkokäsittelyssä laskettiin tilaolosuhteita ja ongelmallisia ojastoja kuvaavien faktoreiden väliset korrelaatiokertoimet, faktorimuuttujien ja salaojien ongelmien vakavuutta kuvaavien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet sekä faktori-muuttujien ja yksityiskohtaisista vioista ja puutteista muodostettujen yhdistelmämuuttujien väliset korrelaatiokertoimet. Tällä pyrittiin hahmottelemaan kokonaiskuvaa olosuhteiden ja ongelmatyyppien välisistä riippuvuussuhteista.

Eräiden keskeisten ongelmien osalta aineistoa analysoitiin tarkastelemalla näiden jakaumia maalajien ja putkimateriaalien suhteen. Tämän tutkimuksen yhteydessä laskettiin myös yhteenveto salaojakeskus ry:n vuosina -81 ja -82 tekemistä vikatarkastuksista ja näitä tuloksia vertailtiin salaojien toimintahäiriötutkimuksen tuloksiin.

### 3.5. Tutkimustulokset

#### 3.5.1. Taustatietoja tutkituista tiloista

Kenttätutkimuksen aikana tutkittiin ongelmallisia salaojia 92:lla maatilalla eri puolella Suomea. Kesällä -82 ehdittiin tutkia ojituksia 33:lla tilalla ja kesällä -83 vastaavasti 59:llä tilalla. Tutkitut salaojitukset sijaitsevat salaojitusalueittain ja kunnittain taulukon 11 mukaisesti. Salaojitusalueet ja tutkimuspaikkakuntien sijainti on esitetty liitteessä 2.

Tutkimuskohteina olleiden mautilojen oman pellon pinta-ala vaihteli melkoisesti. Kahdella tilalla omaa peltoa oli yli sata hehtaaria, 127 ha ja 105 ha. Yhdeksällä tilalla taas vastaavasti oli omaa peltoa alle 10 ha. Näistä kahdella pienimmällä tilalla peltopinta-ala oli 1,5 ha ja 4,8 ha. Pääsääntöisesti tutkituilla tiloilla oli omaa peltoa enemmän kuin keskimäärin mautiloilla. Vuonna -81 tilojen keskimääräinen peltopinta-ala oli 12,9 ha. Tutkitujen tilojen keskimääräinen pinta-ala oli 26,8 ha.

Oman pellon lisäksi puolella tutkituista tiloista eli 46:lla tilalla oli vuokrapeltoa keskim. 14,8 ha, vuokra-alan vaihdella 1 ha:n ja 75 ha:n välillä. Vuokrapellon pinta-ala oli alle 10 ha 22:lla tilalla ja yli 40 ha 6:lla tilalla. Kun otetaan huomioon myös ne tilat, joilla ei ollut vuokrapeltoa, tuli kaikkien tilojen keskimääräiseksi vuokra-alaksi 7,4 ha.

Tilojen oman pellon salaojitettu pinta-ala oli keskimäärin 21,8 ha vaihdellen 1,5 ha:n ja 127 ha:n välillä. Salaojitus-% tiloilla oli varsin korkea. Keskimäärin omasta peltoalasta oli salaojitettu 79,8 %. Yhdellä tilalla salaojitus oli vasta aloitettu ja ehditty ojittamaan 12 % pelloista sekä lähes puolella tutkituista tiloista eli 37:lla tilalla oli kaikki pellot salaojitettuina. Vuokramaista vastaavasti oli 11 tilalla salaojitettu kaikki ja 19:llä tilalla olivat kaikki vuokramaat avo-ojissa. Vuokramaiden keskimääräinen salaojitus-% oli 40,2 %.

Taulukko 11. Tutkitut ojaot salaojitusalueittain ja kunnittain

Alue	Kunta	kpl	Alue	Kunta	kpl
I	Somero	4	III	Juankoski	1
	Forssa	2		Polvijärvi	3
	Ypäjä	3		Outokumpu	4
	Loimaan mlk	2		Pyhäselkä	1
	Jokioinen	1		Liperi	1
II	Nurmijärvi	3	IV	Jalasjärvi	4
	Urjala	4		Karijoki	2
	Mäntsälä	7		Kristiinän kaup.	1
	Vihti	2		Teuva	1
	Loppi	2		Kauhajoki	1
	Riihimäki	1		Isojoki	1
	Orimattila	1	V	Kaustinen	2
	Sysmä	3		Halsua	1
	Hartola	1		Veteli	2
	Padasjoki	1		Muhos	1
	Kuhmoinen	1		Kempele	1
III	Pihtipudas	4	Ruukki	3	
	Rantasalmi	3	Kalajoki	4	
	Juva	2	Sievi	1	
	Maaninka	2	Lohtaja	1	
	Lapinlahti	1	IV	Karjaa	2
	Siilinjärvi	1		Sipoo	1
	Karttula	1		Porvoon mlk	1

Keskimääräinen salaojitettu peltoala jakaantui putkimateriaaleittain siten, että tiiliputkilla oli salaojitettu keskim. 79,8 %, muoviputkella 17,0 % ja muulla materiaalilla 3,2 %.

Traktoreita oli 25:llä tilalla 1 kpl ja enimmillään traktoreiden määrä oli 5 kpl yhdellä tilalla. Keskimäärin tilaa kohden traktoreita oli 2 kpl. Tilan ykköstraktorin keskimääräinen paino oli 3206 kg sen vaihdella 1530 kg:n (3 kpl) ja 5600 kg:n (1 kpl) välillä. Keskimääräinen teho tilan ykköstraktorissa oli 55,9 kW sen vaihdella 27,9 kW:n (1 kpl) ja 106,6 kW:n (1 kpl) välillä. Tilan kakkostraktorin keskimääräinen paino oli 2585 kg ja vaihteluväli oli 1450 kg (1 kpl) ja 6680 kg (1 kpl). Kakkostraktorin

teho vaihteli 23,5 kW:n (2 kpl) ja 107 kW:n (1 kpl) välillä. Keskimääräinen teho oli kakkostraktoreissa 45,2 kW.

Joustopiikkiäestä käytettiin muokkaustöissä lähes kaikilla tutkituilla tiloilla eli 91:llä tilalla. Joustopiikkiäkeen lisäksi lapiorullaäestä käytettiin 33:lla tilalla. Yhdellä tilalla muokkaustöissä käytettiin ainoastaan lapiorullaäestä. Joustopiikkiäkeen keskimääräinen leveys oli 3 m ja äestyskertojen lukumäärä 2,3 krt. Kynnössä renkaiden luistoa pyrittiin pienentämään hyvissä olosuhteissa 27:llä tilalla ja huonoissa olosuhteissa 55:llä tilalla. Kyntösyvyys oli keskimäärin 23,2 cm ja aurojen leveys 39,6 tuumaa.

Viljelijöiden ikä oli keskimäärin 46 vuotta. Nuorin viljelijä oli 22 vuoden (2 viljelijää) ikäinen ja vanhin viljelijä oli 74 vuotias. Viljelijöiden maatalouskoulutus vaihteli käytännön kokemuksen ja korkeakoulututkinnon välillä. Korkeakoulututkinto oli 4 viljelijällä (4,4 %), opistotason koulutus 3:lla (3,3 %), maamieskoulun käyneitä oli 29 viljelijää (31,5 %) ja eri kurssien kautta saatu koulutus oli 3 viljelijällä (3,3 %). Viljelijöistä oli 53 (57,6 %) ilman minkäänlaista maatalouskoulutusta.

### 3.5.2. Taustatietoja tutkituista ojastoista

Tutkittujen peltolohkojen pinta-ala vaihteli 0,6 ha:n ja 35 ha:n välillä. Koko aineiston keskimääräinen ongelmalohkon pinta-ala oli 4,8 ha. Tutkituissa ojastoissa putkimateriaali salaojitusalueittain oli taulukon 12 mukainen.

Tutkituista ongelmallisista ojastoista vanhin salaojitus oli tehty v. -39 (1 kpl) ja tuorein ojitus vastaavasti v. -81 (2 kpl). Jos koko aineistolle lasketaan keskimääräinen salaojitusvuosi, saadaan ko. ajankohdaksi v. -71 eli toimintahäiriöistä kärsivien ojastojen keskim. ikä tutkimushetkellä oli 11-12 vuotta. Ojituksista oli viljelijöiden muistikuvan mukaan tehty huonoissa olosuhteissa 19 tutkittua ojastoa, välttävässä olosuhteissa 16 ojastoa ja hyvissä olosuhteissa 54 ojastoa. Kolmella tilalla ei muistettu tai tiedetty ojituksen aikaisia olosuhteita. Ojituksen aikainen säätyyppi oli 54:ssä tapauksessa aurinkoinen, 8:ssa tapauksessa pilvipoutai-

nen ja 17:ssä tapauksessa sateinen. Kolmellatoista tilalla ei osattu sanoa ojituksen aikaista säätyyppiä. Ojitettavalla alueella maa oli ollut ojitushetkellä märkää 28:ssa ojituksessa, kosteaa 15:ssä ja kuivaa 42:ssa ojituksessa. Seitsemällä tilalla ei tiedetty tai muistettu ojitushetken maan kosteustilaa.

Taulukko 12. Toimintahäiriötutkimuksen aineisto putkimateriaaleittain ja salaojitusalueittain v. 1982-83

Alue	KPL OJASTOJA				yht
	Tiiliputki	Muoviputki	Lautaputki	Sekaojitus	
I	9	2	1	-	12
II	15	5	3	3	26
III	7	14	3	-	24
IV	8	2	-	-	10
V	8	8	-	-	16
VI	4	-	-	-	4
yht	51	31	7	3	92

Maalajit vaihteli tutkituilla pelloilla melkoisesti pintakerroksen ja salaojitussyvyyden välillä. Kivennäismailla oli paljon kerroksellisia maalajeja ja samoin turvemaileda turpeen laatu vaihteli syvyyden muuttuessa. Turvemaileda turvekerroksen vahvuus oli usein ohut, jolloin salaojitussyvydessä maalaji oli vaihtunut kivennäismaaksi. Taulukossa 13 on esitetty karkea maalajijakauma eri syvyyksistä. Liitteessä 11 on vastaava maalajijakauma yksityiskohdittain eri syvyyksistä.

Taulukko 13. Aineiston maalajijakauma eri syvyyksissä

Syvyys	Kivennäis- maat	Lieju- ja multamaat	Turve- maat	yht
30-45 cm	44	5	43	92
45-60 cm	45	1	46	92
60-75 cm	48	2	42	92
75-90 cm	55	2	35	92
> 90 cm	59	3	30	92

Salaojitukset oli toteutettu yhtä lukuunottamatta perinteisillä kaivumenetelmillä. Vanhimmat ojitukset eli 9 ojastoa oli tehty



apiokaivuuta käyttäen. Kaivupyöräkoneella oli tehty 20 ojitusta, etjukaivukoneella 53 ojitusta ja kauhakoneella 8 ojitusta. Yksi ojitus oli tehty aurasalajakoneella ja yhdellä tilalla ei tiedetty kaivumenetelmää. Suojusaineena oli käytetty kaikissa sora-ukuunottamatta aurasalajakoneella tehtyä ojitusta, jossa sora oli korvattu kangasmateriaalilla. Lautaputkiojituksissa ei oltu käytetty mitään suojusainetta. Lisäksi yhdestä muusta ojastosta suojusaine puuttui kokonaan.

### 3.5.3. Yksittäisten vikojen analyysi

Lähtökohtana salaojien ongelmien ja häiriöiden tutkimisessa oli käsitteen "salaojien toimintahäiriöt" tarkistaminen. Tämän lähtökohtana oli taas toisaalta salaoja teknisenä kokonaisuutena ja toisaalta salaojien toiminta ja tarkoitus. KESOn (1951, s. 172-219) mukaan salaoja on teknisenä kokonaisuutena maassa oleva salaojaputki tai muu vettä johtava materiaali ja tämän välittömässä läheisyydessä oleva ympärysaie, varsinainen salaoja-kaivanto ja sen rakenne sekä ojastoon liittyvät erikoislaitteet, kuten kaivot ja laskuaukot. Toiminnalliselta kannalta salaojat taas muodostavat kokonaisuuden, jonka tehtävänä on kuivattaa pelto liikavesistä siten, että kaikki normaalit viljelytoimenpiteet voidaan tehdä kelpetolohkolla ajallaan, mikäli poikkeukselliset sääolot eivät niitä estä.

Näiden kahden em. määritelmän mukaan voidaan määrittää myös salaojien toimintahäiriöt. Tällöin salaojitus ja sen toimintahäiriöt ulottuvat käsittämään varsinaisen salaojaputken ja ojakaivannon lisäksi koko viljellyn peltolohkon kattavaa, kuivatussyvyyteen ulottuvaa maakerrosta. Tältä pohjalta on tehty tässä tutkimuksessa salaojien toimintahäiriöihin liittyvät havainnot.

#### 3.5.3.1. Salaojakeskus ry:n vikatarkastukset

Salaojien toimintahäiriötutkimuksen yhteydessä laskettiin yhteen veto Salaojakeskus ry:n vikatarkastuskertomuksista vuosilta -81 ja -82 (taulukko 14). Salaojakeskus ry:n käyttämän ongelmien ryhmittelyn mukaisesti yleisimmät ongelmatyypit ovat pintavesihaitat ja

ruosteen aiheuttamat ongelmat. Näiden osuus kaikista ongelmista tai ongelmien aiheuttajista oli 45,9 %. Yksilöidyistä ongelmien aiheuttajista seuraavaksi yleisimmät syyt olivat suunnitteluvirhe, työvirhe ja jälkihoitovirhe. Näiden osuus kaikista ongelmien aiheuttajista oli 29,4 %. Ryhmän muu, johon sisältyy mm. tulva, pieni kuivavara, lähteiköt ja turpeen painuminen, osuus kaikista ongelman aiheuttajista oli 11,5 %. Molempien vuosien vikatarkastusraporttien yhteenvedot olivat keskenään käytännöllisesti katsoen samanlaisia ongelmien suhteellisten osuuksien osalta.

Taulukko 14. Salaojakeskus ry:n vikatarkastukset v. 1981 - 82

Toimintahäiriö	Muovip.		Tiilip.		Muu		yht	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
Ruoste	57	20,1	93	19,8	38	21,2	188	20,1
Pintavesihaitat	81	28,5	125	26,5	35	19,6	241	25,8
Juuritukkeumat	-	-	11	2,3	1	0,6	12	1,3
Suunnitteluvirhe	20	7,0	58	12,3	21	11,7	99	10,6
Työvirhe	35	12,3	37	7,9	15	8,4	87	9,3
Materiaalivirhe	12	4,2	10	2,1	16	8,9	38	4,1
Jälkihoitovirhe	28	9,8	50	10,6	11	6,1	89	9,5
Matala valtaoja	7	2,5	9	1,9	8	4,5	24	2,6
Rikkoutunut salaoja	1	0,4	9	1,9	4	2,2	14	1,5
Putkessa lietettä	9	3,2	20	4,3	6	3,4	35	3,7
Muu	34	12,0	49	10,4	24	13,4	107	11,5
Yht	284	100 %	471	100 %	179	100 %	934	100 %
Vikatarkastuksia eli tilakäyntejä kpl	135	28,9	255	54,5	78	16,6	468	100 %
	keskimäärin 2,0 vikaa / tila							
Tarkastettu p-ala	445 ha		887 ha		309 ha		1641 ha	
Ongelma-aluetta ha	201 ha		408 ha		156 ha		765 ha	

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 sekä tiiliputkiojastoissa että muoviputkiojastoissa.

Vikatarkastuksia Salaojakeskus ry teki v. 1981 - 82 yhteensä 468 kpl. Ongelmia tai ongelman aiheuttajia oli taulukon 14 mukaan keskimäärin 2 kpl ongelmallista ojastoa kohden.

### 3.5.3.2. Toimintahäiriötutkimus

Toimintahäiriötutkimuksessa ongelmallisissa ojastoissa havaittiin kaikkiaan 48 eri tyyppistä vikaa, puutetta tai sellaista tekijää, jotka vaikuttavat haitallisesti salaojien toimintaan. Vajaatoimintaisessa ojastossa oli pääsääntöisesti enemmän kuin yksi vika tai puute. Yhteensä vikoja ja puutteita kirjattiin tutkituista 92:sta ojastosta kaikkiaan 459 kpl, eli vikoja oli keskim. 5 kpl/ojasto. Eri tyyppiset viat, puutteet ja haitalliset tekijät ryhmiteltiin ilmenemistapansa, syntymistapansa ja vaikutustapansa mukaan kolmella eri tavalla. Vikojen ilmenemistavan mukaisen ryhmittelyn perusteena oli vikojen ja puutteiden esiintymistapa tai -paikka pellon pinnan ja laskuaukon välillä. Syntymistavan mukaisen ryhmittelyn perusteena oli toteamus, että salaojitus on kokonaan ihmisen tekemää, jolloin myös virheet ja puutteet ovat alkuperältään ihmisen aikaansaamia. Vaikutustavan mukaisessa ryhmittelyssä yksityiskohtaiset viat ja puutteet on ryhmitelty veden kulun mukaan. Seuraavissa kappaleissa salaojien ongelmia käsitellään em. tavoilla ryhmiteltyinä. Liitteissä 3-5 on kaikki yksityiskohtaiset ongelmat esitetty vastaavalla tavalla ryhmiteltyinä.

#### 3.5.3.2.1. Ongelmien ilmeneminen

Salaojien toimintahäiriötutkimuksessa havaitut virheet ja puutteet on ryhmitelty taulukossa 15 ilmenemistapansa mukaisesti. Tämän mukaan suurin osa eli 37,2 % kaikista virheistä ja puutteista liittyy ojitusmateriaaleihin. Työvaiheeseen näistä kytkeytyi runsas viidesnes eli 23,7 %, pellon maalajiin ja topografiaan 18,1 %, pellon viljelyyn 16,6 % ja pellon sijaintiin suhteessa pellon ympäristöön 4,4 %.

Taulukko 15. Yksityiskohtaiset virheet ja puutteet ilmenemistapansa mukaan ryhmiteltyinä

Häiriön syy liittyy	Häiriöitä	
	kpl	%
Toteutukseen	109	23,7
Materiaaleihin	171	37,2
Viljelyyn	76	16,6
Pellon maalajiin ja topograf.	83	18,1
Pellon sijaintiin	20	4,4
Yhteensä	459	100 %
Vikoja ja puutteita keskim.	5 kpl/ojasto	

Salaojitusmateriaaleihin liittyvistä ongelmista runsaasti puolet eli 51,4 % oli kiinteän aineen esiintymistä salaojaputkessa (taulukko 16). Yleisin muodostuma oli ruostesakka, jota havaittiin vaihtelevia määriä kaikkiaan 46:ssa ojastossa joko kokoojaojassa, imuojassa tai molemmissa. Kivennäismaiden liettyimiä eli hietaa, hiesua tai savesta oli sedimentoitunut 29:n ojaston salaojiin vaihtelevia määriä. Turvemaiden salaojissa esiintyi muta- tai mutalietemuodostumia 13:ssa ojastossa. Salaojissa esiintyneet sakat olivat usein eri ainesten sekoituksia. Niinpä turvemaidella samassa salaojaputkessa esiintyi sekä mutaa että ruostesakkaa. Vastaavasti kivennäismailla samassa putkessa saattoi olla kivennäismaiden liettyimiä ja ruostesakkaa. Kaikkiaan 77:ssä ojastossa oli eri asteisia kiinteän aineen muodostumia.

Taulukko 16. Ojitusmateriaaleihin liittyvät ongelmaryhmät

Ojitusmateriaaleihin liittyvät ongelmaryhmät	Häiriöitä	
	kpl	%
Kiinteää ainetta putkessa	88	51,4
Suodattimeen liittyvät ongelmat	45	26,3
Putkisaumat ja -reiät	35	20,5
Rikkoutunut salaoja	3	1,8
Yhteensä	171	100 %

Runsaas neljännes eli 26,3 % ojitusmateriaaleihin liittyvistä epäkohdista koski suodatinainetta. Suodatinsoran ruostuminen tai liettyminen oli yleisin suodatinaineeseen liittyvä epäkohta. Muita

suodatinainetta koskevia epäkohtia olivat karkea suodatinsora 9:ssä ojastossa ja hieno suodatinsora 6:ssa ojastossa.

Varsinaisten putkimateriaalien osalta viat koskivat putkisaumoja ja reikiä sekä salaojien rikkoutumisia. Putkisaumojen ja -reikien pääasiallinen ongelma oli niiden pienuus. Näitä esiintyi kaikkiaan 29:ssä ojastossa. Näistä kuudessa tapauksessa putkisaumat olivat huolellisen putkenlaskun, salaojaputkien turpoamisen ja vähäisen liettymisen yhteisvaikutuksesta niin tiiviit, ettei vesi päässyt enää putkeen. Lopuissa 23:ssa tapauksessa ruoste oli tukkinut saumat tai reiät vettä läpäisemättömäksi. Toinen putkisaumojen ja -reikien ongelma oli niiden suuri koko. Kuudessa ojastossa nämä olivat niin suuria, että salaojiin pääsi helposti kiinteää maainesta. Salaojien rikkoutumiset olivat lautaputkien lahoamisia.

Työvaiheeseen liittyvistä virheistä ja puutteista suurimmat ongelmaryhmät muodostuivat ojakaivannon rakenteessa esiintyneistä virheistä eli 32,1 %:n ja pintavesien johtamiseen liittyvistä virheistä eli 30,2 %:n osuudella (taulukko 17). Ojakaivannon rakenteessa havaituista virheistä yleisimmin esiintyi ruokamullan puuttuminen eli kaikkiaan 13:ssa ojastossa. Suodatinaine puuttui 9:ssä ojastossa. Näistä kahdessa tapauksessa puute oli suodatinsoran puuttumista ja seitsemässä lautaputkiojastossa muun suodatinaineen puuttumista. Seitsemässä ojastossa ojakaivanto oli sortunut tai kuroutunut alaosasta kiinni tekovaiheessa, jolloin suodatinsoran ja ruokamullan pudotusta ei voitu tehdä tai jo pudotettu suodatinsora oli jäänyt kuroutuman sisään eristetyksi. Näiden lisäksi kolmessa ojastossa ruokamullan määrä oli hyvin vähäinen ja tämän päällä oli tiivis kivennäismaa täyttömana sekä kahdessa ojastossa ojakaivanto oli jätetty täyttämättä pitkäaikaisten sateiden ajaksi tai kokonaan talven yli. Ojakaivantoon liittyvänä epäkohtana oli vielä yksi tapaus, jossa ojakaivanto oli täytetty kaivun yhteydessä maasta nousseilla lieoilla.

Pintavesien johtamiseen liittyviä puutteita oli kahdenlaisia. Yleisin virhe tässä ongelmaryhmässä oli sorasilmäkkeiden puuttuminen. Nämä puuttuivat kokonaan 21:ssä ojastossa, vaikka maalaji olisi tiiviytensä vuoksi vaatinut runsaasti sorasilmäkkeitä. Toinen syy pintavesien kertymiseen oli salaojituksen jälkeinen

sarkaojien vaillinainen tasoittaminen tai tasoiteltavissa olevien pienehköjen painanteiden tasoittamatta jättäminen. Näitä jälkimmäisiä puutteita oli kaikkiaan 12 ojaostossa.

Taulukko 17. Työvaiheeseen liittyvät ongelmaryhmät

Työvaiheeseen liittyvät ongelmaryhmät	Häiriöitä	
	kpl	%
Ojakaivanto	35	32,1
Pintavesien johtaminen	33	30,2
Salaojan koko ja kaltevuus	11	10,1
Ojaväli	11	10,1
Salaojan syvyys	10	9,2
Muut	9	8,3
Yhteensä	109	100 %

Salaojan koossa ja kaltevuudessa havaittuja virheitä ja puutteita oli 11 kpl. Tämän ongelmaryhmän osuus työvaiheeseen liittyvistä puutteista oli 10,1 %. Yksityiskohtaisesti tarkasteltuna nämä jakaantuivat siten, että kokoojan kaltevuus oli väärinpäin kahdessa ojaostossa, vaakatasossa kolmessa ojaostossa ja kokoojan kaltevuutta oli pienennetty huomattavasti suunnitellusta yhdessä ojaostossa. Edelleen kokoojan putkikokoa oli pienennetty suunnitellusta yhdessä ojaostossa sekä imuojat olivat alle minimikaltevuuden neljässä ojaostossa.

Muut työvaiheeseen liittyvät viat ja puutteet jakaantuivat ongelmaryhmittäin siten, että ojaväliin liittyvien ongelmien osuus oli 10,1 %, salaojan syvyyteen liittyvien osuus 9,2 % ja ryhmään muut kuuluvien vikojen osuus oli 8,3 %. Ojaväliä koskevia virheitä oli 11 ojaostossa. Näissä kaikissa ojavälit olivat liian suuria. Ojasyvyyteen liittyviä virheitä oli 10 ojaostossa. Samoin näissä kaikissa ojasyvyydet olivat liian matalia. Ongelmaryhmään muut kuuluvat virheet ja puutteet olivat matala valtaoja 4 ojaostossa, laskuaukko korkealla 2 ojaostossa, tien alitus eristämättä 1 ojaostossa, suunnitelmaa muutettu omavaltaisesti 1 ojaostossa ja tiiliputket ilman tukea pehmeässä pohjassa 1 ojaostossa.

Pellon maalajiin ja topografiaan kuuluvista epäkohdista lähes 2/3 eli 65,1 % koskivat maalajin ominaisuuksia (taulukko 18). Pellon pinnanmuotoon liittyviä havaintoja oli 24,1 % ja paineellista pohjavettä koskevia havaintoja 10,8 %. Maalajin epäedulliset ominaisuudet olivat pellon luontainen, heikko kantavuus 28 ojastossa ja maatumaton turve tai hyvin heikosti maatumunut turve heti mutautuneen muokkauskerroksen alapuolelta alkaen salaojasyvyyteen 23 ojastossa. Kolmessa ojastossa vedenalaisissa salaojaputkissa esiintyi ylipainetta, jolloin koekuopassa vesi nousi laskuaukon määräämälle tasolle esiinkaivetusta salaojaputkesta vasta paineputkituksen jälkeen, vaikka vedenalaisuus olisi edellyttänyt salaojaputken yläpuolista vesipintaa. Kaikki em. maalajiin liittyvät havainnot tehtiin turvemailloilla.

Taulukko 18. Pellon maalajiin ja topografiaan liittyvät ongelmaryhmät

Maalajiin ja topografiaan liittyvät ongelmaryhmät	Häiriöitä	
	kpl	%
Maalaji	54	65,1
Pellon pinnanmuoto	20	24,1
Paineellinen pohjavesi	9	10,8
Yhteensä	83	100,0

Pellon pinnanmuotoon liittyviä epäkohtia oli kahdentyyppisiä. Valtaosa näistä oli notkoja ja laajoja painanteita salaojitetulla pellolla eli 12 ojastossa, jolloin pintavedet pääsivät kerääntymään näihin alavampiin kohtiin. Toinen pellon pinnanmuodosta johtuva kuivatusongelma oli rinnepellolla taitekohdan märkyys. Tätä esiintyi 8 ojastossa rinnepellolla sellaisessa kohtaa, jossa pellon kaltevuus alaspäin mentäessä jyrkästi loivenee.

Paineellista pohjavettä esiintyi myös kahdella eri tavalla. Selviä lähteitä ja lähteikköjä oli seitsemässä ojastossa. Kahdessa ojastossa paineellinen pohjavesi esiintyi siten, että selviä lähteitä ei ollut havaittavissa, vaikka pellon syvemmissä kerroksissa olikin paineellista pohjavettä. Jälkimmäisissä tapauksissa selvien lähteiden tai märkien "hetteikköjen" puuttuminen johtui ilmeisimmin siitä, että pohjaveden paine ei ollut niin korkea, jotta lähteitä olisi syntynyt pellon pinnalle. Tällaisissa tapauksissa

ongelmia alkaa esiintyä myöhemmässä vaiheessa, kun pellon pinta (turvemaidella) painuu alkuperäisestä tasosta alaspäin lähemmäksi paineellisen pohjaveden pintaa.

Pellon viljelyyn liittyvistä salaojien ongelmista suurinosa eli 75,0 % oli pellon tiivistymisiä (taulukko 19). Muut pellon viljelyyn liittyvät ongelmaryhmät olivat maan painuminen 14,5 %, väärä kyntösuunta 7,9 % ja piiriojien huono kunto 2,6 %.

Pellon tiivistymisongelmia esiintyi kahdella tavalla. Turvemaidella tiivistymisongelmat ilmenivät muokkauskerroksen tiivistymisenä tai paremminkin muokkauskerroksen veden huonona läpäisevyytenä. Tämän tyyppisiä ongelmia esiintyi 31 ojastossa. Kivennäismailla tiivistyminen kohdistui pääasiassa jankon yläosaan varsinkin tiiviimmillä kivennäismailla, kuten saveksilla ja hiesumaidella. Lisäksi kivennäismailla esiintyi pintakerroksen tiivistymiä sellaisissa kohdissa, joissa pellon pinnan tasoittelu oli jäänyt huonoksi. Kivennäismaiden tiivistymiä oli kaikkiaan 26 ojastossa.

Taulukko 19. Pellon viljelyyn liittyvät ongelmaryhmät

Pellon viljelyyn liittyvät ongelmaryhmät	Häiriöitä	
	kpl	%
Tiivistyminen	57	75,0
Maan painuminen	11	14,5
Väärä kyntösuunta	6	7,9
Piiriojat	2	2,6
Yhteensä	76	100,0

Maanpinnan painumista esiintyi 11 turvemaan ojastossa. Näissä tapauksissa maanpinta oli painunut ja kulunut niin paljon, että salaojien syvyys ei ollut enää riittävä. Kyntösuunta oli säännöllisesti ollut virheellinen kuudessa ojastossa. Näistä neljässä imuojien suunta lohkolle oli sellainen, että edullisin kyntösuunta oli imuojien suuntainen. Kahdessa ojastossa kyntösuunta oli muusta syystä virheellinen eli imuojien suuntainen. Kahdessa ojastossa piiriojien kunto oli heikko, jolloin pellon ulkopuolisia vesiä pääsi valumaan lohkolle.



Pellon sijaintiin suhteessa ympäristöön liittyvät ongelmat olivat taulukon 20 mukaisia.

Taulukko 20. Pellon sijaintiin liittyvät ongelmat

Pellon sijaintiin liittyvät ongelmat	Ongelmia	
	Kpl	%
Pieni kuivavara	8	40
Korkeat lampivedet	6	30
Ympäröivä maasto	4	20
Kevät tulva	2	10
Yhteensä	20	100 %

Riittävää kuivatussyvyyttä ei oltu saatu kuudessa ojastossa ympäristön vuoksi aikaiseksi ja kahdessa ojastossa riittämätön kuivatussyvyys johtui muusta syystä. Peltoa ympäröivä epäedullinen maasto tai korkeavetiset lammet aiheuttivat sen ettei kuivatusvesiä pystytty johtamaan pelloilta pois.

### 3.5.3.2.2. Ongelmien syntyminen

Kuten edellä on mainittu, salaojien toimintahäiriötutkimuksessa yhtenä peruseriaatteena pidettiin sitä, että salaojitus on osa viljelytekniikkaa ja sen teknistä toteutusta, jolloin salaojitus yksittäisenä, teknisenä hankkeena perustuu etukäteissuunnitteluun, hankkeen toteuttamiseen ja lopputuloksen käyttöön. Tästä seuraa, että salaojissa esiintyvät viat ja puutteet myös ovat peräisin suunnittelussa, toteutuksessa tai käytössä tehdyistä virheratkaisuista.

Kun toimintahäiriötutkimuksessa havaitut virheet ja puutteet ryhmiteltiin em. tavalla, osoittautui että kaikista yksityiskohdaisista virheistä yli puolet eli 51,2 % liittyi suunnittelussa tehtyihin ratkaisuihin (taulukko 21). Salaojitushankkeen toteutuksen osalle virheistä 27,0 % ja salaojien käytön eli viljelyn seurauksena vikoja oli runsas viidennes eli 21,8 %.

Taulukko 21. Salaojien virheet ja puutteet syntymistapansa mukaan

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

Salaojien suunnittelussa tehtyjen suunnitelmaratkaisujen seurauksena yleisimpänä ongelmana tämän tarkastelun mukaan on erilaisten kiinteiden aineiden kerääntyminen salaojaputkiin eli kaikkiaan 34,9 % suunnittelun seurauksiksi laskettavista ongelmista (liite 4). Liitteessä 3 on materiaaleihin liittyvinä epäkohtina erilaisia sakkauksia 88 havaintoa. Näiden kaikkien ei kuitenkaan katsottu olevan suunnittelun seurausta, vaan 6 sakkamuodostumaa oli aiheutunut toteutuksessa tehdyistä virheratkaisuista.

Yksi vaikeimmista suunnittelun yhteydessä ennakoitavista putkitukoksia aiheuttavista tekijöistä on maan tai pohjaveden rautapitoisuus. Ruostesakkaa esiintyi kaikkiaan 92 tutkitusta ojastosta 46 ojastossa. Ruostesakan osuus tapauskohtaisesti kaikista suunnittelusta juontuvista sakkamuodostumista oli 56,1 %.

Ojastoissa, joihin ruostesakkaa oli muodostunut, oli havaittavissa useita erilaisia suunnittelutilanteita. Vaikeimmat ruostetukkeumat esiintyivät niissä ojastoissa, joissa suunnitteluvaiheessa ei oltu havaittu ruosteen muodostumista tai se oli arvioitu vähäiseksi ja tämän vuoksi ojasto oli suunniteltu normaalin, ongelmattoman maan ojitusnormien mukaan. Lähes yhtä vaikeat ruostesakkaumat esiintyivät sellaisissa ojastoissa, joissa ojitettavan alueen ruostevaara oli havaittu ja myös suunniteltu tämän mukaan vedenalaiseksi, mutta maalajin läpäisevyyden (kHt ja hHk) vuoksi ojasto kuitenkin jäi kuivana aikana pohjaveden pinnan yläpuolelle. Kolmas suunnittelutilanne oli sellainen, jossa ojitettavan alueen ruostevaara oli myös havaittu ja tuleva ojitus oli suunniteltu vedenalaiseksi siten, että kokooja-oja ja pääosa imuojista jäisi veden-

alaiseksi. Tästä huolimatta salaojissa esiintyi puuromaista ruostesakkaa, joka oleellisesti hidasti veden virtausta salaojissa. Näiden lisäksi ruostesakkaumia esiintyi lähteikköalueilla. Tämä jälkimmäinen ruosteilmiö yleensä liittyy hyvin läheisesti lähtekön aiheuttamiin ongelmiin ja sitä tulisikin tarkastella lähteköiden kanssa yhtenä ilmiönä, ellei ruostetta esiinny laajemmin samalla peltolohkolla.

Toinen vaikeasti hallittava tukosmuodostuma on kivennäismaasta peräisin olevan maa-aineksen aiheuttamat tukokset. Salaojien toimintahäiriötutkimuksessa näitä, lähinnä hiesu-, hieta- ja savesedimenttejä, havaittiin 23 ojastossa. Tapauskohtaisesti näiden tukosmuodostumien osuus suunnittelusta juontuvista sakkaumista oli 28,0 %. Turvemailloilla esiintyvää mudan tai mutalietteen muodostamia sakkaumia havaittiin 13 ojastossa. Näiden osuus oli vastaavasti 15,9 % suunnittelun seurauksiksi laskettavista sakkaumista.

Pahimmat kivennäismaan aiheuttamat tukkeumat esiintyivät hieta- ja hiesumaiden salaojissa. Normaalin käytännön mukainen sorastus ei ollut estänyt lietteiden kulkeutumista veden mukana salaojaan. Tyypillistä näille tukkeumille oli selvän sedimenttikerroksen muodostuminen salaojaputken pohjalle ja sedimentoituneen lietteen huomattavan suuri määrä (liite 13).

Mudan tai mutalietteen muodostamat sakkaumat olivat kertyneet salaojaputkien koko sisäpinnalle vaihtelevan paksuiseksi kerrokseksi, enimmillään n. 10 mm. Tämän lisäksi putken pohjalla oli usein vielä samaa lietemuodostumaa kerrostuneena. Savimailloilla oli myös hyvin usein lietteitä salaojaputkessa, mutta sedimenttikerroksen paksuus ei ollut muutamia millimetrejä suurempi ja tukkeutumis-% jäi tavallisesti alle 10 % (liite 13).

Perussyiltään putkitukoksia läheisesti muistuttavat muut ongelmat liittyivät suodatinsoraan ja salaojaputkien saumoihin ja reikiin. Ruostuneen tai lietettyneen suodatinsoran osuus suunnittelusta juontuvista epäkohdista oli 12,7 % ja ruosteen tiivistämien saumarakojen ja reikien osuus vastaavasti oli 9,8 % (liite 4).

Ruosteen liettämää suodatinsoraa esiintyi kahdella eri tavalla olosuhteista riippuen. Yleisimmin sora oli märän ja puuromaisen ruostesakan liettämää, jolloin suodatinsoran suodatuskyky oli heikentynyt. Tätä esiintyi vedenalaisissa ojastoissa ja tiiviiden maiden ojastoissa, joissa salaojaputken välitön lähiympäristö oli aina kosteaa tai märkää. Lämpäisevillä karkeilla kivennäismailla ruoste oli joko murumaisena karstana suodattimen joukossa tai se oli kovettanut suodattimen läpäisemättömäksi, lujaksi kuoreksi salaojan ympärille. Havaitut suodattimen liettymiset olivat niin pitkälle kehittyneitä, että suodattimella ei ollut enää suodatuskykyä jäljellä. Ruostunutta tai liettynyttä soraa esiintyi 30 ojastossa.

Ruosteen tiivistämiä saumarakoja ja reikiä esiintyi sellaisissa salaojaputkissa, jotka olivat pohjaveden pinnan yläpuolella. Näissä ruoste oli tiivistänyt saumaraot tai reiät niin tiiviiksi, ettei vesi päässyt virtaamaan salaojaputkeen. Näitä esiintyi kaikkiaan 23 ojastossa.

Maaperän rautapitoisuuden ja liettymisriskin lisäksi muut perussyiltään maalajin ominaisuuksista tai pellon olosuhteista aiheutuvat ongelmat, joita ei suunnitteluvaiheessa oltu riittävästi ennakoitu, liittyivät pellon maalajiin, pellon pinnanmuotoon tai paineelliseen pohjaveteen.

Maalajin osuus suunnitteluun liittyvistä ongelmista oli 11,1 %. Kaikki tässä tarkoitettut maalajit olivat sellaisia turvemaita, joissa oli heti mutautuneen muokkauskerroksen alapuolella maatumatonta tai vähän maatumutta turvetta vähintään salaojasyvyyteen saakka. Tällaisia riskimaalajeja oli 23 tutkitussa ojastossa. Näihin lisäksi liittyi 3 ojastossa jo em. ylipaineen esiintyminen salaojaputken sisällä.

Pellon pinnanmuoto oli otettu vaillinaisesti huomioon 20 ojastossa. Nämä olivat kaikki sellaisia tapauksia, joissa huomattavien painanteiden ja notkojen kuivatus olisi edellyttänyt sellaisia suunnitteluratkaisuja, jotka olisivat toteutuessaan poistaneet notkoihin kerääntyneet pintavedet. Pellon pinnanmuodon osuus tässä tarkastelussa oli 8,5 % kaikista suunnitteluun liittyvistä kuivatusongelmista.

Pellon sijaintiin suhteessa ympäristöön liittyi 8,5 % suunnittelusta juontuvista ongelmista. Kuusi ojastoa sijaitsi vesistöön nähden siten, että toteutetulla ojitussuunnitelmalla ei pystytty pellon kuivatusta pitämään kunnossa. Neljässä ojaostossa pellon ympäristön vuoksi liikavesiä ei pystytty johtamaan alueelta pois tavanomaisin keinoin, vaan tämä olisi edellyttänyt veden pumppaamista. Kahdeksassa ojaostossa kuivatussyvyys oli liian matala, mikä johtui juuri pellon ympäristöstä ja vesistöistä. Kahdessa ojaostossa keväisin toistuivat tulvat läheisen vesistön vuoksi.

Paineellinen pohjavesi oli jäänyt suunnittelijalta huomaamatta tai sitä ei oltu onnistuttu pitämään toteutetulla ojitussuunnitelmalla kurissa 9 ojaostossa. Näiden ongelmien osuus suunnittelusta juontuvista ongelmista oli 3,8 %.

Muut suunnitteluvaiheessa tehdyt virheratkaisut olivat harva -ojatiheys 11 ojaostossa, matala ojasyvyys 10 ojaostossa ja virheellinen imuojien suunta lohkon muotoon nähden 4 ojaostossa.

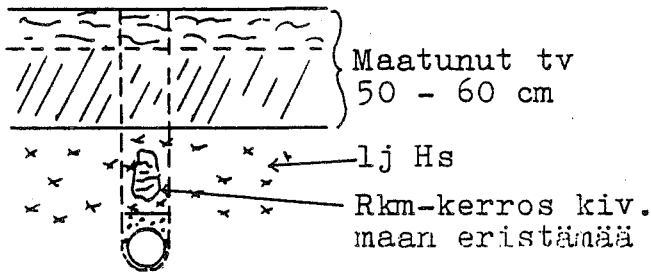
Salaojien toteutuksessa tehtyjen virheratkaisujen tai puutteellisten ratkaisujen seurauksena runsaimmin ongelmia esiintyi toimintahäiriötutkimuksen mukaan ojakaivannon rakenteessa ja pintavesien johtamiseen liittyen. Ojakaivannossa esiintyvien virheiden ja puutteiden osuus oli 28,2 % toteutusvaiheessa tehdyistä virheistä ja vastaavasti pintavesien johtamiseen liittyvien puutteiden osuus 26,6 % (liite 4). Havaittujen virheiden ja puutteiden yksityiskohmainen tarkastelu osoittaa edelleen, että salaojan kokoon ja kaltevuuteen liittyvien virheiden osuus oli 12,1 % kaikista työvirheistä. Muut tähän ryhmään kuuluvat viat olivat liian suuret tai liian tiiviit saumaraot 9,6 %, rikkoutunut salaojaputki 2,4 % ja kohta muut 7,3 %.

Ojakaivannon rakenteeseen liittyvänä virheenä tai puutteena yleisimmin esiintyi ruokamullan puute. Tämä puuttui kokonaan 13 ojaostossa sekä 3 ojaostossa ruokamultaa oli vain hyvin vähäinen määrä (5-10 cm) minkä lisäksi salaojakaivanto oli täytetty tiiviillä kivennäismaalla. Nämä molemmat ruokamullan määrään liittyvät puutteet esiintyivät tiiviillä kivennäismailla. Ruokamullan puuttumiseen tai vähyyteen oli ko. ojaostoissa havaittavissa eri syitä. Kolmessa ojaostossa ruokamullan puuttuminen johtui ojakaivannon

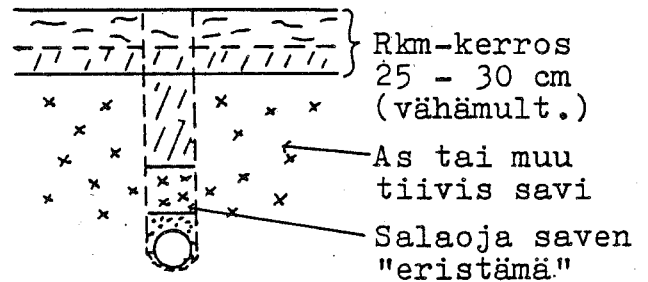
sortumisesta, jolloin ruokamultaa ei oltu voitu enää pudottaa. Yleisimmillään ruokamullan puuttuminen kuitenkin esiintyi niillä tiiviillä kivennäismailla, joilla muokkauskerroksen multavuus oli vähämultainen tai sitä vähäisempi. Kolmas tapaus oli sellainen, jossa ruokamullan pudotusta ei oltu katsottu tarpeelliseksi ollenkaan.

Suodatinaineen puuttuminen havaittiin 9 ojastossa. Näistä kahdessa ojastossa puuttui suodatinsora, joista toisessa se oli korvattu kangasmateriaalilla päällystetyllä saojaputkella ja toisessa ei ollut mitään suodatinainetta. Seitsemässä ojastossa suodatinaineen puuttuminen koski lautaputkien suojausta turvemaille. Näissä tapauksissa ei ollut havaittavissa lautaputkien suojauksessa käytettyä maatumatonta turvetta putkien sivuilla eikä mitään muutaakaan korvaavaa suojustainetta.

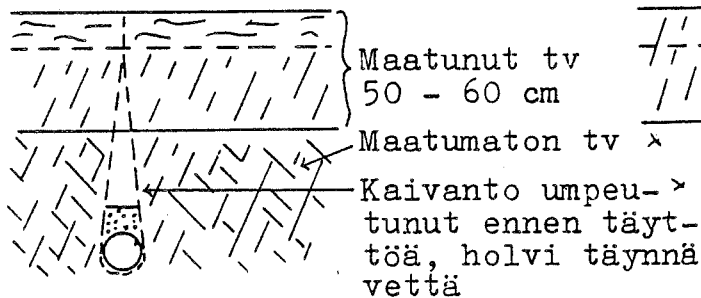
Ojakaivannon sortumisia tai umpeenkuroutumisia havaittiin 7 ojastossa. Tämän tyyppisiä työvaiheen aikaisia virheitä esiintyi sekä turvemaille että kivennäismailla (kuva 17).



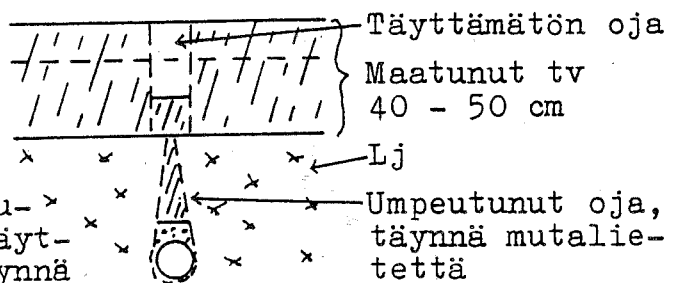
1. Juoksevilla kivennäismailla muodostunut ojakaivannon rakenne



2. Virheellinen ojakaivannon täyttö savimaalla



3. Märkien turvemaiden "holvi"-muodostuma



4. Ojakaivannon rakenne työvirheen jälkeen tv-lj-maalla

07

Muut ojakaivannon rakenteessa havaitut tekovirheet olivat ojakaivannon täyttö lieoilla 1 ojastossa, ojakaivannon lopullinen täyttö vasta sataisen jakson jälkeen 1 ojastossa ja ojakaivannon jättö kokonaan avonaiseksi 1 ojastossa.

Pintavesien johtamiseen liittyviä toteuttamisvaiheessa tehtyjä virheitä oli kahdenlaisia. Näistä useimmiten esiintyi sorasilmäkkeiden puuttuminen eli kaikkiaan 21 ojastossa. Toinen pintavesien johtamiseen liittyvä virhetyyppi oli vaillinainen pellon pinnan tasoittelu. Tätä esiintyi 12 ojastossa.

Salaojien kokoon ja kaltevuuteen liittyviä virheitä esiintyi 17 ojastossa. Kahdessa ojastossa kokoojan kaltevuus oli väärinpäin. Näistä toinen tapaus ilmeni sellaisessa ojastossa, jossa kokoojaoja oli jouduttu pellon pinnanmuodon vuoksi viemään korkeamman maastokohdan läpi. Toinen tapaus taas ilmeni tilanteessa, jossa kaivannon pohja oli kaivuvaiheessa kohonnut ja kaivanto oli sortunut umpeen. Kokoojan kaltevuus oli 0 % kolmessa ojastossa. Näistä yksi tapaus oli suoraan seurausta ojitustyön aikana tehdystä työvirheestä. Muut kaksi tapausta esiintyivät turvemaiden ojastoissa, mutta syytä kokoojien 0 % kaltevuuteen ei varmuudella voitu sanoa. Ne saattoivat johtua samoin toteutuksessa tehdystä virheestä tai pelkästään turpeen voimakkaasta painumisesta. Kokoojaojan kaltevuutta oli 1 ojastossa pienennetty oleellisesti suunnitellusta kaltevuudesta. Samoin kokoojan putkikokoa oli pienennetty 1 ojastossa huomattavasti suunnitelman mukaisesta putkikoosta. Imuojien kaltevuus oli 4 ojastossa selvästi alle minimikaltevuuden. Näiden lisäksi salaojien kokoon ja kaltevuuteen liittyviksi haitoiksi arvioitiin kuusi liettymistapausta, jotka esiintyivät juuri näissä virheellisesti tehdyissä salaojissa. Lietteiden määrä salaojissa ei kuitenkaan ollut näissä tapauksissa kovin suuri.

Muut ojituksen toteutusvaiheessa tehdyt virheet liittyivät suodatinsoran laatuun, putkisaumoihin, salaojaputken kuntoon ja kohta muut sisältämiin virheisiin (liite 4). Liian karkeaa suodatinsoraa oli käytetty 9 ojastossa ja liian hienoa suodatin 6 ojastossa. Saumaraot olivat liian suuria 6 ojastossa ja liian tiiviitä samoin 6 ojastossa. Nämä saumarakoihin liittyvät esiintyivät tiiliputki- ojastoissa. Salaojaputkien rikkoutumiset kaikki 3 tapausta olivat lautaputkien lahoamisia. Näistä kaksi lautaputkiojastoa oli pohja-

veden pinnan yläpuolella ja putkien lahoaminen oli tapahtunut suhteellisen nopeasti. Yhdessä lautaputkiojastossa imuojat oli jännitetty tekovaiheessa ojakaivantoon loivalle kaarelle, jolloin sivulaudat olivat lommahtaneet yhteen naulojen ruostuttua ja katkettua. Kohtaan muut sisältyvät tekovirheet olivat matala valtaoja 4 ojastossa, kokoojaojan tien alitus eristämättä 1 ojastossa, suunnitelman omavaltainen muutos 1 ojastossa, laskuaukko liian korkealla 2 ojastossa ja tiiliputki ilman tukea pehmeässä pohjassa 1 ojastossa.

Salaojien käytöstä eli viljelyn seurauksena ilmenevistä haitoista yleisin ongelma oli tiivistyminen sekä turvemailloilla että kivennäismailloilla. Kaikkiaan eriasteisia ja erilaisia tiivistymiä oli 57 ojastossa. Erityisesti turvemaiden ongelmana yleisesti esiintyi pellon huonoa kantavuutta, joka toisaalta esti tekemästä viljelytoimenpiteitä ja jota tilannetta toisaalta huononnettiin entisestään väkisin tehdyillä viljelytoimenpiteillä. Näitä ongelmia esiintyi kaikkiaan 28 turvemaan ojastossa. Maan voimakasta painumista oli tapahtunut kaikkiaan 11 ojastossa, mikä suurelta osin myös on viljelyn seurausta. Muut viljelyn osalle katsotut ongelmat olivat väärä kyntösuunta 2 ojastossa ja piiriojien huono kunto 2 ojastossa.

### 3.5.3.2.3. Ongelmien vaikutus salaojien toimintaan

Kun veden virtaus pellon pinnalta salaojien kautta valtaojaan jaetaan eri vaiheisiin, voidaan yksittäisiä salaojien ongelmia tarkastella myös tästä näkökulmasta. Toimintahäiriötutkimuksessa havaitut virheet ja puutteet on taulukossa 22 ryhmiteltyinä vaikutustapansa mukaan veden virtausta vastaaviin ryhmiin. Kaikista 459 yksittäisestä viasta ja puutteesta oli 84 sellaisia, jotka eivät suoranaisesti vaikuta veden virtaukseen tai joita ei kyetty sijoittamaan näihin ryhmiin.



Taulukko 22. Virheiden ja puutteiden vaikutus salaojien toimintaan

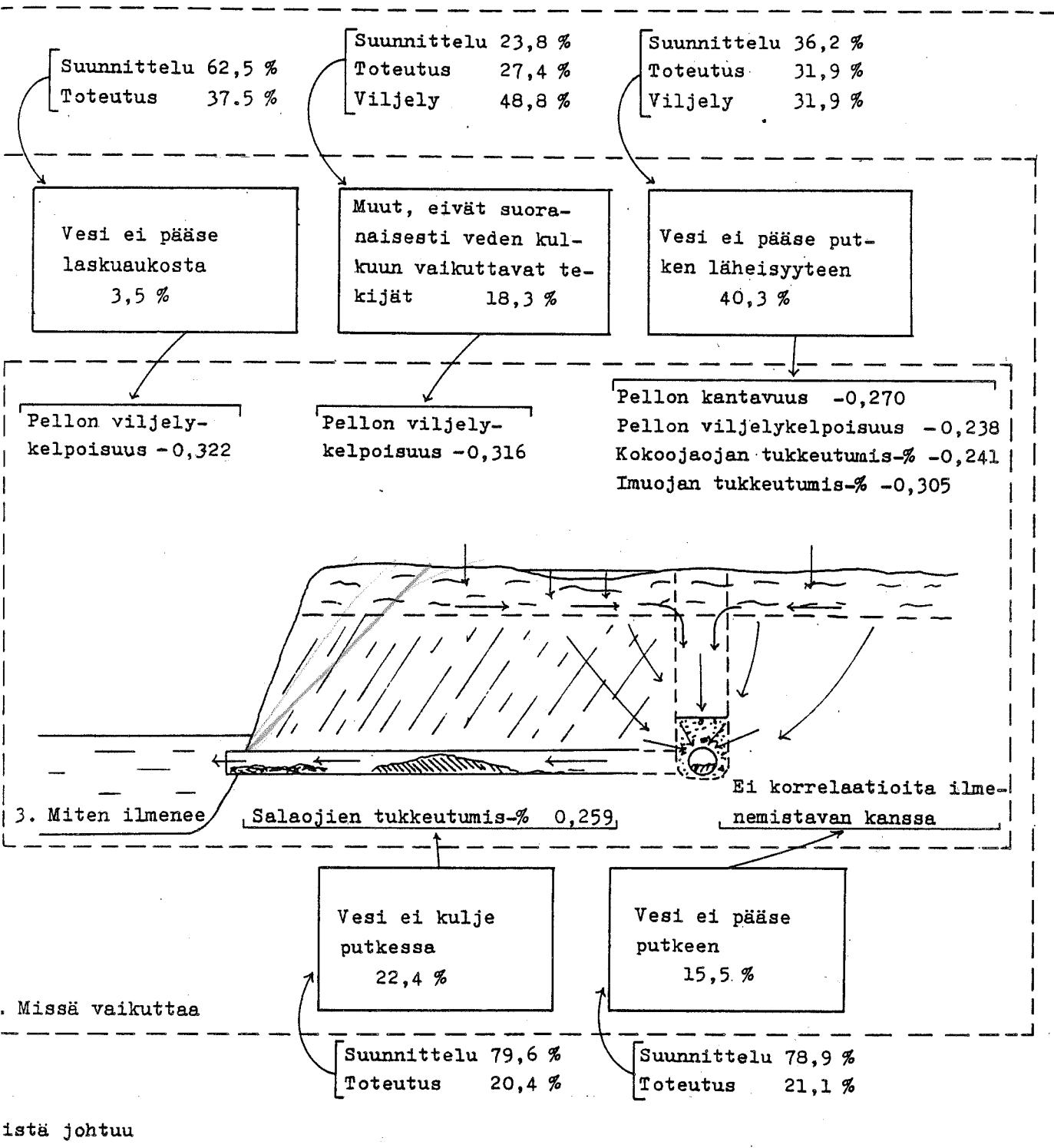
Häiriö vaikuttaa	Häiriöitä			
	kpl	%	kpl	%
Vesi ei pääse pois laskuaukosta	16	3,5	16	4,3
Vesi ei kulje putkessa	103	22,4	103	27,5
Vesi ei pääse putkeen	71	15,5	71	18,9
Vesi ei pääse putken läheisyyteen	185	40,3	185	49,3
Muut	84	18,3	375	100 %
Yhteensä	459	100 %		

Taulukon mukaan lähes puolet eli 49,3% veden kulkuun vaikuttavista virhetekijöistä estivät veden virtausta pellon pintakerroksista salaojien läheisyyteen. Toiseksi suurin ongelmaryhmä muodostui niistä vioista, jotka estivät veden virtausta salaojassa. Näiden osuus oli 27,5 %. Veden virtaukseen vaikuttavista yksityiskohtaisista virheistä ja puutteista 18,9 % oli sellaisia, jotka estivät veden pääsyä salaojan sisään ja 4,3 % sellaisia, jotka estivät veden vapaata purkautumista laskuaukosta valtaojaan.

Veden kulkua putken läheisyyteen estävistä tekijöistä 62,6 % esiintyi aivan pellon pintakerroksissa. Yleisimmät häirtatekijät olivat erilaisia tiivistymiä ja pintavesien johtamiseen liittyviä puutteita (liite 5). Muut pellon pintakerroksissa esiintyneet veden kulkuun vaikuttaneet tekijät olivat pellon epäedullinen pinnanmuoto ja virheellinen kyntösuunta. Ojakaivannossa esiintyi 14,1 % veden kulkuun vaikuttaneista ongelmista. Muut tähän ryhmään lasketut häirtatekijät olivat maatumaton turve, harva ojaväli ja paineellinen pohjavesi.

Kun yksityiskohtaisista vioista ja puutteista muodostettuja ryhmiä vertaillaan keskenään, havaitaan että veden kulkua putken läheisyyteen estävistä seikoista kytkeytyy suunnitteluun 36,2 %, toteutukseen 31,9 % ja viljelyyn 31,9%. Tässä on suunnittelun osuus korostunut notkoisten ja painanteisten peltojen sekä turvemaiden ongelmien vuoksi. Kivennäismailla on kuitenkin viljelytoimenpiteillä ja ojakaivannon rakenteella keskeinen merkitys veden liikkeisiin pellon pinnalta pohjavesiin ja salaojien läheisyyteen. Kuvasta 18 nähdään myös, että tämän ryhmän ongelmat vaikuttavat oleellisesti pellon kantavuuteen ja pellon viljelykelpoisuuteen.

Salaojien tukkeutumis-% ja po. ryhmän välinen negatiivinen korrelaatio johtuu siitä, että tyypillisissä kivennäismaiden tiivistymistapauksissa eli lähinnä savimailla salaojat olivat puhtaat tai vain vähän liettyneet. Samoin tiivistyneillä turvemilla oli myös usein puhtaat salaojat.



Kuva 18. Toimintahäiriöiden ja ongelmien vaikutustavan välinen riippuvuus

Veden kulkua salaojaputkissa estävistä syistä pääosa eli 85,4 % oli erilaisia sakkauma muodostumia putken sisällä. Muut syyt veden virtauksen estymiseen olivat salaojaputken pieni koko ja virheelinen ojakaltevuus sekä lukumääräisesti vähäisempinä ilmiöinä salaojan rikkoutuminen ja salaojan jäätyminen.

Kuvan 18 mukaan suunnittelun osuus on keskeisin veden virtauksen varmistamisessa salaojissa eli 79,6 %. Tämä johtuu selkeästi erilaisten sakkamuodostumien syntymisestä tavanomaisiin ojastoihin riskiolosuhteissa. Työvirheiden osuutta eli 20,4 % tässä ovat lähinnä salaojien kaltevuuksien ja putkikoon muutokset.

Veden pääsyä salaojaputkeen estä pääasiassa kaksi ongelmatyyppiä eli suodattimen ruostuminen ja saumojen tai reikien ruostuminen. Suodattimeen liittyviä ongelmia oli 42,3 % ja saumoihin tai reikiin liittyviä ongelmia 40,8 % tähän ryhmään lukeutuvista yksityiskohtaisista vioista. Lukumääräisesti vähäisempiä ongelmia olivat suodatinsoran puuttuminen ja ylipaineen esiintyminen salaojaputkessa.

Myös tässä ongelmaryhmässä suunnittelun osuus on keskeinen eli 78,9 %. Tämä johtuu siitä, että samat riskitekijät, jotka aiheuttavat sakkaumia salaojaputkiin, aiheuttavat myös suodattimen ja saumojen ja reikien läpäisemättömyysongelmat. Toteutuksen seurauksena tässä on lähinnä suodatinaineen puuttuminen ja tasapäisten tiiliputkien tiivis asettelu putkenlaskun yhteydessä. Toteutuksen osuus kuvan 21 mukaan tässä ongelmaryhmässä oli 21,1 %.

Veden purkautumisen esteenä laskuaukolta oli pääasiassa vaikeat ympäristöolosuhteet. Lisäksi matala valtaoja sekä laskuaukon liiallinen korkeus olivat veden purkautumisen esteenä. Tämän ryhmän osuus kalkista yksityiskohtaisista vioista oli 3,5 %.

Kuvan 18 mukaan po. ongelmaryhmästä kytkeytyy suunnitteluratkaisuihin 62,5 % ja toteutukseen 37,5 %. Nämä ongelmat edustavat tiettyjä raja-alueita, joissa kannattaisi harkita salaojituksen mielekkyyttä, varsinkin kun seurauksena on helposti pellon viljelykelpoisuuden menettäminen. Usein tälläisissä tapauksissa pellon kantavuus ja viljelykelpoisuus on ollut heikko jo avo-ojien aikana.

Kuvassa 18 on lisäksi ryhmä ongelmia, jotka eivät varsinaisesti vaikuta veden liikkeisiin. Näiden osuus oli 18,3 % kaikista vioista. Pääosa näistä on turvemaiden ongelmia, kuten pellon huono kantavuus ja maan painuminen (liite 3). Tämän tyyppisten ongelmien esiintyessä pellon viljelykelpoisuus on jo varsin huono.

#### 3.5.4. Faktori-analyysi

Aineistoa tiivistettiin jatkoanalyysin helpottamiseksi faktorimallilla. Uusia faktorimuuttujia muodostettiin kaikkiaan 19 kpl. Tilakohtaisia taustatekijöitä kuvaavia faktoreita näistä oli 11 kpl ja ongelmallisten ojastojen taustatekijöitä kuvaavia faktoreita vastaavasti oli 8 kpl. Tilaolosuhteita kuvaavat faktorit selittivät muuttujien varianssista 39,8 % ja ongelmallisia ojastoja kuvaavaavien faktoreiden selityskyvyksi tuli 38,6 %. Seuraavassa esitetään ko. faktorit ja niistä lyhyt selitys. Faktoreiden suurimmat lataukset, joihin selitykset perustuvat on esitetty liitteessä 6.

##### 3.5.4.1. Tilaolosuhteita kuvaavat faktorit

Suurtila-faktori kuvaa Etelä- ja Lounais-Suomen maatiloja, joilla peltopinta-ala on suuri ja peltojen maalaji on pääasiassa savea. Tässä aineistossa ko. tiloilla viljellään syysviljoja ja ohraa. Viljelykiertoon kuuluu säännöllinen kesannointi. Tällaisella tilalla on useita kookkaita traktoreita, jotka useimmiten ovat myös nelivetoisia. Työkoneet ovat suuria, kuten esim. leveä joustopiikkiäes, leveä kylvökone, kookas puimuri ja raskaat perävaunut. Kylvötyöt tehdään tilalla välittömästi kylvömuokkauksen jälkeen. Tilan pellot on käytännöllisesti katsoen kaikki salaojitettu ja putkimateriaalina on käytetty yksinomaan tiiliputkea.

Tuotantos suunnan vaihdos-faktorin kuvaamalla tiloilla on tuotantosuuntaa vaihdettu hiljakkoin kotieläinvaltaisesta kasvinviljelyvaltaiseksi. Nurmikasvien sijaan tällaisella tilalla viljellään ohraa ja öljykasveja. Tilan traktoreita on samanaikaisesti suurennettu ja samalla alettu kiinnittämään huomiota maahan kohdistuvaan

pintapaineeseen. Traktoreiden rengasvarustuksena on vyörenkaat ja puinnin ajaksi puimurin renkaiden ilmanpainetta pienennetään.

Perunan viljelijä-faktorin kuvaaman tilan viljelijällä on keskimääräistä parempi maatalouskoulutus. Traktorin kokoa on jonkinverran suurennettu edellisessä vaihdossa, mutta se ei kuitenkaan ole juuri traktorien keskikokoa suurempi. Kynnössä käytetään mahdollisimman leveää auraa, jolloin teho-työleveyysuhde ei myöskään ole suuri. Ko. faktorin kuvaamilla tiloilla maalaji on hietaa tai hietaista ja peltojen kuivatustarve on vähäisempi kuin tiiviillä mailla. Tila on erikoistunut perunan viljelyyn.

Sikatilalla on tässä aineistossa yhdistetty emakko- ja lihasikala. Tilan oma peltoala käytetään tarkoin rehun tuottamiseen, jolloin peltoja ei kesannoida. Tilalla on myös sellaista peltoa, joka ei tarvitse kuivatusta lainkaan. Pintapaineen pienentämiseksi traktorissa käytetään paripyöriä.

Nelivetoisuus-faktori kuvaa sellaista viljatilaa, jossa traktorin nelivetoisuus asetetaan keskeiselle sijalle traktorin ominaisuuksista. Tilan kakkostraktori on suuri, vyörenkailla varustettu nelivetoinen traktori. Tällaisella tilalla viljellään kevätiljoja, lähinnä kevätevehnää ja kauraa. Vilja puidaan kookkaalla puimurilla. Samoin muokkaus koneet, aurat ja joustopiikkiäes ovat kookkaita. Tilan pelloista valtaosa on salaojitettua ja putkimateriaalina on myös yksinomaan käytetty tiiliputkea.

Erikoiskasvien viljelijä-faktorin kuvaaman tilan viljelijällä on myös keskimääräistä korkeampi maatalouskoulutus. Tilalla viljellään hernettä, sokerijuurikasta ja perunaa. Tilalla on useita traktoreita. Ykköstraktori on kookas ja leveillä takarenkailla varustettu tehokas traktori. Kakkostraktori on korkeilla takarenkailla varustettu nelivetoinen traktori. Traktorien kokoa on jonkinverran pienennetty edellisistä viimeisen vaihdon yhteydessä. Tilalla on myös vuokrattuna salaojitettua peltoa. Omien peltojen salaojituksissa putkimateriaalina on käytetty pääasiassa muoviputkea.

Vuokramaiden viljelijä-faktori on hyvin samankaltainen suurtila-faktorin kanssa. Tilalla viljellään sekä syysviljoja että kevätiljoja.

viljoja ja myös öljykasveja. Viljelykiertoon kuuluu säännöllinen peltojen kesannointi. Ko. faktorin kuvaamalla tilalla on useita kookkaita traktoreita ja samoin työkoneet ovat suuria. Traktorin ominaisuuksista suositaan nelivetoisuutta. Kylvötyöt tehdään välittömästi kylvömuokkauksen jälkeen. Tilalla on oman pellon lisäksi paljon vuokrapeltoa. Vuokramaat on pääasiassa salaojitettua peltoa. Tilat sijaitsevat tyypillisesti Etelä- ja Lounais-Suomen savialueilla.

Maata säästävä, kevätiljojen viljelijä ei suosi traktorin nelivetoisuutta, vaan sen sijaan kiinnittää paljon huomiota renkaiden aiheuttamiin pintapaineisiin. Tämän vuoksi traktoreissa käytetään mahdollisimman usein paripyöriä ja myös leveitä takarenkaita. Samoin kynnössä renkaiden luistoa pyritään vähentämään kaikissa olosuhteissa sekä puimurin renkaiden ilmanpaineita pidetään alhaisena. Tilalla viljellään pääasiassa kevätiljoja. Kylvö tehdään välittömästi kylvömuokkauksen jälkeen. Tilalla on myös sellaista peltoa, joka ei tarvitse kuivatusta lainkaan.

Iäkäs, sisäsuomalainen viljelijä-faktori kuvaa sellaisia maatiloja, joilla tuotantosuunta ja viljelymenetelmät ovat kauan pysyneet muuttumattomana. Tällaisella tilalla viljelijän ikä on korkea, eikä hänellä ole maatalouskoulutusta lainkaan. Tilan peltojen maalaji vaihtelee kivennäismaasta turvemaalajeihin. Tilan koneet ovat pienehköjä. Kylvöjen yhteydessä peltoja kuivatetaan kylvömuokkauksen ja kylvön välissä 1-2 pv. Tilalla on paljon sellaista peltoa, joka ei tarvitse kuivatusta lainkaan. Tilan salaojitus-% on alhainen eli salaojitus on vasta aloitettu näillä tiloilla.

Yhdistetty tuotantosuunta-faktori kuvaa tilatyyppejä, jossa on siirrytty kasvinviljelyvaltaisesta tuotantosuunnasta yhdistettyyn tuotantosuuntaan. Ts. tässä aineistossa näillä tiloilla on viljan viljelyn ohella alettu harjoittaa kanataloutta. Tuotantosuunnan vaihdos on tehty hiljakkoin. Ko. faktorin kuvaamalla tilalla viljellään keväthehnää, eikä kesannointi kuulu viljelykiertoon. Tilan peltolohkot ovat suuria ja tasaisia, pääasiassa savespitoisia maita. Tilan oman pellon salaojitusprosentti on korkea.

Suuret, tehokkaat koneet-faktorin kuvaamalle tilalle on ominaista kaikkien tilalla käytettävien koneiden suuri koko ja uutuus. Van-

hoista koneista ja menetelmistä on luovuttu. Kyntö tehdään nelive-toisella traktorilla ja pyritään kyntämään syvään. Tämän tyyppinen tila sijaitsee tavallisesti savialueilla ja on viljanviljelytila. Tilan pellot on käytännöllisesti katsoen kaikki salaojitettu.

#### 3.5.4.2. Pelto-olosuhteita ja ojastoja kuvaavat faktorit

Maatumattomien turvemaiden-faktori sisältää useita, sille ominaisia piirteitä. Tämän faktorin kuvaamat ojitukset ovat suhteellisen uusia ojituksia. Mutautuneen muokkauskerroksen alla n. 30-40 cm:stä alaspäin on maatumatonta tai heikosti maatumutta turvetta yli salaojitussyvyyden. Ojitushetkellä maa on ollut märkää, kuten se oli myös tutkimushetkelläkin. Ojituksen jälkeen pellon pinta on painunut alaspäin ja lopulta salaojat ovat jääneet liian matalaan. Maalajille ko. ojastoissa on tyypillistä luontainen heikko kantavuus. Salaojaputkien pohjalla näissä olosuhteissa ei ole selviä sedimenttikerroksia, mutta putken sisäpinta on usein kauttaaltaan limoittunut ja mutautunut.

Halkeilleet savimaat-faktorin kuvaamat ojastot ovat tiiviiden savi-maiden ojituksia. Näissä olosuhteissa salaojaputket ovat käytännöllisesti katsoen puhtaat lietteistä ja sakkamuodostumista. Ainoastaan muutaman mm:n lietekerroksia saattaa esiintyä näissä ojastoissa. Ruostesakkaumia ei esiinny. Suodatinsora on kuitenkin tyypillisesti lietettynt kauttaaltaan. Tutkitut ojastot olivat suhteellisen uusia ja imuojaväli oli näissä ojastoissa tiheä. Pellon pinnalla esiintyi usein pintavesiä kerääviä notkanteita tai painanteita. Tutkimushetkellä maa oli näissä ojastoissa halkeillut kuivuuden vuoksi voimakkaasti.

Tiiviit kivennäismaat-faktorin kuvaamissa ojastoissa maan vedenläpäisykyky oli imentämittauksen perusteella lähes olematon. Suodatinsora oli yleensä puhdasta, samoin putkisaumat olivat puhtaat. Ruostesakkaumia esiintyi salaojaputkissa jonkinverran, lähinnä urpamailla. Tekovirheiden vuoksi tämän faktorin kuvaamissa ojastoissa esiintyi 0-%:n kaltevuudella olevia kokoojaojia. Tyypillistä näille ojastoille oli myös pintavesiä keräävä, huonosti

tasoiteltu pellon pinnanmuoto. Tämän faktorin kuvaamien ojastojen maalajina on tiiviitä kivennäismaita, sekä sellaisia savimaita, jotka eivät olleet halkeilleet tutkimushetkellä.

Pellon ympäristö-faktorin kuvaamat ojastot on tehty sellaiselle peltolohkolle, joka on korkeamman maaston ja/tai laajan tasaisen maaston ympäröimä. Näissä olosuhteissa valtaojat ovat matalia ja huonossa kunnossa ja liikavesien purkaminen on vaikeaa. Pellon kuivatussyvyys on poikkeuksetta matala. Maalaji on useimmiten turvetta, mutta sen paksuus vaihteli siten, että salaoja syvyydessä paikoin oli kivennäismaata. Yleensä heti mutautuneen muokkauskerroksen alapuolella on maatumattomia tai vähän maatumelta turvekerroksia. Pellon kantavuus on maalajista johtuen heikko. Ko-faktorin kuvaamilla lohkoilla esiintyy lisäksi pintavesiä kerääviä notkoja ja painanteita.

Vedenalaisuus-faktori käsittää kivennäismaiden vedenalaisia ojastoja. Näissä ojastoissa salaojien päällä on runsaasti suodatinSORAA. Salaojaputkien saumarakoihin ja reikiin on tunkeutunut runsaasti suodatinSORAA, mutta salaojissa sitä ei kuitenkaan ole kuin hiukan. Imuojien suodatin on liettynyt ja kokoojaojien pohjalle on sedimentoitunut lietettä. Vedenalaisuus näissä ojastoissa johtuu lähinnä laskuaukkokaivojen käytöstä.

Rantapello-faktorin kuvaamat ojastot on tehty rantapelloille. Näissä tapauksissa vesistöjen vedet ovat pellon pintaan nähden korkealla ja keväisin pelto saattaa jäädä osittain tulvan alle. Korkeasta vedestä johtuen kuivatussyvyys on matala, varsinkin pellon alareunassa. Salaojissa esiintyy ruostesakkaumia ja lietettä usein runsaastikin. Samoin putken sisäpinta on kauttaaltaan iskostunut joko ruosteesta tai lietteestä. Maalaji näissä ojastoissa oli joko kivennäismaata tai ohutturpeista turvemaata.

Hyvien olosuhteiden salaojat on tehty hyvissä olosuhteissa säätyypin, maan kosteuden ja yleensäkin ojitulosuhteiden suhteen. Ojitushetkellä maa on ollut kuivaa ja säätyyppi on ollut poutainen. Tekovaiheessa ei ole esiintynyt minkäänlaisia ongelmia. Ojitusalueet ovat tasaisia peltoja. Ojituksen jälkityöt on tehty huolella loppuun saakka.



Vaikeat kaivuolosuhteet-faktori kuvaa ojastoja, joissa on ojituksen toteutusvaiheessa esiintynyt ongelmia. Ojakaivanto on kaatunut tai lamoutunut kiinni ennen kaivannon täyttämistä, jolloin sala-ojaputkin on jäänyt eristyksiin perusmaan sisään. Salaojat ovat lisäksi melko syvällä näissä ojastoissa. Alueella esiintyy paineellista pohjavettä ja ruostetta. Salaojaputket eivät ole ruostesakan saostuttamia, mutta suodatinsora sitävästoin on ruostunut. Imuojaväli on tiiviin kivennäismaan ojaväli. Kyseiset ojastot ovat varsin uusia ojituksia.

#### 3.5.4.3. Salaojien ongelmat ja tilaolosuhteet

Salaojien toimintahäiriöiden ja tilalla vallitsevien olosuhteiden välisiä riippuvuussuhteita selvitettiin korrelaatioanalyysillä. Korrelaatiot laskettiin tilaolosuhteita eli tilatyyppejä kuvaavien faktoreiden ja salaojien toimintahäiriöitä kuvaavien eri tasoisten muuttujien välille (liitteet 7-9). Näin muodostettujen korrelaatiokertoimien pohjalta tehtiin johtopäätöksiä eri tyyppisille olosuhteille ominaisista salaojien toiminta häiriöistä.

Etelä- ja Lounais-Suomen suurtilalle, jolla esiintyy kuivatusongelmia salaojitetuilla pelloilla on tyypillistä, että ongelma-alueen pinta-ala on suuri ja tilalla on yhteensä saman tyyppistä ongelmallista pinta-alaa paljon. Kuivatusongelmista huolimatta peltojen kantavuus on viljelijän mukaan vähintään välttävä ja viljelytoimenpiteet on voitu tehdä ainakin pellon kantavuuden puolesta. Tässä aineistossa kyseisillä tiloilla kuivatusongelmat johtuvat muista syyistä kuin salaojituksen toteutuksessa tehdyistä virheistä. Näillä tiloilla ei myöskään esiinny maatumattomia turvemaita. Liitteissä 7-9 esitetyistä korrelaatiokertoimista havaitaan, että ko. tilatyyppien ja eri tavoin kuvattujen toimintahäiriöiden välillä ei ole korrelaatioita. Tämä on merkittävää varsinkin tiivistymisongelmien osalta. Tulos merkitsee sitä, että erilaisia tiivistymisilmiöitä ei tilatyyppi sinällään selitä, vaan tiivistymistapahtumat ovat riippuvaisia muista tekijöistä. Ongelma-alueen suuri pinta-ala johtuu puolestaan tilan suuresta pinta-alasta, riippumatta siitä mikä on ongelman aiheuttaja.

Erikoistuneella kasvinviljelytilalla (kts. faktoriselitykset) esiintyi sellaisia salaojien toimintahäiriöitä, jotka johtuivat puutteellisesta suunnittelusta. Tässä aineistossa nämä olivat imuojien virheellinen suunta peltokuvioon nähden ja maaperän ruosteisuus, jota ei oltu havaittu suunnitteluvaiheessa. Näillä tiloilla peltojen kantavuudelle on asetettu tavallista korkeammat vaatimukset ja siksi myös toimintahäiriötapauksissa pellon kantavuus ensimmäiseksi aiheuttaa ongelmia, vaikeuttaen lähinnä kylvöä ja sadonkorjuuta.

Niillä tiloilla, joilla viljelijä otti huomioon viljelytoimissa maahan kohdistuvat rasitukset ja pintapaineet eli viljelijä käytti mm. paripyöriä traktoreissa, esiintyi juuri viljelytoimenpiteistä peräisin olevia kuivatushäiriöitä, ts. maa oli tiivistynyt tai maa ei läpäissyt vettä. Tämä saattaisi johtua siitä, että tilalla on alettu käyttää paripyöriä ja alennettua ilmanpainetta vasta kuivatusongelmien ilmaantumisen jälkeen, jolloin ongelmat olisivat kovien viljelytoimenpiteiden seurausta. Tämän selittäisivät myös tilan peltojen maalajin ominaisuudet, eli luonnollinen tiiviys ja heikko läpäisevyys, jolloin ongelmia esiintyy aina sateisimpina kesinä.

Ikääntyneellä, sisäsuomalaisella viljelijällä salaojien toimintahäiriöt usein johtuivat ruosteen aiheuttamista tukoksista. Ongelmalliset peltolohkot olivat näillä tiloilla usein rantapeltoja, jolloin korkean pohjaveden vuoksi ojitukset oli tehty vaikeissa olosuhteissa.

Yhdistetty tuotantosuunta-faktorin kuvaamilla tiloilla ongelma-alueen pinta-ala on suuri ja tilalla on yhteensä samantyyppistä ongelmaa paljon. Tämä tilatyypin muistuttaa paljolti suurtila-faktorin kuvaamia maatiloja.

Liitteissä 7-9 esitetyistä tilatyypin ja salaojien toimintahäiriöiden välisistä korrelaatioista havaitaan, että korkeintaan 5 % riskillä nollasta poikkeavia korrelatioita on hyvin vähän ja samalla ne ovat myös varsin heikkoja. Tästä voidaan päätellä, että erilaisia salaojien toimintahäiriöitä ei voida selittää tilatyyp-

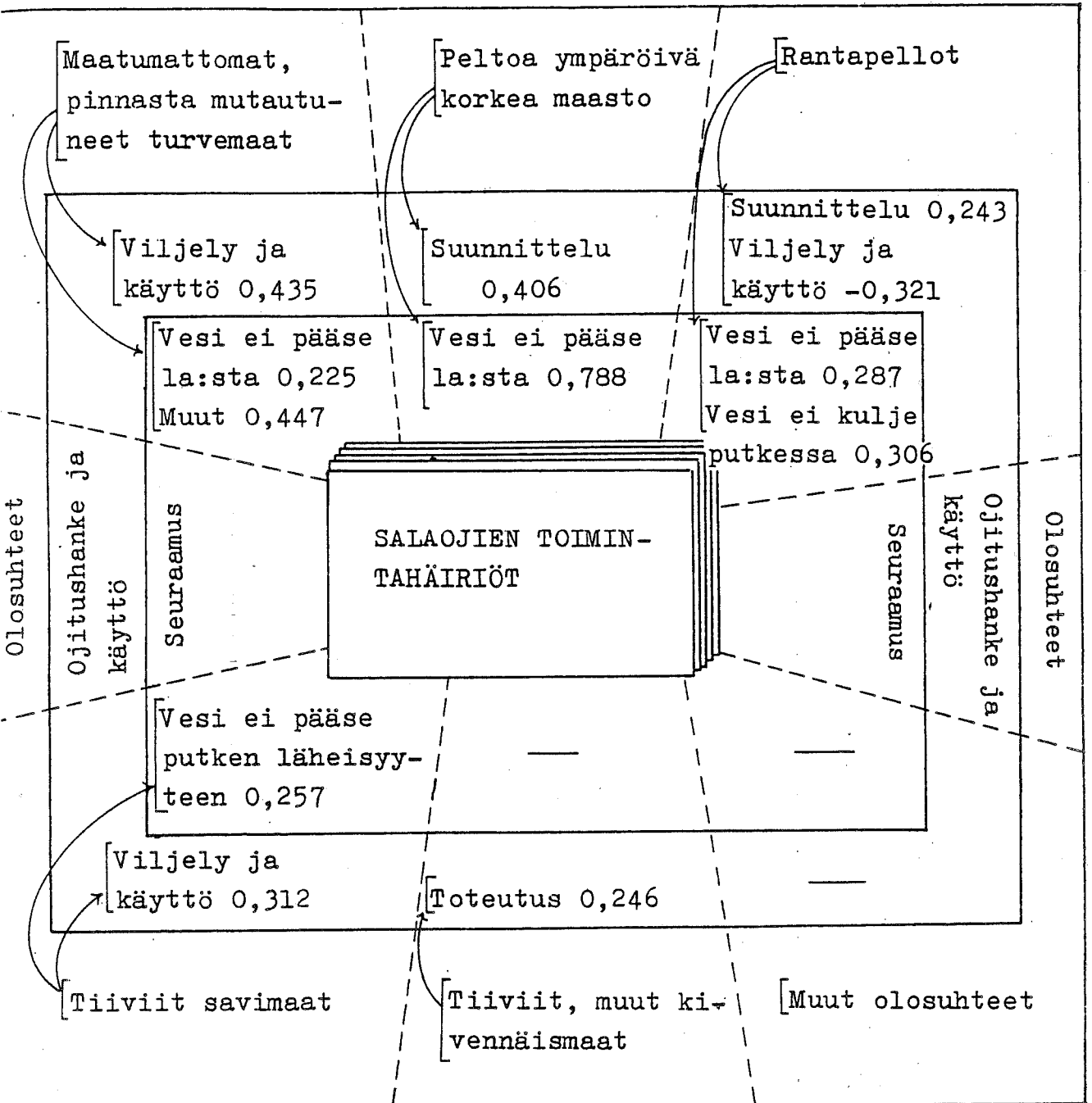
peillä. Ainoastaan häiriöalueen pinta-ala on riippuvainen pelto-  
lohkon pinta-alasta, eli mitä suurempi tila sitä suurempi häiriö-  
alue on ongelmien esiintyessä.

#### 3.5.4.4. Pelto-olosuhteet ja salaojien ongelmat

Salaojien toimintahäiriöiden ja ongelmallisella peltolohkolla  
vallitsevien olosuhteiden välisiä riippuvuussuhteita selvitettiin  
samoin korrelaatioanalyysillä. Korrelaatiokertoimet laskettiin  
pelto-olosuhteita kuvaavien faktorimuuttujien ja salaojien ongel-  
mia kuvaavien muuttujien välille. Kuvassa 19 on esitetty korrelaa-  
tioihin perustuvat riippuvuussuhteet ongelmien syntymisestä eri-  
laisissa olosuhteissa. Korrelaatiokertoimet on taulukoituina liit-  
teissä 9-10.

Kuvan 19 mukaan maatumattomille turvemaille ovat tyypillisiä sel-  
laiset kuivatusongelmat, jotka suurelta osin ovat peräisin vilje-  
lytoimenpiteistä. Turvemaan mutautuneen pintakerroksen läpäisemät-  
tömyys ja maanpinnan voimakas painuminen ovat juuri näitä ongel-  
mia. Turvemaat painuvat salaojituksen jälkeen keskimäärin 1-1,5  
cm vuodessa. Tämä johtuu koneiden aiheuttamasta maan painumisesta,  
eroosiosta eli maan kulumisesta, viljelyn edistämästä maatumatto-  
mien kerrosten maatumisesta ja myöskin salaojituksen alentamasta  
pohjaveden korkeudesta, jolloin pohjavesi ei enää kannata yläpuo-  
lista turvekerrosta. Lisäksi maatumattomille turvemaille on luon-  
teenomaista maalajin huono kantavuus, varsinkin sen jälkeen kun  
maan vesitalous on jo häiriintynyt. Niiltä osin kuin nämä turve-  
maat ovat jo painuneet huomattavasti salaojituksen jälkeen, ongel-  
maksi muodostuu salaojien ja valtaojan mataluus, jolloin vesi ei  
pääse purkautumaan laskuaukolta.

Maatumattomien turvemaiden kuivatusongelmat ilmenevät varsin no-  
peasti ko. alueen heikkona kantavuutena, ja tästä johtuen pahim-  
millaana täydellisenä viljelykelvottomuutena (liite 9). Näissä  
olosuhteissa tiloilla oli jouduttu lisäämään salaojia jälkeinpäin  
ongelmallisen lohkon viljelykelvottomuuden palauttamiseksi.



Kuva 19. Toimintahäiriöiden vaikutus salaojien toimintaan erilaisissa olosuhteissa

Niillä ongelmallisilla peltolohkoilla, joilla epäedulliset ympäristötekijät olivat voimakkaita, eli peltolohko oli korkeamman maaston ympäröimä tai pelto rajoittui korkeavetiseen vesistöön, kuivatusongelmat juontuivat suurelta osin suoraan salaojituksen suunnittelussa tehdyistä ratkaisuista, ts. näihin olosuhteisiin

oli tehty normaalien olosuhteiden salaojasuunnitelma eikä oltu huomioitu riittävästi kuivatettavan alueen vaikeusastetta. Korkean maaston ympäröimältä peltolohkolta vesien poisjohtaminen oli vaikeaa, koska valtaoja olisi jouduttu viemään leikkauksella korkeamman maastokohdan yli, jolloin valtaojat eivät olisi pysyneet useimmilla maalajeilla auki. Samoin niissä tapauksissa, joissa oli yritetty saada riittävä kuivatussyvyys syvällä valtaojalla oli valtaoja sortunut tukkoon. Samankaltainen valtaojien aukipysymisongelma oli sellaisilla tasaisilla turvemaidella, joissa valtaoja oli viety suhteellisen pitkän matkan tasaisen ja yleensä metsäisen turvealueen läpi. Rantapelloilla vastaavasti useina keväinä toistuvat tulvat, vesistöjen korkea vedenpinta suhteessa pellon pintaan ja näissä olosuhteissa usein esiintyvät ruostesakkaumat olivat perimmäiset syyt peltolohkojen märkyyteen.

Molemmat ympäristötekijät vaikuttavat salaojien toimintaan vedenkulun mukaisessa tarkastelussa siten, että vesi ei pääse vapaasti purkautumaan laskuaukolta matalan valtaojan tai korkean vedenpinnan vuoksi. Ts. näissä olosuhteissa pellon kuivatussyvyys on matala, ja tämän seurauksena pellot ovat pahimmillaan viljelykelvottomia joko osittain tai kokonaan. Rantapelloilla ruostetukokset estävät usein esiintyessään vedenkulun salaojaputkissa.

Tiiviillä savimailla tyypillisenä ongelmana olivat sellaiset ilmiöt, jotka estivät veden pääsyn pellon pintakerroksista salaojien läheisyyteen. Näitä olivat pääasiassa jankon ja osittain muokkauskerroksen tiivistyminen. Nämä savimaiden tiivistymät ovat pääsääntöisesti peräisin viljelytoimenpiteistä. Näissä olosuhteissa ojakaivantojen tiivistymistä tai vedenläpäisemättömyyttä jouduttaa ruokamullan ja sorasilmäkkeiden vähäisyys, jolloin ojakaivannon löyhä rakenne tiivistyy pahimmissa tapauksissa lähes läpäisemättömäksi. Poikkeuksellisen sateisilla kasvukausilla on myös suuri vaikutus maan tiivistymiin, mikäli viljelijä ei pysty pitämään viljelytoimenpiteistä maahan kohdistuvaa rasitetta samalla tasolla kuin normaaleissa olosuhteissa.

Viljelijöiden mukaan tiivillä savimailla kuivumishäiriöt aiheuttivat viivästymisiä touko- ja sadonkorjuutöissä sekä kasvuhäiriöitä.

Kuvan 19 mukaan muilla tiiviillä tai tiivistyneillä maalajeilla oli tehty satunnaisia työvirheitä ja jälkitöiden osalta työt oli tehty huonosti, sarkaojapainanteiden ja epätasaisuuksien tasoittelu oli jäänyt heikoksi, jolloin pintavesien kerääntyminen notkoihin ja painanteisiin aiheutti kuivumisongelmia. Ongelman luonteesta johtuen ongelma-alueen pinta-ala oli suhteellisen pieni, mutta näitä oli useita samalla peltolohkolla.

Muiden faktoreiden kuvaamissa pelto-olosuhteissa ongelmien aiheuttajat olivat vaihtelevia ja näinollen myös veden kulku pellon pinnalta salaojien kautta valtaojiin oli häiriintynyt eri vaiheissa, eikä tyypillisiä ongelmia ole havaittavissa näille olosuhteille.

Pelto-olosuhteita kuvaavat faktorit selittävät ojastoista mitattujen muuttujien yhteisestä vaihtelusta 38,6 %. Lisäksi faktorimuuttujien ja ongelmatyyppejä kuvaavien muuttujien väliset korrelaatiot ovat korkeimmillaankin keskivahvoja korrelaatioita. Tämä merkitsee sitä, että vain selvimmät ja voimakkaasti olosuhteista riippuvat salaojien toimintahäiriöt on saatu kuvassa 19 esille. Kuvioista jäävät puuttumaan sellaiset maalajien ominaisuuksista riippuvat toimintahäiriöt, jotka eivät ole tyypillisiä tässä aineistossa faktoreiden kuvaamille pelto-olosuhteille, sekä sellaiset tekijät, joita esiintyy lähes kaikilla maalajeilla esim. ruostetukkeumat, lietetukkeumat ja lähteisyys. Lisäksi ongelmien syynä saattaa olla olosuhteista riippumattomia satunnaistekijöitä esim. inhimilliset työvirheet ja suunnitteluvirheet.

### 3.5.5. Ongelmien esiintyminen maalajeittain

#### 3.5.5.1. Ruoste

Tutkituissa ojastoissa pellon maalajeja oli eri syvyydellä kaikkiaan 38 erilaista (liite 11). Salaojasyvyydessä erilaisia maalajeja oli vähemmän eli 28 erilaista. Ruosteen aiheuttamia eriasteisia tukkeumia esiintyi lähes kaikilla maalajeilla (liite 12). Neljällä eri maalajilla ruostesakkaumia ei esiintynyt lainkaan eli hiesulla (Hs), savisella multamaalla (s Mm) ja LCS- ja S-turpeilla. Havaintojen määrä ko. maalajeilla oli kuitenkin vähäinen. Aitosavella (As) ja liejusavella (Lj s) ruostehavaintoja oli suh-

teellisesti vähemmän kuin muilla maalajeilla. Aitosavimaiden 13 oja-astosta yhden oja-aston imuo-ajassa oli alle 10 %:n ruostetukkeuma ja liejusavimaiden 8 tutkitusta oja-astosta kahdessa esiintyi ruostesakkaumia. Tutkittujen kivennäismaiden oja-astoista 44,1 %:ssa esiintyi ruostesakkaumia kokooja-ojista mitattuna ja 40,7 %:ssa imuojista mitattuna (taulukko 23). Turvemaiden oja-astoista vastaa-vasti 50,0 %:ssa esiintyi ruostesakkaumia kokoojaojien havaintojen perusteella ja 30 %:ssa imuoja-havaintojen perusteella.

Taulukko 23. Ruosteen esiintyminen maalajiryhmittäin

	Ojastoja yht kpl	Ruostehavaintoja yht					
		Kokoojassa		Imuojassa		Ojastoittain	
		kpl	%	kpl	%	kpl	%
Kivennäismaat	59	26	44,1	24	40,7	28	47,5
Turvemaat	30	15	50,0	9	30,0	17	56,7
Lieju- ja mul- tamaat	3	-	-	1	33,3	1	33,3

Ruostesakkaumien aiheuttama tukkeuma-% on kivennäismailla jonkin-  
verran suurempi kuin turvemaileda. Ruostehavaintojen määrä vaihteli  
jonkin verran turvemaileda ja kivennäismailla pelkästään kokoojista  
tai imuojista tehtyjen havaintojen perusteella. Ojastoittain tar-  
kasteltuna ruostehavaintojen määrä oli turvemaileda suurempi kuin  
kivennäismailla (taulukko 23). Kivennäismaiden oja-astoista 47,5  
%:ssa esiintyi ruostesakkaumia ja turvemaiden oja-astoista vastaa-  
vasti 56,7 %:ssa. Multa- ja liejumaiden oja-astoista 33,3 %:ssa  
havaittiin ruostesakkaumia. Kaikkiaan 46 oja-astossa 92 tutkitusta  
oja-astosta esiintyi eriasteisia ruostemuodostumia. Näistä 10 oja-  
tossa sakkauman määrä oli kuitenkin varsin vähäinen.

### 3.5.5.2. Salaojien liettyminen

Erilaisia liettyviä esiintyi myös lähes kaikilla maalajeilla  
(liite 13). Kivennäismailla salaojaputkiin sedimentoitunut liete  
oli pääasiassa hiesua ja savesta sekä turvemaileda tavallisesti  
putken sisäpinnalle iskostunutta mutaa. Kivennäismaiden pahimmat  
liettymät esiintyivät hiesumaileda ja hiesuisilla mailla, jolloin  
tukkeuma-% putken poikkileikkauspinta-alasta oli yleensä yli 10 %

ja enimmillään 100 %. Myös aitosavilla ja liejusavilla esiintyi usein liettyimiä, mutta tukkeuma-% oli tavallisesti alle 10 % ja enimmilläänkin alle 20 %. Karkeammilla kivennäismailla liettymät esiintyivät tavallisesti ruostesakkaumien kanssa. Turvemailed n. puolet liettymistä esiintyi ruostesakkaumien kanssa. Enimmillään mutalietteen aiheuttama tukkeuma oli 50 % putken poikkileikkauspinta-alasta.

Tutkittujen kivennäismaiden ojastoista liettyimiä esiintyi kokoojista mitattuna 30,5 %:ssa ja imuojista mitattuna 40,7 %:ssa. Turvemailed vastaavasti liettyimiä esiintyi kokoojajohavaintojen ja imujohavaintojen mukaan yhtä useasti eli 33,3 %:ssa ko. maalajiryhmän ojastoista (taulukko 24). Ojastoittain tarkasteltuna liettyimiä esiintyi yhtä useasti kivennäismaiden ojastoissa ja turvemaiden ojastoissa eli kivennäismaiden ojastoista 45,8 %:ssa ja turvemaiden ojastoista 43,3 %:ssa. Kaikkiaan liettyneitä ojastoja oli 42 kpl.

Taulukko 24. Lietetukkeumien esiintyminen maalajiryhmittäin

	Ojastoja yht kpl	Lietehavainnot yht					
		Kokoojassa		Imuojassa		Ojastoittain	
		kpl	%	kpl	%	kpl	%
Kivennäismaat	59	18	30,5	24	40,7	27	45,8
Turvemaid	30	10	33,3	10	33,3	13	43,3
Lieju- ja mutamaat	3	-	-	2	66,7	2	66,7

Tukkeumien ongelmallisuutta kuvaa se, että nämä koostuivat usein ruostesakasta ja erilaisista lietteistä. Kivennäismailla 26:sta kokooja-øjassa esiintyneestä ruostesakasta 6 tapauksessa oli lisäksi hs, savesta tms. ja imujissa esiintyneistä 24 ruostesakasta 8:ssä oli vastaavia lietteitä. Turvemailed 15:stä kokoojajan ruostesakasta 5:ssä oli lisäksi mutaa sekä imujien 9:stä ruostesakasta esiintymästä 4:ssä oli vastaavasti mutaa tai mutalietettä. Kaikkiaan ruostesakkaumia esiintyi siis 46 ojästossa ja erilaisia liettyimiä 42 ojästossa. Kaikkiaan eriasteisia ruoste- ja lietesakkaumia oli 77 ojästossa. Salaojat olivat puhtaat 15 ojästossa.



## 3.5.5.3. Tiivistyminen

Tiivistymisongelmat ja veden läpäisemättömyys ongelmat olivat pääasiassa tiiviiden kivennäismaiden ja sellaisten turvemaiden ongelmia, joissa pintakerros oli mutautunut n. 30-40 cm:n syvyyteen. Liitteestä 15 havaitaan, että tiivistymisongelmia esiintyi myös karkeammilla kivennäismailla. Tavallisesti nämä ongelmat esiintyivät sellaisissa olosuhteissa, joissa oli tasoittamattomia sarkaojapainanteita tai muita epätasaisuuksia, jolloin pintavesien kerääntyminen ja viljelytoimenpiteet olivat tiivistäneet maan. Turvemaidella tiivistyminen oli tapahtunut tyypillisesti muokkauskerroksessa ja savi- ym. tiiviillä kivennäismailla jankossa sekä myös osittain muokkauskerroksessa.

## 3.5.6. Salaojien tukkeumat putkimateriaaleittain

Kun ruostesakkaumia ja liettyimiä tarkastellaan putkimateriaaleittain, havaitaan että sekä tiiliputkella ja muoviputkella esiintyy suuruusluokassaan yhtä useasti tukkeumia. Ruostesakkaumia esiintyi tiiliputkiojastoista 41,2 %:ssa kokooja-ojista mitattuna ja 37,3 %:ssa imuojista mitattuna. Muoviputkiojastoissa ruostesakkaumia esiintyi 48,4 %:ssa kokooja-olahavaintojen mukaan ja 41,9 %:ssa imuojahavaintojen mukaan (taulukko 25). Liettyimiä vastaavasti oli tiiliputkiojastoissa 27,5 %:ssa kokoojajahavaintojen mukaan ja 45,1 %:ssa imuojahavaintojen mukaan. Muoviputkiojastoissa lietteitä oli 32,3 %:ssa kokoojissa esiintyneiden lietteiden mukaan laskettuna ja imuojien lietteiden mukaan 29 %:ssa. Myös lautaputkiojastoissa esiintyi sekä ruostesakkaumia että liettyimiä.

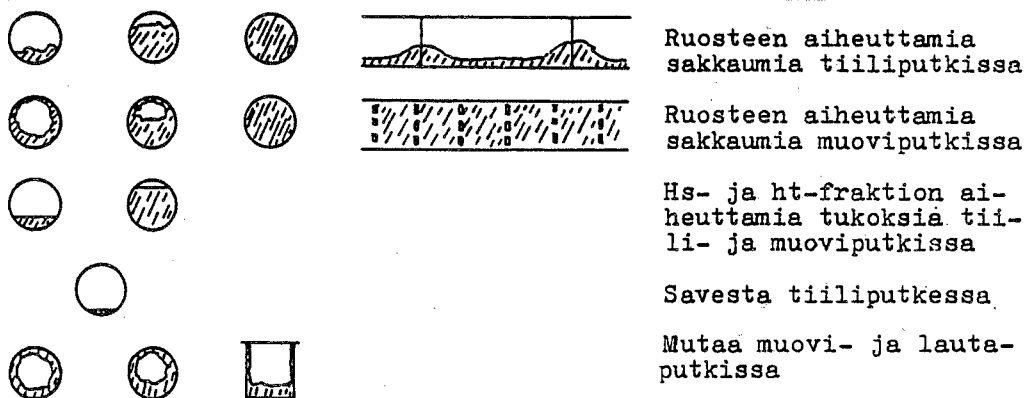
Taulukko 25. Eri sakkautumien esiintyminen putkimateriaaleittain

	Ojastoja yht kpl	Ruostehavaintoja yht						Lietehavaintoja yht					
		Kok.		Imu.		Ojast.		Kok.		Imu.		Ojast.	
		kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
LP-ojastot	7	4	57,1	1	14,3	4	57,1	2	28,6	2	28,6	3	42,9
TP-ojastot	51	19	41,2	18	37,3	25	49,0	14	27,5	23	45,1	22	43,1
MP-ojastot	31	14	48,4	13	41,9	16	51,6	10	32,3	9	29,0	15	48,4
Seka-ojastot	3	-	-	1	33,3	1	33,3	2	66,7	2	66,7	2	66,7

Ojastoittain tarkasteltuna tiiliputkiojituksista 49 %:ssa, muoviputkiojituksista 51,6 %:ssa ja lautaputkiojituksista 57,1 %:ssa esiintyi eriasteisia ruostesakkaumia. Lietteitä esiintyi vaihtelevia määriä 43,1 %:ssa tiiliputkiojastoista, 48,4 %:ssa muoviputkiojastoista ja 42,9 %:ssa lautaputkiojastoista.

Olosuhteet ovat kuitenkin tiiliputkiojastoissa ja muoviputkiojastoissa hyvin erilaiset. Maalaji on tiiliputkiojastoissa pääasiassa saveksia ja muita kivennäismaita. Muoviputkiojastoissa maalaji on sitävastoin turvetta ja lisäksi myös karkeaa kivennäismaata. Tästä syystä putkimateriaalien vaikutuksesta sakkaumien esiintymisen määrään ei voida tehdä johtopäätöksiä tämän aineiston perusteella. Liitteestä 14 kuitenkin havaitaan että, jos maaperässä on liettyviä ja sakkaumia aiheuttavia tekijöitä, niin sakkaumia myös muodostuu salaojiin putkimateriaalista riippumatta.

Tukkeuma- ja liettymähavaintojen perusteella tukokset kuitenkin kerääntyvät eri tavoin eri putkimateriaaleihin (kuva 20). Ruoste-  
muodostumat olivat kerääntyneet tiiliputkissa suhteellisen tasaisesti tai pinnaltaan kokkareiseksi kerrokseksi putken pohjalle. Jos ruosteen määrä oli vähäisempi, niin ruosteen kerääntyminen saumojen kohdalle oli selvästi runsaampaa kuin muualle putkistoon. Muoviputkissa ruoste oli taas kerääntynyt kaikkialle putken sisäpinnalle ja sen jälkeen kun tämä kerros oli kasvanut riittävän paksuksi, oli ruostetta alkanut kerääntyä putken pohjalle samalla tavalla kuin tiiliputkissakin. Kivennäismailla lietteet olivat sedimentoitunut molemmissa putkimateriaaleissa putken pohjalle. Mutalietteet oli kerääntyneet muoviputkiin samalla tavoin kuin ruoste. Myös lautaputkissa ruoste ja mutalietteet olivat kerääntyneet putken seinämille.



Kuva 20. Erilaisia tukosmuodostumia salaojaputkissa

### 3.5.7. Ongelmien yleisyys

Salaojien toimintahäiriöiden yleisyyttä Suomessa ei ole luotettavasti selvitetty. Yleisesti on otaksuttu, että kuivatusongelmien määrä vaihtelee salaojitetuilla pelloilla kuivien ja sateisten kesien vaihtelun mukaan. Toisaalta salaojien toimintahäiriöiden toteaminen ja yksilöiminen ei ole helppoa jo vuodenaikojen aiheuttaman vaihtelun vuoksi.

Salaojakeskus ry:n vikatarkastuskertomuksien mukaan v. -81 tarkastettu pinta-ala oli 824 ha, josta varsinaista ongelma-aluetta oli 411 ha. Vuonna -82 tarkastettu pinta-ala oli vastaavasti 817 ha ja tästä oli ongelmallista aluetta 354 ha (taulukko 14). Vuosittainen salaojituspinta-ala oli 70-luvulla ja 80-luvun alussa keskimäärin 33 000 ha. Jos vuosien -81 ja -82 vikatarkastuksien mukaiset pinta-alat oletetaan vuosittaisiksi vakioiksi, niin tämän mukaan ongelmallisten peltolohkojen pinta-ala on 2,5 % ja varsinaisen häiriöalueen pinta-ala 1,1-1,2 % vuosittaisesta salaojitetusta pinta-alasta.

Ristolaisen (1982, s. 10) mukaan kaikista salaojittaneista tiloista 20 %:lla esiintyy eriasteisia toimintahäiriöitä 5 %:lla salaojitetusta pinta-alasta. Tämän mukaan vuoden -83 loppuun mennessä n. 900 000 salaojitetusta peltohehtaarista n. 40 000- 45 000 ha:lla esiintyisi ajoittain salaojien toimintahäiriöitä.

### 3.6. Tulosten tarkastelu

Kappaleessa 3.5.3.2. "toimintahäiriötutkimus" käsitellyissä ongelmien ryhmittelyssä kukin ryhmä ja niiden suhteelliset osuudet kaikista esiintyneistä ongelmista perustuvat yksityiskohtaisten vikojen ja puutteiden havaintomääriin. Keskimäärin erilaisia vikoja oli 5 kpl/ojasto. Selkeimmissä tapauksissa näitä oli 2-3 kpl/ojasto ja vaikeimmissa tapauksissa jopa 6-7 vikaa/ojasto. Ojastoissa esiintyneiden eri vikojen ja puutteiden vaikutusastetta ojaston toimintaan oli hyvin vaikea määrittää tai arvioida. Joissakin ojastoissa oli yksi perussyys ja muut havaitut ongelmilmiöt olivat pikemminkin kumuloituvan perusongelman seurauksia. Vastavasti joissakin ojastoissa saattoi olla useita samanaikaisesti

vaikuttavia perussyitä ja näiden yhteisvaikutuksen seurauksena lisäksi muita ongelmailmiöitä. Juuri tämän ongelmien kompleksisuuden vuoksi yksittäisiä vikahavaintoja ei voitu painottaa ojastoittain vaikutuksensa mukaan. Tämän vuoksi liitteessä 3 esitettyjen yksityiskohtaisten vikojen ja puutteiden osalta ei voida arvioida yksittäisten ongelmailmiöiden vaikutusastetta pellon vesitalouden häiriöön. Tästä kuitenkin nähdään havaintomääriin perustuva ongelmien tärkeysjärjestys ja liitteissä 3-5 se, mistä toimenpiteistä nämä ovat peräisin ja missä salaojien toiminnallisessa osassa ongelmat useimmin esiintyvät ja vaikuttavat.

Salaojakeskus ry:n vikatarkastuksissa ongelmien ryhmittely poikkeaa salaojien toimintahäiriötutkimuksessa käytetystä ryhmittelystä. Lisäksi Salaojakeskus ry. on tehnyt vikatarkastukset pääasiassa pellon pinnalta tarkkailemalla laskuaukkoja, tarkastuskaivoja jne, mistä johtuen ojasto kohden on havaittu keskimäärin vähemmän ongelmia. Toisaalta vikatarkastuksissa on pyritty ryhmittelemään ongelmat sen mukaan, minkä seurausta ne ovat. Toimintahäiriötutkimuksessa on sitävastoin nimetty kaikki yksityiskohtaiset viat ja puutteet, ja vasta tämän jälkeen selvitetty, mistä ne johtuvat tai miten ne vaikuttavat salaojien toimintaan. Tämän vuoksi vikatarkastuksien tuloksia ei voida suoraan verrata toimintahäiriötutkimuksen tuloksiin.

Salaojien toimintahäiriötutkimuksen mukaan selvästi useimmin esiintyneiksi ongelmiksi osoittautuivat erilaiset tiivistymisilmiöt, ruostesakkaumat ja erilaiset lietteet. Näistä kaksi ensikseen mainittua ovat myös vikatarkastuskertomuksissa yleisimmät ongelmat. Kun tiivistymisilmiöt vaikuttavat veden virtaukseen pellon pinnalta salaojien läheisyyteen, poikkeavat ruostumis- ja liettymisilmiöt tästä sikäli, että niiden vaikutus on kaksitahoinen. Toisaalta nämä ongelmat pyrkivät heikentämään veden pääsyä salaojiin ja toisaalta veden virtausta salaojissa. Muita keskeisiä veden virtausta pellon pinnalta salaojien läheisyyteen heikentäviä syitä olivat sorasilmäkkeiden puuttuminen, pellon pinnanmuoto ja jälkitöiden huono hoito.

Turvemaiden ongelmat ovat sikäli poikkeavia, että turvemaille on tyypillistä luontainen huono kantavuus, mikä entisestään heikkenee kuivatusongelmien esiintyessä. Toinen vaikea turvemaiden ongelma

on maan voimakas painuminen ojituksen jälkeen ja mutautuneen pintakerroksen tiiviys.

Kun tiivistymisongelmien ja eri koneiden ominaisuuksien, työmenetelmien ja eri kasvien viljelyalojen välille laskettiin korrelaatiot, havaittiin, että sellaisia korrelaatioita ei syntynyt, joiden perusteella olisi voinut päätellä tiivistymisongelmien olevan seurausta joistakin tietyistä menetelmistä tai tietyntyypisten koneiden käytöstä. Ko. korrelaatiokertoimista voidaan kuitenkin päätellä, että tiloilla on vasta sen jälkeen ryhdytty maata säästäviin toimenpiteisiin, kun tiivistymis- tai läpäisemättömyysongelmia on jo alkanut esiintyä tilan pelloilla ja toisaalta kun pellon viljelykelpoisuus on huonontunut. Ratkaisuna tähän on ollut tehokas nelivetoinen traktori ja kyntötraktorin suurentaminen huonoissa olosuhteissa.

Salaojien toimintahäiriötutkimuksen tulosten mukaan toimintahäiriöön johtavat perussyyt ovat pääsääntöisesti ojitetussa maassa joko maalajista riippuvaisina tai maalajista riippumattomina ominaisuuksina. Nämä perussyyt voivat aiheuttaa salaojien toimintahäiriön jo yksinään, kuten ruoste ja liettyminen, tai ne edellyttävät vielä muita tekijöitä ennenkuin salaojien toiminta häiriintyy esim. tiivistyminen (kuva 21). Maalajeista riippuvaisia perussyitä ovat:

- maalajin tiivistymisalttius
- liettymisalttius
- maalajin vedenpidätyskyky
- maalajien kaivettavuus.

Vastaavasti maalajista riippumattomia perussyitä ovat:

- ruostumisalttius
- pohjavetisyys.

Nämä perussyyt voidaan ryhmitellä myös sen mukaan aiheutuuko toimintahäiriöitä jo yhden tällaisen ominaisuuden vaikutuksesta vai edellyttääkö toimintahäiriön syntyminen perustekijän lisäksi muita tekijöitä.

Liettymisalttius ja ruostumisalttius ovat sellaisia ominaisuuksia maassa, jotka vaikuttavat suoraan suodatinaineen ja salaojaputken toimintaan niissäkin tapauksissa, joissa nämä ominaisuudet on otettu suunnitteluvaiheessa huomioon. Pohjavetisyys ja lähteisyys vaikuttavat pysyvästi pellon vesitalouteen, jolloin näitä ongelmia on ollut vaikea poistaa perinteisin ojitusmenetelmin. Tiivistymisalttius, maalajin suuri vedenpidätyskyky ja maalajin kaivuvaikeudet sen sijaan ovat sellaisia perussyitä, jotka aiheuttavat salaojien toimintahäiriöitä vasta sitten, kun jokin muu tekijä vaikuttaa epäedullisesti ojien toiminnan kannalta. Maalajien kaivuvaikeuden kasvaessa työvirheiden määrä kasvaa, jolloin salaojien toiminta ei enää ole täydellistä. Samoin maalajin tiivistymisalttisuuden ja vedenpidätyskyvyn kasvaessa peltoon kohdistuvien muiden rasiustekijöiden merkitys kasvaa ratkaisevaksi kuivumisongelmissa.

Pellon pintaosiin kohdistuvat ja salaojien toimintaan vaikuttavat tekijät jakaantuvat pellostä riippumattomiin ja pellostä riippuviin tekijöihin. Pellostä riippuvia tekijöitä ovat:

- pellon topografia
- pellon pinnan tasaisuus.

Pellostä riippumattomia tekijöitä ovat:

- viljely
- säätekijät.

Näiden merkitys salaojien toimintahäiriöissä kasvaa voimakkaasti, kun perustekijät ovat olemassa eli tiivistymisalttius ja maalajin suuri vedenpidätyskyky.

Pellon ulkopuoliset tekijät vaikuttavat siten, että em. ongelmat ja toimintahäiriöt korostuvat ja ilmenevät nopeammin. Pellon ulkopuoliset tekijät ovat usein myös perussyynä salaojien toimintahäiriöihin. Vaikeimmissa tämän tyyppin tilanteissa salaojituksen mielekkyys onkin varsin kyseenalaista.

Inhimilliset tekijät toimintahäiriöiden aiheuttajina voidaan jakaa olosuhteista riippuviin ja olosuhteista riippumattomiin tekijöi-

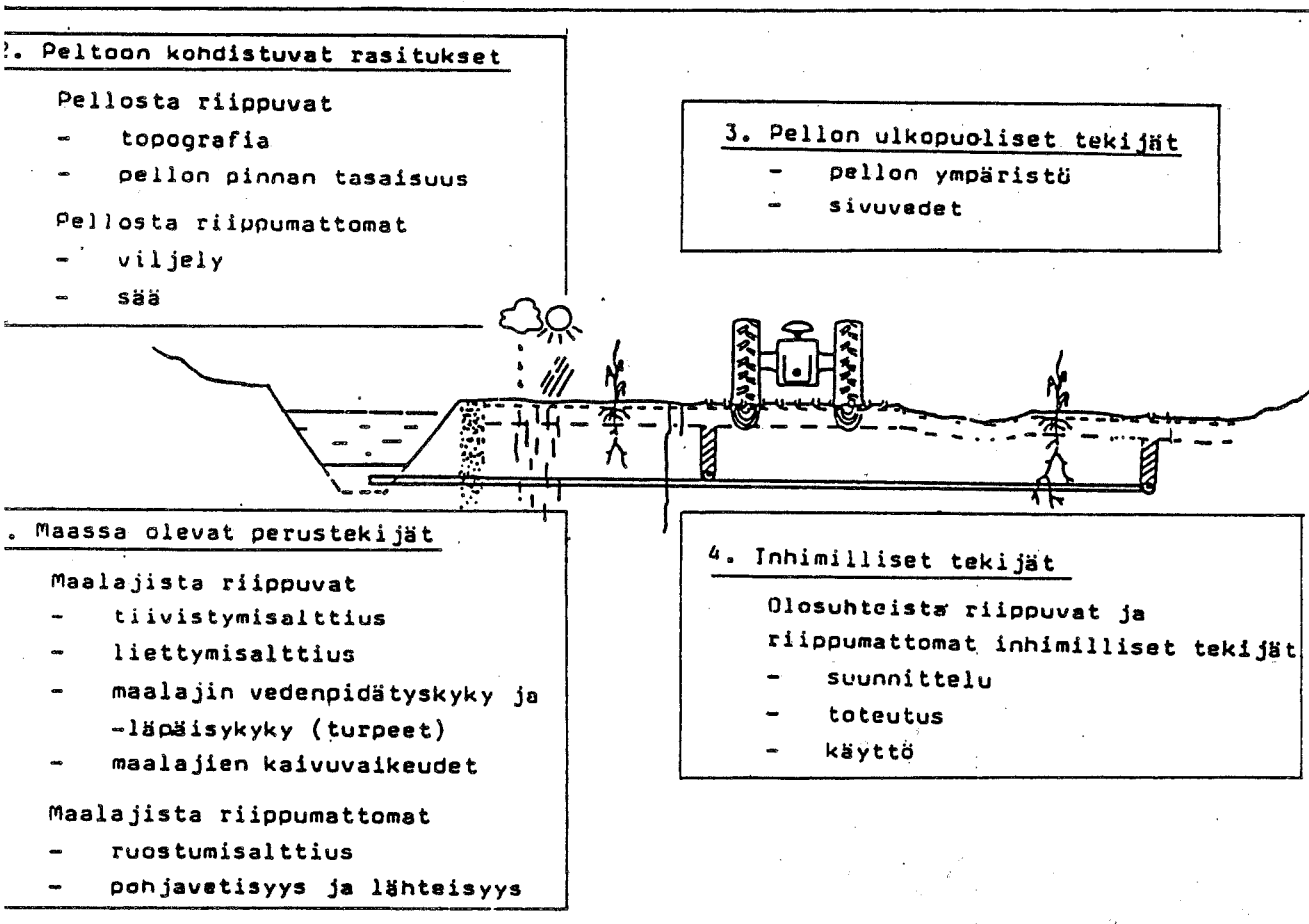
hin. Olosuhteista riippumattomia inhimillisiä virheitä ovat satunnaiset virheratkaisut eli lähinnä huolimattomuus tai taitamattomuus

- suunnittelussa
- toteutuksessa
- käytössä.

Toimintahäiriöitä voi siis syntyä näiden virheiden vuoksi, vaikkei maassa olisikaan mitään toimintahäiriöitä aiheuttavaa riskitekijää, tai jos tätä riskitekijää ei olla havaittu tai huomioitu. Olosuhteista riippuvat inhimilliset tekijät ovat sellaisia toimintahäiriöitä aiheuttavia tekijöitä, jotka johtuvat

- perustiedon puutteesta suunnittelussa, toteutuksessa ja salaajien käytössä

Tällaisia ovat mm. ruosteisten tai liettyvien maiden suunnittelu, vaikeissa olosuhteissa tehdyt työvirheet ja piittaamaton viljely. Yhteisenä tekijänä em. tilanteissa on sellainen käsitys, että muuttuneita olosuhteita ei tarvitse ottaa huomioon, kun käytetään vanhoja, hyviksi havaittuja ojitusmenetelmiä.



Kuva 21. Salaajien toimintahäiriöitä aiheuttavat tekijät

Kuvassa 21 esitetyistä salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavista tekijöistä tärkeimmän riskiryhmän muodostavat maassa olevat perustekijät. Salaojitetulla lohkolle näiden perustekijöiden riskiaste kasvaa tai ongelma ilmenee aikaisemmin, jos ojitetulla lohkolle lisäksi vaikuttaa vielä jokin muu kuvan 21 riskiryhmien tekijöistä. Inhimilliset tekijät eli lähinnä riittämätön perustieto ojitusriskien minimoimisessa koskee eniten juuri näitä maassa olevia perustekijöitä tai -riskejä.

Säättekijöiden vaikutus salaojitettujen lohkojen kuivumiseen on hyvin keskeinen. Sateisena vuonna ja heti tällaisen vuoden jälkeen salaojien toimintahäiriöitä esiintyy huomattavasti enemmän kuin normaaleina tai kuivina vuosina. Osaa tällaisista sateisten vuosien toimintahäiriö-ilmioistä ei ilmeisesti voidakaan laskea varsinaisiin salaojien toimintahäiriöihin vaan kysymys on pikemminkin siitä, että tällöin sademäärät ovat olleet kyseisillä peltolohkoilla yksinkertaisesti liian suuria ja salaojituksella ei ole ollut mahdollistakaan kuivattaa kyseisiä lohkoja näissä olosuhteissa. Tämän kaltainen tilanne saattaisi esiintyä lähinnä tietyn-tyyppisillä, pintakerrokseltaan maatuneilla turvemaidilla.

Kokonaisuudessaan salaojien toimintahäiriön syntyyn vaikuttavat tavallisesti useat tekijät. Karkeasti voidaan sanoa, että salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavia tekijöitä alkaa kasaantua ojitettavalle lohkolle jo suunnittelutilanteesta lähtien ja tämä kehitys jatkuu ojitustyön ja salaojien käytön aikana, kunnes riskikynnys on ylitetty ja toimintahäiriö puhkeaa pellon kuivumisongelmana.



#### 4. TIIVISTELMÄ

Tämä tutkimus tehtiin vilkkaan salaojien toimintahäiriökeskustelun seurauksena sateisen kesän -81 jälkeen Salaojakeskus ry:n, Ojamuovi oy:n ja tiiliteollisuusliitto ry:n rahoittamana. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää salaojien toimintahäiriöt ja niiden aiheuttajat, olosuhteet, joissa toimintahäiriöitä esiintyy ja ongelmien laajuus sekä osoittaa ne toimintahäiriötyypit, joiden hallinta rationaalisessa salaojituksessa edellyttäisi yksityiskohtaisempia jatkotutkimuksia.

Toimintahäiriöitä tutkittiin kesällä -82 ja -83 92:lla käytännön maatilalla ympäri Suomea 46:n kunnan alueella. Tiedot niistä maatioista, joilla esiintyi salaojien toimintahäiriöitä vastaavana aikana, saatiin salaojateknikoilta. Kaikkiaan teknikit ilmoittivat 530 maatilan ongelmalliset salaojitukset. Tutkimuspaikkakunniksi valittiin sellaisia alueita, joissa em. teknikkokyselyn perusteella näytti esiintyvän ympäristöään runsaammin toimintahäiriöitä. Tutkimustilat valittiin arpomalla näiden paikkakuntien maatilojen joukosta. Eri tutkimusaineistolla tehtyjen ojastojen osuudeksi tutkimusaineistossa määrättiin yhtäsuuri osuus kuin se oli salaojateknikoilta saadussa aineistossa.

Tiloilta selvitettiin viljelijää haastatteleamalla keskeisimmät tilaolosuhteita kuvaavat seikat, kuten esim. tilan peltopinta-ala, tuotantosuunta, viljelykierto, koneet jne. Ongelmallinen ojasto tutkittiin yksityiskohtaisesti kaivamalla salaojat esiin kahdesta kohtaa, jolloin voitiin arvioida ojakaivannon rakenne, ojaston kunto ja häiriön aiheuttaja. Maan tiiviyyttä tutkittiin veden imeytymisnopeuden ja maan kuivatilavuuspainon avulla. Lisäksi ojastosta selvitettiin ojitusajankohta, ojitusolosuhteet ja yleensäkin kaikki sellaiset tekijät, jotka vaikuttavat salaojien toimintaan.

Tämän kenttätutkimuksen ohella toimintahäiriötutkimuksessa laskettiin yhteenveto ja erilaisten häiriöiden osuudet Salaojakeskus ry:n vuosien -81 ja -82 vikatarkastuskertomuksista. Näitä tuloksia ei kuitenkaan voida verrata suoraan toiminta-

häiriötutkimuksen tuloksiin erilaisen ongelmien ryhmittelyn vuoksi.

Tiloilta kerätty tutkimusaineisto analysoitiin faktorianalyysillä ja ryhmittelemällä yksityiskohtaiset viat eri ryhmitysperusteiden mukaisiin ryhmiin kuten esim. veden kulun mukaiseen ryhmittelyyn.

Veden kulun mukaisessa ryhmittelyssä suurimmaksi ongelmaksi osoittautui veden virtaus pellon pinnalta salaojien läheisyyteen. Tähän salaojien toiminnalliseen osaan vaikutti 40,3 % kaikista yksityiskohtaisista vioista. Yleisimmät tähän vaikuttavat syyt ovat tiivistyminen, sorasilmäkkeiden tai muun pintavesien johtamista helpottavan rakenteen puuttuminen, ojakaivannon tiivis rakenne ja turpeiden vedenpidätyskyky.

Toiseksi suurimpana ongelmana oli veden virtauksen estyminen salaojassa. Tähän vaikuttavien yksittäisten vikojen osuus oli 22,4 % kaikista vioista. Syynä veden virtauksen estymiseen on lähes yksinomaan kiinteän aineen eli ruostesakan tai lietteiden kertyminen salaojaan. Toinen syy tämän ongelman ilmenemiseen on pieni salaojan koko ja kaltevuus.

Niiden vikojen ja ongelmien osuus, jotka estävät veden virtausta salaojan sisään, oli 15,5 %. Tähän vaikuttavat syyt ovat käytännössä samoja kuin veden virtausta salaojassa estävät syyt eli ruoste ja liete. Tavallisesti salaojien saumaraot ja reiät sekä suodatin olivat ruostuneet tai liettyneet läpäisemättömäksi.

Vähäisempänä ongelmana oli veden vapaan virtauksen estyminen laskuaukoilta eli 3,5 % kaikista vioista. Tämä tilanne esiintyi sellaisissa olosuhteissa, joissa pellon ympäristö oli epäedullinen salaojituksen kannalta eli lähinnä rantapelloilla tai korkean maaston ympäröimillä pelloilla.

Veden kulun mukaisessa ryhmittelyssä 18,3 % vioista oli sellaisia, jotka suoranaisesti eivät vaikuta veden virtaukseen. Näitä olivat lähinnä matalat salaojat, sopimaton suodatinsoora, maan painuminen ja maalajin heikko kantavuus.

Suunnittelussa johtuvien ongelmien osuus kaikista yksityiskohtaisista virheistä ja puutteista oli 51,2 %. Faktoriaalilyysin tulosten mukaan tietäytyyppeistä suunnittelusta johtuvia ongelmia esiintyy sellaisissa olosuhteissa, joissa pellon ympäristö on epäedullinen kuivatuksen kannalta. Toisaalta ruostemuodostumien ja sekä kivennäismailla että turvemaiden erilaisten liettymien muodostuminen suodattimeen, saumoihin ja reikiin ja salaojaputkeen oli varsin yleistä. Nämä em. syyt selittävät suurelta osin suunnitteluvirheiden suuren osuuden.

Kokonaisuudessaan suunnitteluvirheiden suuri määrä johtuu siitä, ettei tiedetä kuinka tietyt riskialttiit alueet tulisi salaojittaa. Perustiedon puutteen osuus kaikista yksityiskohtaisista salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavista virheistä ja puutteista oli 34,9 %. Tästä näkökulmasta katsoen keskeisimmät selvitettävät ongelmat ovat ruoste, muut sakkamuodostumat ja turvemaiden läpäisemättömyys. Tämä on sen vuoksi tärkeää, että salaojitus on siirtymässä sellaisille alueille, joissa nämä riskitekijät tulevat lisääntymään. Lisäksi tiivistyneiden kivennäismaiden ongelmat ovat myös keskeinen selvitettävä alue, koska viljelyn tehostuessa myös näiden ongelmien määrä kasvaa mitä ilmeisimmin.

Toteutuksessa tehtyjen virheiden osuus kaikista yksityiskohtaisista ongelmista oli 27,0 %. Nämä ongelmat jakaantuvat kahtia, varsinaisiin urakoitsijan tekemiin työvirheisiin ja jälkitöiden puutteelliseen suoritukseen.

Viljelyn seurauksena ongelmia oli kaikkiaan 21,8 % kaikista yksityiskohtaisista ongelmista. Tiivistyminen, maan painuminen ja pellon huono kantavuus ovat sellaisia viljelyn edistämisiä ongelmia, joiden perussyyt liittyvät maalaajin ominaisuuksiin. Tällä tutkimuksella ei kuitenkaan yksiselitteisesti voida osoittaa, kuinka suuri viljelyn merkitys on tämän tyyppisissä ongelmassa, ja mitkä viljelymenetelmät eniten edistävät näiden ongelmien syntymistä.

## KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANDERSSON, S. & WIKLERT, P. 1972. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. Grundförbättring 2-3: 53-143. Uppsala.
- ANON. 1978. Peruna- ja juurikasmaiden suunnittelu. Pysyväisohje B1. Salaojakeskus ry. Moniste.
- " 1979a. Kenttätutkimus. Pysyväisohje A1. Salaojakeskus ry. Moniste.
- " 1979b. Salaojituksen suunnitteluohteita. Pysyväisohje B1. Salaojakeskus ry. Moniste.
- " 1979c. Salaojitus maankäytön teknisenä perusedellytyksenä. Vesitalouden seminaari 1978-1979. Vesitekniikan laitos. Teknillinen korkeakoulu. 273 s. Otaniemi.
- " 1980a. Salaojakeskus. Kertomus vuoden 1979 toiminnasta. Salaojakeskus ry. 88 s.
- " 1980b. Sara-2000. Täckdikningsprogram 1980-2000. Salaojakeskus ry. 76 s.
- " 1982. Maaperäoppi. Sampsä ry. Luentomoniste. s. 86
- " 1983a. Tietovakka 1983. Maatalousalan tiedotuskeskus. 22 s. Helsinki.
- " 1983b. Suunnitelman hahmottelu kentällä. Pysyväisohje B1. Salaojakeskus ry. Moniste.
- " 1983c. Salaojien mitoitus. Pysyväisohje B4. Salaojakeskus ry. Moniste.
- " 1983d. Salaojitus pähkinänkuoressa. Tilastoja salaojitukselta. Salaojakeskus ry. 39 s.
- " 1984. Vuosikirja. Kertomus vuoden 1983 toiminnasta. Salaojakeskus ry. 94 s.

- BOELTER, D. N. 1969. Physical properties of peats as related to degree of decomposition. Soil sci. soc. Amer, proc. 33: 606-609.
- DANFORS, B. 1970. Jord-fordon och maskiner. Jordbrukstekniska institutet, medd. 333: 1-53. Uppsala.
- " 1977. Jordpackning-hjulustrustning. Jordbrukstekniska institutet, medd. nr. 368: 1-49. Uppsala.
- ELOMAA, E. 1981. Pääpiirteitä Suomen ilmastosta. Salaojittajan käsikirja IA. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. s. 7-40.
- ELONEN, P. 1977. Hyvä kylvöalusta maan rakennetta pilaamatta. Käytännön maamies 4: 8-10.
- EGGELSMANN, R. 1981. Dränanleitung für Landbau, Ingenieurbau und Landschaftsbau. 268 s. Hamburg.
- ERIKSSON, J., HAKANSSON, I. & DANFORS, B. 1974. Jordpackning-markstruktur-gröda. Jordbrukstekniska institutet, medd. nr. 354: 1-82. Uppsala.
- ESKOLA, A. 1975. Sosiologian tutkimusmenetelmät 2. 379 s. Porvoo.
- HAHTOLA, K. 1971. Faktorianalyysi metsänomistajien käyttäytymistutkimuksissa. Silvia Fennica 5, 5: 247- 275.
- HALONEN, R. 1956, Tiiliputkiojituksissa esiintyneistä tukkeumista. Koetoim. ja käyt. 11. Helsinki.
- " & JUUSELA, T. 1957. Suomen peltojen maalajit, muokauskerroksen syvyys ja maan happamuus. Maataloustieteellinen aikakauskirja. Eripainos. s. 150-160. Helsinki.
- HOOLI, J. 1979. Salaojaputkien vedenotto- ja vedenjohtokyky suoritettujen laboratoriotutkimusten valossa. Vesitalous 1: 3-11.

- HOOLI, J., TUONONEN, E. & VAKKILAINEN, P. 1979. Vesitalouden perusteet. 179 s. Espoo.
- HUIKARI, O., MUOTIALA, S. & WARE, M. 1963. Ojitusopas. 257 s. Helsinki.
- HAKANSSON, A. 1966. Dräneringsrör av plast. Grundförbättring 2: 158-184. Uppsala.
- JUUSELA, T. 1958. Salaojitusputkiston suojaustavoista ja soran käytöstä suojusaineena. Maa- ja vesirakentaja 3. Maa- ja vesirak. ins. vuosik. s. 35-55. Helsinki.
- KESO, L. 1951. Salaojitusyöt. 299 s., 3 liit. Helsinki.
- KOLKKI, O. 1969. Katsaus Suomen ilmastoon. Ilmatieteen laitoksen tiedonantoja 18: 1-64. Helsinki.
- KOWALD, R. 1968. Technische, hydraulische und bodenkundliche probleme der Tonrohrdränung insbesondere in Marschgebieten. Habilitationsschrift. 188 s. Gießen.
- KUNTZE, H. & EGGELSMAN, R. 1974. Erkennen und bestimmen der veruckerungsgefahr für Dräne im Felde. Wasser und Boden, 10: 294-297.
- KURKI, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Viljavuuspalvelu oy. 182 s. Helsinki.
- LAPPALAINEN, V. 1981. Katsaus Suomen geologiaan. Salaojittajan käsikirja IA. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. s. 41-71.
- MUSTONEN, S. 1973. Hydrologia. Vesirakennus. RIL 92. Suomen rakennusinsinöörien liitto. s. 10-73. Helsinki.
- MXENPÄÄ, O. & PERÄLÄ, T. 1974. Salaojituksen toteutus ja kunnossapito. Salaojitusopas. s. 81-116. Loimaa.

- OLKINUORA, P. & ESALA, J. 1982. Aurasalaojituksen käyttömahdollisuudet. Vakolan tutkimusseloste 29: 1-29.  
Vihti.
- PEHKONEN, A. 1983. Nykyaikaisen viljelytekniikan vaikutus maan rakenteeseen ja kuivatustarpeeseen. Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa. Salaojakeskus ry. Moniste. 79 s.
- PELTOMAA, R. 1983. Salaojien ruoste. Mitä se on ja mitä se aiheuttaa. Käytännön maamies 5: 54-55.
- " 1983. Ruoste. Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa. Salaojakeskus ry. Moniste. 79 s.
- PAIVANEN, J. 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. Seloste: Turpeen vedenläpäisevyys ja vedenpidätyskyky. Acta for. fenn. 129. 70 s.
- PÄLIKKÖ, E. A. 1961. Miksi salaojat tukkeutuvat. Käytännön maamies 4: 174-175.
- " 1969. Maalajitteiden kulkeutumista salaojaputkistossa tutkittiin. Käytännön maamies 1: 42-43.
- " 1981. Salaojitus. Tekniikka-agraarien teemapäivät. Lehdistötiedote. 1 s.
- SAAVALAINEN, J. 1981a. Salaojittajan käsikirja IIB. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. 61 s.
- " 1981b. Salaojitus kaivaen vai auraten. Käytännön maamies, 9: 46-47.
- " 1982. Miten salaoja toimii. Käytännön maamies, 7: 32-35.
- " 1983. Salaojittajan käsikirja IB. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. 83 s.

- SEUNA, P. 1977. Kasteluun vaikuttavista hydrometeorologisista tekijöistä. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 24: 1-96. Helsinki.
- SKINKIS, S. N. 1982. Raskailla koneilla muokattavien märkien peltomaiden kuivatuksesta tehtyjen tutkimusten tärkeimmät tulokset. Kalinin maanparannus- ja vesitaloussymposiumi 24-25.8. Moniste. 7 s.
- STARIKOV, H. N., KOVALEV, A. P. & NOVIKOV, A. N. 1982. Salaojitetttujen raskaiden maiden tiivistymisen poistaminen. Kalinin maanparannus- ja vesitaloussymposiumi 24-25.8. Moniste. 9 s.
- SUORTTI, T. 1978. Kokeellinen tutkimus salaojaputkien vedenjohtokyvystä. Dipl. työ tekn. kork. koul. 78 s., 7 liit. Espoo.
- SANKIAHO, R. 1974. Temput ja kuinka ne tehdään. Monimuuttujamenetelmät kansan palvelijoina. Jyväskylän yliopiston kasvatustieteiden laitoksen julkaisu 220: 1-174.
- SÖHNE, W. 1952. Die Verformbarkeit des Ackerbodens. Grundlagen der Landtechnik, Helf 3: 51-59.
- TRAFFORD, B. D., BLOOMFIELD, C., KELSO, W. I. & PRUDEN, G. 1972. Ochre formation in field drains in pyritic soils. Journal of soil science 24: 453-460.
- VAKKILAINEN, P. 1980. Tutkimus pellon tiivistymisen vaikutuksesta salaojituksen toimintaan. Vesitalous 2: 23-28.
- " 1983. Maavedet. Tiili, tiilisalaojitus 125 vuotta. Suomen tiiliteollisuusliitto ry:n julkaisu. s. 50-53.



1: Kyselylomakkeet

SALAOJIEN TOIMIVUUS JA TOIMINTAHÄIRIÖT

Tiedot omistajasta ja tilasta

- 1. Tilan numero \_\_\_\_\_
- 2. Tilan nimi \_\_\_\_\_
- 3. Alue ja kunta \_\_\_\_\_
- 4. Omistaja \_\_\_\_\_
- 5. Omistajan ikä \_\_\_\_\_ v.

6. Omistajan maatalouskoulutus

Ei koulutusta \_\_\_\_\_  
 Kurssit (yhteensä yli 2kk) \_\_\_\_\_  
 Maamieskoulu \_\_\_\_\_  
 Cipistotaso \_\_\_\_\_  
 Maatalous-metiätieteellinen tdk \_\_\_\_\_  
 Muu, mikä \_\_\_\_\_


7. Tila on ollut nykyisellä omistajalla

0-1 v \_\_\_\_\_  
 1-5 v \_\_\_\_\_  
 5-10 v \_\_\_\_\_  
 yli 10 v \_\_\_\_\_


8. Tilalla on omaa peltoa \_\_\_\_\_ ha, joista salaojitettua \_\_\_\_\_ ha  
 salaojittia voidaan viljellä \_\_\_\_\_ ha  
 edell.yht.% omasta peltoalasta \_\_\_\_\_ %

salaojitettu ala/materiaali: tiili \_\_\_\_\_ ha, muovi \_\_\_\_\_ ha, muu? \_\_\_\_\_ ha  
 ja vuokrateltoa \_\_\_\_\_ ha, joista salaojitettua \_\_\_\_\_ ha  
 salaojittia voidaan viljellä \_\_\_\_\_ ha  
 edell.yht.% vuokrateltoalasta \_\_\_\_\_ %

salaojitettu ala/materiaali: tiili \_\_\_\_\_ ha, muovi \_\_\_\_\_ ha, muu? \_\_\_\_\_ ha

9. Tilakoko peltohehtaaria \_\_\_\_\_  
 -5 ha    5-10 ha    10-15 ha    15-25 ha    25-50 ha    50 ha-  
                   

10. Tilan salaojitukset ovat toimineet yleensä (häiriöaluet.  
 lukuunottamatta) asteikolla 0-10 (0=ei toimi 10=toimivat erit-  
 täin hyvin) ilmaisten seuraavasti

\_\_\_\_\_

11. Salaojitettujen peltujen kantavuus yleensä (vrt. edell. kysym.  
 asteikolla 0-10 (0=ei kannu 10=kantavat erittäin hyvin)  
 ilmaisten seuraava

\_\_\_\_\_

12. Salaojitettujen peltujen kantavuus avo-ohjittuun verrattuna  
 asteikolla 0-10 (0=huomattavasti huonommin 10=huomattavast  
 paremmin) ilmaisten seuraava

\_\_\_\_\_

13. Peltolohkojen lukumäärä \_\_\_\_\_ kpl  
ja keskikoko \_\_\_\_\_ ha

14. Peltolohkojen etäisyys keskimäärin \_\_\_\_\_ km  
kaukaisin lohko \_\_\_\_\_ km

15. Peltujen maatalaji

savi hiesu hieta hiekka moreeni multa turvemaa sekalainen

16. Peltujen kivisyys asteikolla 0-10 (0 = ei kiviä, 10 = kiviä  
erittäin paljon) ilmaisten seuraava

keskimäärin \_\_\_\_\_

kivisimmät lohkot \_\_\_\_\_

17. Rinnemaiden määrä asteikolla 0-10 (0 = ei rinnemaita 10 = rinne-  
maita erittäin paljon) ilmaisten seuraava

\_\_\_\_\_

18. Peltujen ominaisuuksien takia töiden vaikeusaste asteikolla  
0-10 (0 = erittäin helppo 10 = erittäin vaikea) ilmaisten  
seuraava

muokkauksessa \_\_\_\_\_

sadonkorjuussa \_\_\_\_\_

19. Eri kasvien keskimääräiset viljelyalat ovat 2-3 viimeistä vuotta  
olleet

syysvehnä \_\_\_\_\_ ha  
ruis \_\_\_\_\_ ha  
kevätvehnä \_\_\_\_\_ ha  
ohra \_\_\_\_\_ ha  
kaura \_\_\_\_\_ ha  
herne \_\_\_\_\_ ha

öljykasvit \_\_\_\_\_ ha  
sokerijuurikas \_\_\_\_\_ ha  
peruna \_\_\_\_\_ ha  
nurmikasvit \_\_\_\_\_ ha  
kesanto \_\_\_\_\_ ha  
muu, mikä \_\_\_\_\_ ha

20. Kotieläinten määrät ovat keskimäärin 2-3 viimeistä  
vuotta olleet

lypsylehmiä \_\_\_\_\_ kpl  
nuorta karjaa \_\_\_\_\_ kpl  
lihakarjaa \_\_\_\_\_ kpl

lihasikoja \_\_\_\_\_ kpl  
emakoita \_\_\_\_\_ kpl  
kanoja \_\_\_\_\_ kpl  
muuta, mitä \_\_\_\_\_ kpl

Yhteensä \_\_\_\_\_ nautayksikköä

21. Kotieläinten lanta kerätään ja levitetään

kiinteänä  
lietelantana (pintalevitys)  
lietelantana (multaus)


22. Päätuotantosuunta  
 kasvinviljelyvaltainen   
 kotieläinvaltainen   
 yhdistetty

23. Tämä tuotantosuunta on ollut tilalla  
 0-1 v   
 1-5 v   
 5-10 v   
 yli 10 v

Tiedot maatalouskoneista ja työmenetelmistä

24. Tilalla on traktoreita \_\_\_\_\_ kpl

25. Traktoreiden  
 - merkki ja malli \_\_\_\_\_  
 - vuosimalli \_\_\_\_\_

26. Teho  
 1. traktori \_\_\_\_\_ din hv \_\_\_\_\_ kW  
 2. traktori \_\_\_\_\_ din hv \_\_\_\_\_ kW

27. Teholuokka - 40kW  
 40-50 "   
 50-60 "   
 60-80 "   
 80- "

28. Traktorin paino  
 taka-akselipaino \_\_\_\_\_ kg  
 \_\_\_\_\_ kg

29. Takarenkaiden koko: korkeus \_\_\_\_\_ "  
 leveys \_\_\_\_\_ "

30. Eturenkaiden koko: korkeus \_\_\_\_\_ "  
 leveys \_\_\_\_\_ "

31. Traktorissa on seuraavat ominaisuudet tai varusteet:

- takaveto
- neliveto
- vyörenkaat
- ristikudosenkaat
- kitkaketjut
- ripaleviikepyörät
- piikki-pyörät
- paripyörät
- etu- ja pyöräpainot
- etupainoja \_\_\_\_\_ kg
- pyöräpainoja \_\_\_\_\_ kg

32. Viimeisten viiden vuoden aikana tilalla pääasiassa käytetyt traktorit ovat olleet

1. traktoria pienempiä   
 saman kokoisia   
 1. traktoria suurempia

33. 1. auran teräsluku \_\_\_\_\_ ja viilun leveys \_\_\_\_\_ "  
 yleensä käytetty " \_\_\_\_\_ "  
 huonoissa olosuht. " \_\_\_\_\_ "

34. Työleveys \_\_\_\_\_  
" " " " " "  
käytetty työleveys huonot olosuhteet  
yleensä " " "

35. Kyntösyvyys \_\_\_\_\_ cm

36. Kyntö traktorin teho \_\_\_\_\_ kW  
- teho/tuuma \_\_\_\_\_  
käytetty teho/tuuma huonot olosuhteet  
yleensä \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ kW/tuuma \_\_\_\_\_ kW/tuuma \_\_\_\_\_ kW/tuuma

37. Aura on tyypiltään  
nostolaitteaura   
puolihinattava   
paluuaura

38. Kyntösuunta  
salaajien suuntaisesti   
miten sattuu   
kohtisuoraan salaajia vastaan

39. Luiston vähentämiseksi kynössä käytetään  
yleensä huonoissa olosuhteissa  
ei mitään   
alennettua ilmankäynnin   
kitkaketjuja   
ripalevikepyöriä   
piikkilevikepyöriä   
paripyöriä

40. Syyskynöt tehdään  
vain hyvissä olosuhteissa   
myös melko huonoissa olosuhteissa   
myös huonoissa olosuhteissa

41. Mikäli syksy on märkä jätetään osa kyntötoista tarkoituk-  
sella kevääseen

















42. Tilalla käytetään kylömuokkauksessa seuraavia välineitä  
pääasiassa käytetään huonoissa olosuhteissa  
joustopiikkiäes   
lapiorullaäes   
lautasäes   
piikkiäes   
kultivaattori   
jyrsin

jyrsimen tyyppi \_\_\_\_\_

43. Joustopiikkiäkeen piikkien lukumäärä \_\_\_\_\_ kpl

44. Äestystanktorin teho \_\_\_\_\_ kW  
\_\_\_\_\_ kW/joustopiikkiäkeen piikki

45. Pelto äestetään yleensä \_\_\_\_\_ kertaa joustopiikkiäkeellä  
ja huonoissa olosuhteissa \_\_\_\_\_ kertaa

46. Lapiorullaäkeen teräristikkojen lukumäärä \_\_\_\_\_ kpl
47. Äestystraktorin teho \_\_\_\_\_ kW  
 \_\_\_\_\_ kW/lapiorullaäkeen teräristikk
48. Pelto äestetään yleensä \_\_\_\_\_ kertaa lapiorullaäkeellä  
 ja huonoissa olosuhteissa \_\_\_\_\_ kertaa
49. Kylvömuokkaus syvyys \_\_\_\_\_ cm
50. Kylvömuokkausta tehtäessä traktorissa käytetään  
 ei mitään   
 alennettua ilmanpainetta   
 paripyöriä 
51. Kuinka nopeasti kylvetään kylvömuokkauksen jälkeen  
 \_\_\_\_\_
52. Onko kylvö vaikeampaa kuin muokkaus (esim. maa kostuu  
 muokkauksen jälkeen)  
 miksi \_\_\_\_\_
53. Kylvökone on tyypiltään nostolaittekon-   
 hinattava 
54. Lannoite  
 levitetään pintalannoituksena   
 sijoitetaan erikseen   
 sijoitetaan siemenen kanssa 
55. Kylvökoneen työleveys \_\_\_\_\_ cm
56. Kylvötraktorin teho \_\_\_\_\_ kW  
 \_\_\_\_\_ kW/cm
57. Kylvettäessä käytetään etupainoja \_\_\_\_\_ kg
58. Traktorissa käytetään kylvettäessä  
 ei mitään   
 alennettua ilmanpainetta   
 paripyöriä 
59. Kylvökone täytetään  
 pellon ulkopuolella säiliöiden tyhjennyttyä   
 pellon ulkopuolella silloin kun siemenet ja lannoitteet kohdalla   
 pellolla yhdessä paikassa säiliöiden tyhjennyttyä   
 pellolla yhdessä paikassa kun siemenet ja lannoitteet kohdalla   
 pellolla kylvää seuraten 
60. Yleisimmin käytetyn kela-/tarkkuussilppurin työleveys \_\_\_\_\_ cm
61. Silppuria käyttävän traktorin teho \_\_\_\_\_ kW  
 \_\_\_\_\_ kW/silppurin työlev. cm
62. Tuorerehusato korjataan \_\_\_\_\_ kertaa kesässä
63. Säilörehua tehdään pellolla aumoihin

64. Perävaunuissa on seuraavat ominaisuudet tai varusteet

	tavallisen kipperiäv. (yleisimmin käytetty)	korkealta kipparaava perävaunu	monitoimi- perävaunu
teli	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
paripyörät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vetävät pyörät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

65. Tuorerehun korjuussa käytettävän perävaunun kantavuus \_\_\_ tn

- omapaino \_\_\_\_\_ kg
- renkaiden koko: korkeus \_\_\_\_\_ "
- leveys \_\_\_\_\_ "
- kudostäärä \_\_\_\_\_

66. Tuorerehuperävaunua vetävän traktorin teho \_\_\_\_\_ kW  
 \_\_\_\_\_ kW / kantavuuden  
 tn

67. Viljan kuljetuksessa käytettävän perävaunun kantavuus \_\_\_ tn

- omapaino \_\_\_\_\_ kg
- renkaiden koko: korkeus \_\_\_\_\_ "
- leveys \_\_\_\_\_ "
- kudostäärä \_\_\_\_\_

68. Viljan kuljetuksessa käytettävän traktorin teho \_\_\_\_\_ kW  
 \_\_\_\_\_ kW / kantavuuden  
 tn

69. Perävaunujen kanssa mennään pellolle  
 vain hyissä olosuhteissa  
 myös melko huonoissa olosuhteissa  
 myös huonoissa olosuhteissa


70. Perävaunuissa käytetään pintapaineen pienentämiseksi

- ei mitään
- alennettua ilmanpainetta
- paripyöriä


71. Tilalla

- ei ole paimuria
- on hinattavapaimuri
- on ajopaimuri


72. Oman tai vuokrapaimurin

- merkki ja malli \_\_\_\_\_
- vuosimalli \_\_\_\_\_

73. Teho \_\_\_\_\_ din hv  
 \_\_\_\_\_ kW

74. Paimurin paino \_\_\_\_\_ kg

75. Eturenkaiden koko: korkeus \_\_\_\_\_ "  
 leveys \_\_\_\_\_ "

76. Takurenkaiden koko: korkeus \_\_\_\_\_ "  
 leveys \_\_\_\_\_ "

77. Paimurin työleveys \_\_\_\_\_ cm

78. Puimurissa käytetään pintapuimurin pölyntämiseksi  
ei mitään   
alennettua ilmanpainetta   
paripyörää

79. Puimurin säiliö tyhjenetään  
pellon ulkopuolella   
pellolla yhdessä paikassa   
pellolla puitaessa

80. Viimeisten viiden vuoden aikana tilalla käytetyt puimurit  
ovat olleet  
em. puimuria pienempiä   
saman kokoisia   
em. puimuria suurempia

81. Sokerijuurikkaan nostokoneen  
merkki, malli ja tyyppi \_\_\_\_\_  
paino \_\_\_\_\_ kg

82. Juurikkaan nostokonetta vetävän traktorin teho \_\_\_\_\_ kW  
\_\_\_\_\_ kW/nostokoneen  
100 kg

83. Miten juurikkaat kuljetetaan \_\_\_\_\_  
ja varastoidaan pellolla \_\_\_\_\_

84. Perunan korjuukoneen  
merkki, malli ja tyyppi \_\_\_\_\_  
paino \_\_\_\_\_ kg

85. Perunan korjuukonetta vetävän traktorin teho \_\_\_\_\_ kW  
\_\_\_\_\_ kW/korjuu-  
koneen  
100 kg

### Tiedot ongelma-alueesta

86. Alueen sijainti kuullolla \_\_\_\_\_

87. Ojaston pinta-ala \_\_\_\_\_ ha; ongelma-alue \_\_\_\_\_ ha

88. Ongelma-alueen osuus tilan pelloista \_\_\_\_\_ %

89. Viljelykierto ongelma-alueella 3-5 viimeisen vuoden aikana  
yksipuolinen viljan, perunan tai juurikkaan viljely   
monipuolinen viljan, perunan tai juurikkaan viljely   
monipuolinen viljely (nurmi mukana)   
yksipuolinen nurmen viljely

90. Ongelma-alueella on varastoitu säilörehua aumoissa

91. Pellon ominaisuuksien takia töiden vaikeusaste asteikolla  
0-10 (0 = erittäin helppo 10 = erittäin vaikea) ilmaisten  
seuraava

muokkauksessa \_\_\_\_\_

sadonkorjuussa \_\_\_\_\_

92. Salaojittamisen jälkeen lohkon ojitus on toiminut asteikolla 0-10 (0=ei toimi, 10 = toimii erittäin hyvin) ilmaisten seuraavasti

93. Lohkolla on kantavuus asteikolla 0-10 (0=eikanna, 10 = kantaa erittäin hyvin) ilmaisten seuraava

94. Pellon kantavuus avo-ojitettuun verrattuna asteikolla 0-10 (0= huomattavasti huonommin, 10= huomattavasti paremmin) ilmaisten seuraava

95. Toimintahäiriöt aiheutuvat mielestäni

suunnitteluvirheestä  
työvirheestä  
jälkihoitovirheestä  
maan tiivistymisestä  
maalajin ominaisuuksista  
muusta syystä, mistä

96. Ongelma-alueen salaojitusajan kohta \_\_\_\_\_ kuu v. 19\_\_\_\_

97. Ojitusolosuhteet

huonot  
välttävät  
hyvät

säätyyppi \_\_\_\_\_ maan kosteus \_\_\_\_\_

98. Alueen aikaisempi ojitus

ei oja  
sarkaojat  
riisu- tai kivisalaojat  
lautasalaojat  
tiilisalaojat  
muovisalaojat  
muu, mikä

mikä \_\_\_\_\_

99. Nykyinen putkimateriaali

lauta  
tiili  
muovi

mikä \_\_\_\_\_

100. Salaojat kaivettiin


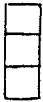








käsityövälinein  
kaivupyöräkoneella  
kaivuketjukoneella  
kauhakoneella  
salaojitusauralla

101. Ojasyöyden määrittämisessä käytettiin

sihtejä  
laserlaitetta



102. Ojanpohja tasattiin  
 ei tasattu  
 soraa lisäämällä  
 työntökourulla höyläämällä  
 kone tasasi 
103. Putki laskettiin  
 käsin  
 kourulaskuna  
 automaattilaskuna 
104. Suodatinaine  
 ei mitään  
 suodatinkangas tai kookos  
 sahanpuru tai vastaava  
 sora 
105. Sorastus  
 ei tehty  
 tehtiin etu- tai takakauhasta  
 tehtiin peräkärystä  
 tehtiin sorastusvaunulla 
106. Ruokamullan pudotus  
 ei tehty  
 lapiolla  
 kyntöaurulla  
 lanulla tai kauhalla 
107. Ruokamullan määrä \_\_\_\_\_
- 
108. Salaojat täytettiin  
 lapiolla  
 lanalla tai kauhalla 
109. Täyttömateriaali \_\_\_\_\_
110. Sorasilmäkkeiden määrä  
 ei tehty  
 vain määrissä kohdissa  
 jokatoisessa avo-ojan ja salaojan risteyksessä  
 jokaisessa avo-ojan ja salaojan risteyksessä  
 myös muovilla kuin avo-ojan ja salaojan risteyksissä 
111. Sorasilmäkkeiden muoto  
 alhaalta kapeampi kuin ylhäältä ✓  
 alhaalta yhtä leveä kuin ylhäältä ||  
 alhaalta leveämpi kuin ylhäältä ^ 
112. Sorasilmäkkeen leveys alhaalta \_\_\_\_\_ m  
 ja ylhäältä \_\_\_\_\_ m
113. Salaojittamisen jälkeen tehty seuraavia toimenpiteitä  
 pellon pinnan muotoilu  
 kyntö kohtisuoraan salaojia vastaan  
 vesivajejen avaus pellon alareunassa  
 vältetään raskailla koneilla ajamista maan ollessa märkää  
 syvämuokkaus  
 maan orgaanisen aineksen lisääminen (karjanlanta, turve) tai turvemaille kivennäisrajan lisääminen 
114. Salaojittamisen jälkeen on tehty seuraavat kunnossapitotoimenpiteet  
 laskuaukkojen kunnossapittäminen  
 laskuaukko- ja kaivojen kunnan tarkistaminen  
 niskakaivojen kunnan tarkistaminen  
 rinnekaivojen tarkkailu 2 ensimmäisen vuoden aikana  
 valtaojien kunnossapittäminen 

115. Kunnossapito kustannukset \_\_\_\_\_ mk ja omaa työtä \_\_\_\_\_ h

116. Onko viljelykierto muuttunut häiriöiden takia ja miten?

---

---

117. Toimintahäiriöt ilmenemisjärjestyksessä

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

118. Toimintahäiriöt vaikeusjärjestyksessä

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

119. Toiminta häiriöiden poistamiseksi on tehty seuraavaa:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

josta on muodostunut kustannuksia \_\_\_\_\_ mk ja  
omaa työtä on käytetty \_\_\_\_\_ h.

120. Ongelma-alueen salaajituksen täydentäminen

ei ollenkaan

lisäajia jonkin verran

lisäajia runsaasti

salaajitus uusittu kokonaan


# SALAOJITUSALUEET

## Salaojakeskuksen aluejako

**I alue:**  
 Varsinais-Suomen ja Satakunnan maatalouskeskukset ja seuraavat kunnat Hämeen läänin maatalouskeskuksesta: Forssa, Jokioinen, Humppila, Somero, Tammela ja Ypäjä sekä Uudenmaan maatalouskeskuksesta: Karkkila, Lohja, Nummi, Pusula ja Sammatti

**II alue:**  
 Uudenmaan, Hämeen läänin, Pirkanmaan, Itä-Hämeen ja Kymen läänin maatalouskeskukset paitsi I alueeseen kuuluvat kunnat Hämeen läänin ja Uudenmaan maatalouskeskuksista

**III alue:**  
 Keski-Suomen, Kuopion läänin, Mikkelin läänin ja Pohjois-Karjalan maatalouskeskukset

**IV alue:**  
 Etelä-Pohjanmaan maatalouskeskus ja Österbottens Svenska Lantbrukssällskap

**V alue:**  
 Oulun, Kainuun ja Lapin läänin maatalouskeskukset

**VI alue:**  
 Finska Hushällningssällskapet ja Nylands Svenska Lantbrukssällskap



Liite 3. Salaojissa esiintyneet yksityiskohtaiset viat ja puutteet ilmenemistapansa mukaan ryhmiteltyinä

I TYÖVAIHEESEEN LIITTYVÄT, yht	109 kpl	23,7 %	kaikista vioista
1. Ojakaivanto	35 kpl	32,1 %	
- Ruokamulta puuttuu		13 kpl	37,1 %
- Vähän ruokamultaa ja tiivis täyttömaa		3 "	8,6 %
- Ojakaivanto kaatunut kiinni ennen soran tai rkm:n pudotusta		7 "	20,0 %
- Suodatinaine puuttuu		9 "	25,7 %
- Ojakaivanto täytetty lieoilla		1 "	2,9 %
- Ojakaivanto täyttämättä tai ollut sateiden ajan täyttämättä		2 "	5,7 %
			100,0 %
2. Salaojan koko ja kaltevuus	11 kpl	10,1 %	
- Kokoojan kaltevuus väärinpäin		2 kpl	18,2 %
- Kokoojan kaltevuus 0-%		3 "	27,2 %
- Kokoojan kaltevuutta pienennetty tekov.		1 "	9,1 %
- Kokoojan putkikokoa pienennetty		1 "	9,1 %
- Imuojat alle min. kaltevuuden		4 "	36,4 %
			100,0 %
3. Ojaväli	11 kpl	10,1 %	
- Harva imuojaväli		11 kpl	
4. Salaojan syvyys	10 kpl	9,2 %	
- Putket matalassa		10 kpl	
5. Pintavesien johtaminen	33 kpl	30,2 %	
- Sorasilmäkkeet puuttuu		21 kpl	63,6 %
- Sarkaojat tai tasoiteltavissa olevat painanteet tasoittamatta		12 "	36,4 %
			100,0 %
6. Muut	9 kpl	8,3 %	
- Matala valtaoja		4 kpl	44,4 %
- Tien alitus eristämättä		1 "	11,1 %
- Suunnitelmaa muutettu omavaltaisesti		1 "	11,1 %
- Laskuaukko korkealla		2 "	22,2 %
- Tiiliputki ilman tukea pehmeässä pohjassa		1 "	11,1 %
			100,0 %
		100,0 %	100,0 %

Liite 3

II MATERIAALEIHIN LIITTYVÄT	yht	171 kpl	37,2 %	kaikista vioista
1. Kiinteää ainetta putkessa		88 kpl	51,4 %	
- Ruostesakkaa				46 kpl 52,3 %
- Savesta, hs, ht tai hk				29 " 32,9 %
- Mutaa tai mutalietettä				13 " 14,8 %
				100,0 %
2. Suodatin		45 kpl	26,3 %	
- Karkea sora				9 kpl 20,0 %
- Hieno sora				6 " 13,3 %
- Ruostunut tai liettynyt sora				30 " 66,7 %
				100,0 %
3. Putkisaumat ja reiät		35 kpl	20,5 %	
- Tiiviit saumat				29 kpl 82,9 %
- Tiiviit saumat (6 kpl)				
- Ruoste tiivistänyt (23 kpl)				
- Suuret saumat tai reiät				6 " 17,1 %
				100,0 %
4. Rikkoutunut salaoja		3 kpl	1,8 %	
- Lautaputkien lahoaminen				3 kpl
III VILJELYYN LIITTYVÄT	yht	76 kpl	16,6 %	kaikista vioista
1. Tiivistyminen		57 kpl	75,0 %	
- Muokkauskerroksen tiivistyminen				31 kpl 54,4 %
- Jankon tiivistyminen				26 " 45,6 %
				100,0 %
2. Maan painuminen		11 kpl	14,5 %	
- Turvemaiden painuminen				11 kpl
3. Kyntösuunta		6 kpl	7,9 %	
- Virheellinen imuojien suunta				
peltokuvioon nähden				4 kpl 66,7 %
- Väärä kyntösuunta imuojiin nähden				2 " 33,3 %
				100,0 %
4. Piiriojat		2 kpl	2,6 %	
- Sivuvesiä pellolle				2 kpl
				100,0 %

Liite 3.

IV PELLON MAALAJIIN JA TOPOGRAFIAAN LIITTYVÄT yht	83 kpl	18,1 %	
1. Pellon pinnanmuoto	20 kpl	24,1 %	
- Notkot ja laajat painanteet	12 kpl	60,0 %	
- Jyrkästi loivenevat rinteet	8 "	40,0 %	
			100,0 %
2. Paineellinen pohjavesi	9 kpl	10,8 %	
- Lähteet	7 kpl	77,8 %	
- Muu paineellinen pohjavesi	2 "	22,2 %	
			100,0 %
3. Maalajit	54 kpl	65,1 %	
- Huono kantavuus	28 kpl	51,9 %	
- Ylipaine putkessa	3 kpl	5,5 %	
- Maatumaton turve	23 kpl	42,6 %	
			100,0 %
V PELLON SIJAINTI YMPÄRISTÖÖN NÄHDEN yht	20 kpl,	4,4 %	kaikista
1. Korkeavetiset vesistöt	6 kpl	30,0 %	
2. Pelto korkeamman maaston tai laajan tasaisen maaston ympäröimä	4 kpl	20,0 %	
- Valtaojaan ei saada riittävää ja pysyvää syvyyttä	4 kpl		
3. Pieni kuivavara	8 kpl	40,0 %	
- Ympäristöstä johtuva	6 kpl	75,0 %	
- Muusta syystä	2 "	25,0 %	
			100,0 %
4. Kevät tulva	2 kpl		

Liite 4. Virheet ja puutteet syntymistapansa mukaan ryhmiteltyinä

I SUUNNITTELU	yht. 235 kpl eli 51,2 % kaikista	
1. ojaväli	11 kpl	4,7 %
2. Kiinteää ainetta putkessa	82 "	34,9 %
3. Ruostunut tai liettynyt sora	30 "	12,7 %
4. Ruosteen tiivistämät saumat/reiät	23 "	9,8 %
5. Pellon pinnanmuoto	20 "	8,5 %
6. Paineellinen pohjavesi	9 "	3,8 %
7. Maalajit	26 "	11,1 %
8. Pellon sijainti ympäristöön nähden	20 "	8,5 %
9. Salaojan syvyys	10 "	4,3 %
10. Imuojien suunta	4 "	1,7 %
		100,0 %

II TOTEUTUS	yht. 124 kpl eli 27,0 % kaikista	
1. Ojakaivanto	35 kpl	28,2 %
2. Salaojan koko ja kaltevuus	17 "	13,7 %
3. Pintavesien johtaminen	33 "	26,6 %
4. Kohta muut	9 "	7,3 %
5. Karkea/hieno sora	15 "	12,1 %
6. Suuret saumat	6 "	4,8 %
7. Tiiviit saumat	6 "	4,8 %
8. Rikkoutunut salaojaputki	3 "	2,4 %
		100,0 %

III VILJELY	yht. 100 kpl eli 21,8 % kaikista	
1. Tiivistyminen	57 kpl	57,0 %
2. Maan painuminen	11 "	11,0 %
3. Kyntösuunta	2 "	2,0 %
4. Piiriojat	2 "	2,0 %
5. Huono kantavuus	28 "	28,0 %
		100,0 %

Liite 5. Virheet ja puutteet veden kulun mukaan ryhmiteltyinä

I VESI EI PÄÄSE POIS LASKUAUKOSTA yht	16 kpl	eli 3,5 %	kaikista
1. Laskuaukko korkealla	2 kpl	12,5 %	
2. Matala valtaoja	4 "	25,0 %	
3. Korkeavetiset vesistöt	6 "	37,5 %	
4. Pellon muu ympäristö	4 "	25,0 %	
II VESI EI KULJE PUTKESSA	yht. 103 kpl	eli 22,4 %	kaikista
1. Kiinteää ainetta putkessa	88 kpl	85,4 %	
2. Salaojan koko ja kaltevuus	11 "	10,7 %	
3. Rikkoutunut salaojaputki	3 "	2,9 %	
4. Tien alitus eristämättä	1 "	1,0 %	
III VESI EI PÄÄSE PUTKEEN	yht 71 kpl	eli 15,5 %	kaikista
1. Suodatin ruostunut tai liettynyt	30 kpl	42,3 %	
2. Tiiviit saumat/pienet reiät	29 "	40,8 %	
3. Ylipaine putkessa	3 "	4,2 %	
4. Suodatinaine puuttuu	9 "	12,7 %	
IV VESI EI PÄÄSE PUTKEN LÄHEISYYTEEN	185 KPL	eli 40,3 %	kaikista
1. Ojaväli	11 kpl	6,0 %	
2. Ojakaivanto	26 "	14,1 %	
3. Pintavesien johtaminen	33 "	17,8 %	
4. Tiivistyminen	57 "	30,8 %	
5. Kyntösuunta	6 "	3,2 %	
6. Pellon pinnanmuoto	20 "	10,8 %	
7. Paineellinen pohjavesi	9 "	4,9 %	
8. Maatumaton turve	23 "	12,4 %	
V MUUT, TÄHÄN RYHMITTELYYN SOPIMATTOMAT	84 kpl	eli 18,3 %	
1. Salaojan syvyys ja pieni kuivavara	18 kpl	21,4 %	
2. Suunnitelmaa muutettu omavaltaisesti	1 "	1,2 %	
3. Tiiliputki ilman tukea pehmeässä maassa	1 "	1,2 %	
4. Karkea sora/hieno sora	15 "	17,9 %	
5. Suuret saumat/reiät	6 "	7,1 %	
6. Maan painuminen	11 "	13,1 %	
7. Piiriojat	2 "	2,4 %	
8. Huono kantavuus	28 "	33,3 %	
9. Kevät tulva	2 "	2,4 %	



Liite 6. Korkeimmat faktorilataukset

Tilaolosuhteita kuvaavat faktorit

1. Suurtila-faktori

muuttujan no:	142	Tilalla viljellään syysvehnää ha	0,530
	143	" " ruista ha	0,307
	145	" " ohraa	0,699
	152	" kesannoidaan säännöllisesti ha	0,533
	163	" on traktoreita kpl	0,655
	165	1. traktorin paino	0,755
	166	" takarenkaan korkeus	0,406
	168	" nelivetoisuus (0-1)	0,440
	169	" vyörenkaisuus (0-1)	0,293
	172	2. traktorin paino	0,278
	173	" takarenkaan korkeus	0,362
	175	" nelivetoisuus (0-1)	0,224
	179	Auran työleveys yleensä cm	0,572
	180	" " huonoissa olosuhteissa	0,523
	181	kyntösyvyys cm	0,386
	193	Joustopiikkiäkeen piikkien lukumäärä	0,760
	195	Xestyskertojen lkm joustopiikkiäkeellä	0,461
	198	" " lapiorullaäkeellä	- 0,202
	201	kuinka nopeasti kylvetään kylvömuok-	
		kauksen jälkeen	- 0,241
	204	Kylvökoneen työleveys cm	0,593
	211	Tuorerehu korjataan krt. kesässä	- 0,215
	218	Viljavaunun kantavuus tn	0,372
	228	Puimurin paino	0,271
	231	Puimurin työleveys	0,341
	302	Tilan peltopinta-ala ha	0,877
	303	Tilan salaojitettu pinta-ala ha	0,871
	305	Tiiliputkella salaojitettua peltoa ha	0,849
	314	Tutkitun ojaston pinta-ala	0,492
	458	Tilalla kanoja kpl	0,200
	464	1. traktorin teho kW	0,755
	467	" takarenkaan leveys	0,438
	471	2. traktorin teho kW	0,256
	529	Puimurin eturenkaan korkeus	0,246
	974	salaojitus-% tilan omasta peltoalasta	0,212

## Liite 6. Korkeimmat faktorilataukset

muuttujan no:	980	Tilalla käytetään lapiorullaäestä (0-1)	- 0,294
	981	Tilalla käytetään niittosilppuria (0-1)	- 0,215

### 2. Tuotantosuunnan vaihdos-faktori

muuttujan no:	145	Tilalla viljellään ohraa ha	0,310
	148	" " öljykasveja ha	0,251
	151	" " nurmikasveja ha	- 0,894
	153	Tilalla on lypsylehmiä kpl	- 0,915
	154	" " nuortakarjaa	- 0,806
	155	" " lihakarjaa	- 0,422
	159	Yht. nautayksikköä	- 0,343
	162	Nykyinen tuotantosuunta ollut tilalla	- 0,241
	176	2. traktorin vyörenkaisuus	0,235
	178	Traktorien koko edellisiin verrattuna	0,307
	211	Tuorerehu korjataan kesässä krt	- 0,863
	232	Puimurissa alennettua ilmanpainetta	0,315
	981	Tilalla käytetään niittosilppuria	- 0,857

### 3. Perunan viljelijä-faktori

muuttujan no:	140	Viljelijän maatalouskoulutus (1-6)	0,257
	150	Tilalla viljellään perunaa ha	0,346
	178	Traktorien koko edellisiin verrattuna	0,209
	179	Auran työleveys yleensä cm	0,507
	180	" " huonoissa olosuhteissa	0,692
	181	Kyntösyvyys cm	0,285
	304	Ilman ojitusta voidaan viljellä ha	0,221
	464	1. traktorin teho kW	- 0,234
	467	" takarenkaan leveys	- 0,261
	482	Kyntätraktorin teho/työleveys kW/cm yleensä	- 0,750
	483	Kyntätraktorin teho/työleveys kW/cm huonoissa olosuhteissa	- 0,705

### 4. Sikatila-faktori

muuttujan no:	146	Tilalla viljellään kauraa ha	0,241
	152	" säännöllisesti kesantoa ha	- 0,210
	157	Tilalla emakoita kpl	0,635
	159	Yht. nautayksikköä	0,812

## Liite 6. Korkeimmat faktorilataukset

muuttujan no:	170	1. traktorin paripyöräisyys (0-1)	0,238
	181	Kyntösyvyys cm	0,220
	218	Viljavaunun kantavuus tn	0,208
	304	Ilman ojitusta voidaan viljellä ha	0,353
	456	Tilalla lihasikoja kpl	0,833

### 5. Nelivetoisuus-faktori

muuttujan no:	144	Tilalla viljellään kevätvehnää ha	0,334
	146	" " kauraa ha	0,236
	172	2. traktorin paino	0,857
	173	" takarenkaan korkeus	0,364
	175	" nelivetoisuus (0-1)	0,578
	176	" vyörenkaisuus (0-1)	0,304
	179	Auran työleveys yleensä cm	0,311
	193	Joustopiikkiäkeen piikkien lkm	0,224
	228	Puimurin paino	0,439
	303	Tilan salaojitettu pinta-ala ha	0,248
	305	Tiiliputkella salaojitettua alaa ha	0,279
	471	2. traktorin teho kW	0,834
	474	" takarenkaan leveys	0,767
	529	Puimurin eturenkaan korkeus	0,295
	530	" " leveys	0,415

### 6. Erikoiskasvien viljelijä-faktori

muuttujan no:	140	Viljelijän maatalouskoulutus (1-6)	0,395
	147	Tilalla viljellään hernetä ha	0,385
	149	" " sokerijuurikasta ha	0,419
	150	" " perunaa ha	0,216
	163	Tilalla traktoreita kpl	0,219
	165	1. traktorin paino	0,287
	173	2. traktorin takarenkaan korkeus	0,306
	175	" nelivetoisuus (0-1)	0,415
	176	" vyörenkaisuus (0-1)	0,490
	178	Traktorien koko edellisiin verrattuna	- 0,400
	218	Viljavaunun kantavuus tn	0,243
	306	Muoviputkella salaojitettua aluetta ha	0,296
	307	Muulla materiaalilla salaojitettua ha	- 0,244
	464	1. traktorin teho kW	0,321

Liite 6. Korkeimmat faktorilataukset

muuttujan no: 467	"	takarenkaan leveys	0,263
529	Puimurin	eturenkaan korkeus	- 0,286
975	Salaojitus-%	omasta vuokrapellostä	0,278

7. Vuokramaiden viljelijä-faktori

muuttujan no: 142	Tilalla viljellään	syysvehnää ha	0,452
143	"	" ruista	0,661
144	"	" kevät vehnää	0,236
146	"	" kauraa	0,298
148	"	" öljykasveja	0,746
152	Tilalla kesannoidaan	säännöllisesti ha	0,331
163	Tilalla traktoreita	kpl	0,201
165	1. traktorin	paino	0,314
168	"	nelivetoisuus (0-1)	0,252
193	Joustopiikkiäkeen	piikien lkm	0,217
199	Kylvömuokkaussyvyys	cm	- 0,237
201	Kuinka nopeasti kylvetään	kylvö- muokkauksen jälkeen	- 0,344
204	Kylvökoneen työleveys	cm	0,276
228	Puimurin	paino	0,361
231	Puimurin	työleveys	0,238
308	Tilalla vuokrapeltoa	ha	0,823
464	1. traktorin	teho kW	0,295
467	"	takarenkaan leveys	0,207
474	2. traktorin	takarenkaan leveys	0,284
530	Puimurin	eturenkaan leveys	0,398
975	Salaojitus-%	vuokrapellostä	0,542

8. Maata säästävä, kevätviljojen viljelijä-faktori

muuttujan no: 142	Tilalla viljellään	syysvehnää ha	- 0,386
144	"	" kevätvehnää	0,331
145	"	" ohraa	0,221
146	"	" kauraa	0,226
152	Tilalla kesannoidaan	säännöllisesti ha	- 0,296
168	1. traktorin	nelivetoisuus	- 0,238
177	2. traktorin	paripyöräisyys	0,454
186	Luiston vähentäminen	kynnössä (0-1)	0,645

## Liite 6. Korkeimmat faktorilataukset

muuttujan no:	187	Luiston vähentäminen kynnessä huonoissa olosuhteissa (0-1)	0,650
	199	Kylvömuokkaussyvyys cm	- 0,244
	201	Kuinka nopeasti kylvetään kylvö- muokkauksen jälkeen	- 0,230
	204	Kylvökoneen työleveys cm	0,206
	232	Puimurissa alennettu ilmanpaine (0-1)	0,507
	304	Ilman ojitusta voidaan viljellä peltoa	0,235
	467	1. traktorin takarenkaan leveys	0,204

### 9. Iäkäs, sisä-suomalainen viljelijä-faktori

muuttujan no:	140	Viljelijän maatalouskoulutus (1-6)	- 0,222
	141	Tila ollut nykyisellä viljelijällä v.	0,566
	162	Nykyinen tuotantosuunta ollut tilalla v.	0,338
	177	2. traktorin paripyöräisyys (0-1)	0,255
	201	Kuinka nopeasti kylvetään kylvö- muokkauksen jälkeen	0,213
	228	Puimurin paino	- 0,337
	231	Puimurin työleveys	- 0,298
	236	Viljelijän ikä v.	0,657
	304	Ilman ojitusta voidaan viljellä peltoa	0,287
	530	Puimurin eturenkaan leveys	- 0,277
	974	Salaojitus-% tilan omasta peltoalasta	- 0,468

### 10. Yhdistetty tuotantosuunta-faktori

muuttujan no:	144	Tilalla viljellään kevätvehnää ha	0,228
	152	Tilalla kesannoidaan säännöllisesti ha	- 0,348
	159	Yht. nautayksikköä	0,207
	162	Nykyinen tuotantosuunta ollut tilalla	- 0,245
	168	1. traktorin nelivetoisuus (0-1)	0,308
	169	" vyörenkaisuus (0-1)	0,454
	170	" paripyöräisyys (0-1)	- 0,353
	173	2. traktorin takarenkaan korkeus	0,262
	187	Luiston vähentäminen kynnessä huonoissa olosuhteissa (0-1)	- 0,286
	304	Ilman ojitusta voidaan viljellä	- 0,214
	314	Tutkitun ojaston pinta-ala ha	0,370
	458	Tilalla kanoja kpl	0,597

## Liite 6. Korkeimmat faktorilataukset

muuttujan no:	529	Puimurin eturenkaan korkeus	-	0,226
	530	" " leveys		0,323
	974	Salaojitus-% tilan omasta peltoalasta		0,246

### 11. Suuret tehokkaat koneet-faktori

muuttujan no:	168	1. traktorin nelivetoisuus (0-1)		0,262
	181	Kyntösyvyys cm		0,356
	187	Luiston vähentäminen kynössä huonoissa olosuhteissa (0-1)	-	0,207
	193	Joustopiikkiäkeen piikkien lkm		0,213
	198	Äestyskertojen lkm lapiorullaäkellä	-	0,763
	228	Puimurin paino		0,419
	231	Puimurin työleveys		0,238
	464	1. traktorin teho kW		0,214
	529	Puimurin eturenkaan korkeus		0,311
	530	" " leveys		0,229
	974	Salaojitus-% tilan omasta peltoalasta		0,280
	980	Tilalla käytetään lapiorullaästä (0-1)	-	0,748

Ongelmallisia ojastoja ja pelto-olosuhteita kuvaavat faktorit

### 12. Maatumattomat turvemaat-faktori

muuttujan no:	17	Salaojitusvuosi		0,232
	20	Maan kosteus ojitushetkellä (1-3)	-	0,252
	55	Rkm-kerroksen vahvuus cm		0,624
	57	Suodattimen liettyminen (1-5) kokooja	-	0,364
	69	Putken sisäpinnalla sakkaa mm		0,279
	79	Imuojan syvyys cm	-	0,290
	94	Rkm-kerroksen vahvuus cm		0,600
	96	Suodattimen liettyminen (1-5) imuoja	-	0,392
	97	Saumojen/reikien liettyminen (1-5)	-	0,276
	101	Putkessa lietettä (0-1)	-	0,225
	117	Kokoojan kaltevuus 0-%		0,223
	127	Ruostunut sora (0-1)	-	0,221
	129	Maan painuminen (0-1)		0,294
	135	Pellon huono kantavuus (0-1)		0,573
	137	Maatumaton turve (0-1)		0,590

Liite 6. Korkeimmat faktorilataukset

muuttujan no:	345	Pinnasta		-	0,900
	348	20-50 cm:stä	maan tiheys	-	0,939
	351	80 cm:stä	kokoojaojasta	-	0,886
	354	Jankosta 20-50 cm:stä		-	0,916
	383	Pinnasta		-	0,921
	386	20-50 cm:stä	maan tiheys	-	0,914
	389	80 cm:stä	imuojasta	-	0,831
	392	Jankosta 20-50 cm:stä		-	0,908
	440	pinnasta			0,836
	441	20-50 cm:stä	maan kosteus-%		0,929
	442	80 cm:stä	kokoojaojasta		0,866
	443	Jankosta			0,914
	444	Pinnasta			0,882
	445	20-50 cm:stä	maan kosteus-%		0,903
	446	80 cm:stä	imuojasta		0,824
	447	Jankosta			0,887

13. Halkeilleet savimaat-faktori

muuttujan no:	17	Salaojitusvuosi			0,222
	64	Ruostesakkaumia putkessa (0-1)		-	0,703
	65	Rikkoutunut putki (0-1)	kokooja	-	0,309
	68	Sakkaa putken pohjalla mm		-	0,552
	69	Sakkaa putken seinämällä mm		-	0,337
	79	Imuojan syvyys cm			0,299
	94	Rkm-kerroksen vahvuus cm		-	0,256
	96	Suodattimen liettyminen (1-5)			0,378
	101	Putkessa lietettä (0-1)			0,348
	103	Ruostesakkaumia putkessa (0-1)	imuoja	-	0,531
	104	Rikkoutunut putki (0-1)		-	0,254
	107	Sakkaa putken pohjalla mm		-	0,248
	109	Pienin imuojatiheys m		-	0,646
	110	Suurin imuojatiheys m		-	0,705
	124	Suunnitelmaa muutettu omavaltaisesti			0,207
	127	Ruostunut sora (0-1)		-	0,480
	128	tiivistyminen (0-1)			0,406
	132	Notkot ja laajat painanteet (0-1)			0,258

Liite 6. Korkeimmat faktorilataukset

14. Tiiviit kivennäismaat-faktori

muuttujan no:	36 Veden imeytymisnopeus cm/1 h	- 0,880
	40 " " cm/2 h kokooja	- 0,852
	58 Saumojen/reikien liettyminen (1-5)	- 0,218
	74 Veden imeytymisnopeus cm/1h	- 0,866
	78 " " cm/2h imuoja	- 0,843
	96 Suodattimen liettyminen (1-5)	- 0,273
	103 Ruostesakkaumia putkessa (0-1)	0,226
	117 Kokoojan kaltevuus 0-%	0,202
	121 Sarkaojat tai tasoiteltavissa olevat painanteet tasoittamatta (0-1)	0,316

15. Pellon ympäristö-faktori

muuttujan no:	98 Saumoissa/reiissä suodatinta (1-5)	0,253
	102 Putkessa soraa (0-1)	0,546
	105 Pieni kuivavara (0-1) imuoja	0,748
	106 Putken halkaisija mm	0,381
	122 Matala valtaoja (0-1)	0,799
	125 Laskuaukko korkealla (0-1)	0,347
	126 Tiiliputki ilman tukea pehmeässä maassa	0,616
	132 Notkot ja laajat painanteet (0-1)	0,320
	135 Huono kantavuus (0-1)	0,312
	136 Ylipaine putkessa (0-1)	0,300
	137 Maatumaton turve (0-1)	0,312
	139 Pelto korkeamman tai laajan tasaisen maaston ympäröimä (0-1)	0,753
	254 Ojastossa la-kaivoja (0-1)	0,219
	444 Maanpinnan kosteus-% imuojassa	0,268

16. Vedenalaisuus-faktori

muuttujan no:	56 Suodattimen vahvuus cm	0,455
	57 Suodattimen liettyminen (1-5)	0,284
	59 Saumoissa/reiissä suodatinta kokooja	0,538
	62 Putkessa lietettä (0-1)	0,215
	63 Putkessa soraa (0-1)	- 0,326
	65 Rikkoutunut putki (0-1)	- 0,726
	95 Suodattimen vahvuus cm	0,422
	96 Suodattimen liettyminen (1-5) imuoja	0,290



Liite 6. Korkeimmat faktorilataukset

muuttujan no:	98 Saumoissa/reiissä suodatinta (1-5)		0,598
	102 Putkessa soraa (0-1)	imuoja	0,209
	104 Rikkoutunut putki (0-1)		- 0,698
	129 Maan painuminen (0-1)		- 0,290
	134 Paineellinen pohjavesi (0-1)		- 0,212

17. Rantapelto-faktori

muuttujan no:	66 Kevät tulva (0-1)		0,553
	94 Rkm-kerroksen vahvuus cm		0,261
	101 Putkessa lietettä (0-1)		0,221
	103 Putkessa ruostesakkaumia (0-1)	imuoja	0,310
	105 Pieni kuivavara (0-1)		0,210
	107 Putken pohjalla sakkaa mm		0,690
	108 Putken sisäpinnalla sakkaa mm		0,635
	119 Kokoojaa pienennetty suunnitellusta (0-1)		0,640
	125 Laskuaukko korkealla (0-1)		0,215
	137 Maatumaton turve (0-1)		- 0,207
	138 korkeavetiset lammet/järvet (0-1)		0,528
	254 Ojastossa la-kaivoja (0-1)		0,294
	255 " niskakaivoja (0-1)		0,348

18. Hyvät olosuhteet-faktori

muuttujan no:	18 ojitusolosuhteet (1-3)		0,787
	19 Säätyyppi ojitushetkellä (1-3)		0,781
	20 Maan kosteus " (1-3)		0,630
	59 Saumoissa/reiissä suodatinta kokooja		- 0,254
	113 Ojakaivanto sortunut kiinni ennen soran tai rkm:n pudotusta (0-1)		- 0,367
	121 sarkaojat tai tasoiteltavissa olevat painanteet tasoittamatta (0-1)		- 0,206
	123 Tien alitus eristämättä (0-1)		- 0,386
	130 Kyntösuunta (0-1)		- 0,213
	133 Jyrkästi loivenevat rinnepellot (0-1)		- 0,376
	134 Paineellinen pohjavesi (0-1)		- 0,202

## Liite 6. Korkeimmat faktorilataukset

### 19. Vaikeat kaivuolosuhteet-faktori

muuttujan no:	17	Salaojitusvuosi		0,440
	41	Kokoojan syvyys cm		0,593
	58	Saumojen/reikien liettyminen kokooja	-	0,526
	63	Putkessa soraa (0-1)	-	0,219
	74	Veden imeytymisnopeus cm/1 h	-	0,207
	79	Imuojan syvyys cm		0,492
	97	Saumojen/reikien liettyminen (1-5)	-	0,384
	101	Putkessa lietettä (0-1) imuoja	-	0,254
	104	Rikkoutunut putki (0-1)	-	0,287
	109	Pienin imuojaväli m	-	0,232
	110	Suurin imuojaväli m	-	0,265
	113	Ojakaivanto sortunut kiinni ennen soran tai rkm:n pudotusta (0-1)		0,235
	127	Ruostunut sora (0-1)		0,204
	129	Maan painuminen (0-1)	-	0,604
	130	Kyntösuunta (0-1)	-	0,306
	134	Paineellinen pohjavesi (0-1)		0,237

Liite 7. Tilatyyppejä ja tilaolosuhteita kuvaavien faktoreiden ja ongelmallisia ojastoja ja pelto-olosuhteita kuvaavien faktoreiden väliset korrelaatiot

1. Suurtila-faktori	-219	37	-314	-25	-27	136	-6	7
2. Tuotantosuunnan vaihdos	-113	197	-175	-92	-60	-37	-36	-31
3. Perunan viljelijä	-149	-223	94	-90	-44	-80	118	7
4. Sikatila-faktori	46	-129	-139	-11	-64	12	-101	61
5. Nelivetoisuus-faktori	-155	64	-22	112	-111	77	-164	-123
6. Erikoiskasvien viljelijä	46	-90	-156	10	133	51	-9	-80
7. Vuokramaiden viljelijä	-48	-57	-270	-35	115	-28	-126	-152
8. Maata säästävä, kevät viljojen viljelijä-faktori	-20	109	-32	102	70	-119	118	-233
9. Iäkäs, sisäsuomalainen viljelijä-faktori	-10	-223	32	-88	62	251	-233	72
10. Yhdistetty tuotantosuunta	-239	-20	8	-70	-125	42	132	-266
11. Suuret, tehokkaat koneet	-105	-39	26	-46	-43	93	-24	-95

n = 92	
5 %	0,205
1 %	0,267
0,1 %	0,338
	n = 90

Maatunattomat turvemaat-faktori
Halkeilleet savimaat-faktori
Tiiviit kivennäis- maat-faktori
Pellon ympäristö
Vedenalaisuus-faktori
Rantapelto-faktori
Hyvät olosuhteet-faktori
Vaikeat kaivuolosuhteet-faktori

Taulukosta havaitaan, että 5 %:n riskitason ylittäviä korrelaatiokerrotoimia on vähän ja näistä yhtä lukuunottamatta kaikki ovat - merkkisiä. Koska tilojen tuotantosuunnan ja konekannan kehittyminen on ollut paljolti riippuvaista tilan tuotantoedellytyksistä eli mm. tilan sijainnista ja peltojen maalajista ja pinta-alasta, merkitsee se sitä että tietyillä tilatyypeillä ei esiinny lainkaan tiettyjä maalajeja. Esim. Suurtila-faktorin ja ongelmalliset turvemaat-faktorin (kts. faktoriselitykset) välinen korrelaatio (- 0,219) johtuu siitä, että suurtila-faktorin kuvaamilla tiloilla ei ole turvemaita. Em. esimerkki on analoginen muiden taulukossa esiintyvien - merkkisten korrelaatioiden kanssa. Merkittävämpää taulukossa onkin positiivisten korrelaatioiden puuttuminen.

Liite 8. Tilatyyppejä ja tilaolosuhteita kuvaavien faktoreiden ja yksityiskohtaisista vioista ja puutteista muodostettujen ryhmien väliset korrelaatiot.

Suunnittelu	-29	-48	-68	13	-54	233	186	-61	162	-92	99
Toteutus	-252	2	-90	-61	25	-144	-96	-18	-113	-157	-98
Viljely	-95	-7	-70	25	-18	-146	-67	220	-166	-77	-15
Työvaiheeseen											
liittyvät viat	-201	-66	-122	-20	71	-135	-116	29	-122	-78	-30
Materiaaleihin											
liittyvät viat	1	116	8	17	-133	133	60	-45	180	-19	114
Viljelyyn liit-											
tyvät viat	37	38	-84	72	0	14	47	200	-111	148	124
Pellon maalajiin											
ja topograf.	-145	-87	43	-75	-22	-21	35	35	-19	-278	-149
Pellon sijaint.											
ymp. nähden	92	-129	-200	41	48	148	29	-54	-11	66	32
Vesi ei pääse											
laskuaukosta	-91	-145	-204	21	30	73	-36	-20	-15	-56	-9
Vesi ei kulje											
putkessa	-198	70	-99	-12	81	103	-120	11	236	101	-24
Vesi ei pääse											
putkeen	164	37	-59	5	-125	121	99	168	-12	-120	169
Vesi ei pääse											
putken läheis.	-182	-36	-69	44	25	-35	-38	-21	-132	-127	-32
Muut tähän ryh.											
sopimattomat	-124	-20	42	-51	-104	-75	100	33	-47	-137	-3
	Suurtila- faktori	Tuotanto- suunn. v.	Perunan- viljelijä	Sikatala- faktori	Nelivetoi- suus-fakt.	Erikoiskas- vien vilj.	Vuokramai- den vilj.	Maata sääs- tävä vilj.	Iäkäs, vilj- faktori	Yhdistetty tuotanto s.	Suuret ko- neet-fakt.

Koska tilafaktoreiden ja oja-faktoreiden informaatiosisältö on varsin suuri, laskettiin korrelaatiot myös tilafaktoreiden ja yksityiskoh-  
taisista vioista muodostettujen ryhmien välille. Taulukossa toistuu  
edelleen korrelaatiokertoimien pienuus ja merkitsevien korrelaatioi-  
den vähälukuisuus. Korrelaatioiden merkitsevyyserajat ovat samat kuin  
liitteessä 7.

Liite 9. Tilafaktoreiden ja ongelmien ilmenemistapaa ja vakavuutta kuvaavien muuttujien väliset korrelaatiot

Ongelma-alueen											
kantavuus	215	-169	132	-286	-4	-214	163	68	-134	-70	31
Pellon viljely-											
kelpoisuus	58	-80	41	-4	-103	-95	4	49	-42	55	92
Lisätty oja	77	117	13	-17	-104	32	-54	-42	-34	-281	-203
Ongelma-alueen											
pinta-ala	585	108	-113	-60	45	-187	-50	29	-103	329	-36
Tilalla yht											
ongelmia ha	473	121	-115	63	76	-39	-69	17	-155	266	-10
Tukkeuma-%											
kokoojassa	-82	-73	146	80	-76	5	-35	-143	107	106	-100
Tukkeuma-%											
imuojassa	-59	-35	145	41	-124	83	-32	-173	268	-2	13
Ongelma-alue %:a											
lohkon p-alasta	74	114	-175	142	83	-129	32	-41	-131	6	37
	Suurtiila- faktori	Tuotanto- suunn. v.	Perunan- viljelijä	Sikatila- faktori	Nelivetoi- suus-fakt.	Erikoiskas- vien vilj.	Vuokramai- den vilj.	Maata sääs- tävä vilj.	Iäkäs, vilj- faktori	Yhdistetty tuotanto s.	Suuret ko- neet-fakt.

Ojafaktoreiden ja ongelmien vakavuutta kuvaavien muuttujien väli-  
set korrelaatiot

Ongelma-alueen kantavuus	-210	-72	-52	79	37	-102	187	-22
Pellon viljelykelpoisuus	-264	-117	36	-242	32	-229	79	-92
Lisätty salaojia	282	71	30	-116	91	-177	-107	116
Ongelma-alueen p-ala	-198	147	-246	-54	-58	-78	117	-34
Tilalla yht ongelmia ha	-167	103	-149	31	-33	30	62	-2
Tukkeuma-% kokoojassa	-57	-560	-66	-34	85	64	151	54
Tukkeuma-% imuojassa	-131	-253	17	-99	38	699	124	79
Ongelma-alueen p-ala %:a								
lohkon pinta-alasta	-28	66	-101	33	-93	-11	-62	27

Maatunattonat turve-  
maat-faktori  
Halkeilleet savi-  
maat-faktori  
Tiiviit kivennäis-  
maat-faktori  
Pellon ympäristö  
Vedenalaisuus-fak-  
tori  
Rantapelto-faktori  
Hyvät olosuhteet-  
faktori  
Vaikeat kaivuolosuh-  
teet-faktori

Liite 10. Ongelmien vakavuutta kuvaavien muuttujien ja yksityiskoh-  
taisista vioista muodostettujen ryhmien väliset korrelaa-  
tiot.

Suunnittelu	-86	-273	-11	-192	-41	105	100	133
Toteutus	-163	-100	-11	-142	-68	-164	77	-13
Viljely	-132	-191	89	122	136	-261	-422	144
Työvaiheeseen liittyvät	-254	-144	12	-53	15	-160	-138	114
Materiaaleihin "	93	149	-123	-124	-53	299	475	21
Viljelyyn "	-121	-15	-126	190	216	-242	-259	187
Pellon maalajiin ja - topografiaan liittyvät	-73	-373	292	-188	-155	-148	-315	-91
Pellon sijainti ympä- ristöön nähden	-100	-369	-137	-99	86	-90	111	167
Vesi ei pääse la:sta	-59	-322	-97	-116	-15	-101	30	102
Vesi ei kulje putkessa	-166	32	-40	-143	-23	165	259	-56
Vesi ei pääse putkeen	129	162	55	18	-10	134	56	168
Vesi ei pääse putk. läh.	-270	-238	46	-66	54	-241	-305	159
Muut tähän ryh.sopimatt.	-50	-316	45	-109	-58	-84	40	-14

n = 92	
5 %	0,205
1 %	0,267
0,1 %	0,338

n = 90

Ongelma-alueen  
kantavuus

Pellon viljely-  
kelpoisuus

Lisätty sala-  
ojia

Ongelma-alueen  
pinta-ala

Tilalla yht on-  
gelmia ha

Tukkeuma-%  
kokoojassa

Tukkeuma-%  
imuojassa

Ongelma-alueen  
p-ala %:a lohkon  
pinta-alasta

Taulukosta havaitaan, että ongelma-alueen kantavuus heikkenee, kun vesi ei pääse pellon pinnalta salaojaputken läheisyyteen. Sama tilanne syntyy silloin kun loholla esiintyy työvaiheeseen tai pintavesien johtamiseen liittyviä virheitä tai puutteita. Pellon viljelykelpoisuuteen eniten vaikuttaa pellon maalaji ja topografia sekä pellon sijainti ympäristöön nähden eli näissä olosuhteissa salaojien toimintahäiriötilanteessa pellon viljelykelpoisuus menetetään varsin nopeasti. Suunnittelun ja pellon viljelykelpoisuuden välinen korrelaatio johtuu suurelta osin niistä suunnittelun ongelmista, jotka liittyvät vaikeiden alueiden suunnitteluun. Salaojien tukkeumat ovat selvästi oma erillinen ongelmaryhmä, joihin ei esim. viljely vaikuta.

LIITE 11. Maaprofiili

Maalaji	Maanäytteen syvyys cm				
	30- 45	45- 60	60- 75	75- 90	>90
HHK	1	1	1	1	-
ht HHK	-	-	-	-	-
hk KHt	1	1	1	2	2
KHt	7	7	6	6	8
s KHt	-	-	1	1	1
Ht	-	1	1	1	1
HHt	3	3	2	2	3
lj HHt	-	-	-	1	2
Hs HHt	2	2	2	1	1
ljs HHt	-	-	-	-	-
s HHt	-	-	1	1	2
lj He	-	-	-	-	-
He	4	2	1	1	2
ht Hs	1	1	3	5	5
lj Hs	-	-	-	1	1
Hs	-	-	1	4	4
s Hs	1	2	3	2	2
HtS	1	-	-	-	-
lj HsS	-	1	1	-	-
HsS	3	3	3	4	4
As	13	14	13	13	13
LjS	7	7	8	9	8
ht Lj	1	1	1	-	-
Lj	-	-	1	1	2
Jm	1	-	-	-	-
Mm	1	-	-	-	-
Lj Mm	2	-	-	-	-
s Mm	-	-	-	1	1
ht Mt	1	-	-	-	-
Mt	8	5	4	5	4
Ct	4	9	9	9	8
LCt	13	14	12	9	6
SCt	3	3	3	2	2
LCSt	5	4	3	2	2
LSCt	2	2	3	2	2
CSt	1	1	1	1	1
LSt	1	3	3	2	2
St	4	4	3	2	2
Puuttuu (turve)	1	1	1	1	1
Yht.	92	92	92	92	92

Erilaisia maalajeja tutkituissa ojastoissa oli kaikkiaan 38 erilaista. Puuttuvat havainnot taulukossa johtuvat maalajien koodauksesta ATK-käsittelyä varten. Koska maalajinäytteet on otettu sekä kokoojaojan että imuojan kohdalta ja usein maalajit olivat rajatapauksia kahden toisiaan lähellä olevan maalajin välillä. Taulukossa maalajit ovat kuitenkin ojaston vallitsevia maalajeja, jolloin satunnaisesti esiintyneet vallitsevasta maalaajista vähän poikenneet maalajit ovat jääneet koodauksessa huomioimatta. Taulukon puuttuva maalaji on turvemaata.

LIITE 12. Ruosteturkkeumat kokoojissa (K) ja muojoissa (I) maalajerytymän sekä ruostevaurioiden osuus ojaostoittain (maalajijakauma salaojasyvyyden mukaan eli 90 cm:stä)

	0%	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	YHT	PUUTT.	Ojast.	ruostehav
	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	kpl %
hk KHT		1	1						1			2	2	2	
KHT		1	1						1			4	5	2	8
s KHT		1	1									1	1	1	1
Ht															
HHt															
ljj HHt	K							1				1	2	2	2
hs HHt			1									1	2	2	2
s HHt												1	2	1	2
He			1		1			1				2	2	2	2
ht Hs	1							1				4	3	5	5
ljj Hs												1	1	1	1
s Hs												1	1	1	2
hs S												1	1	1	4
As												1	1	1	1
ljj S		1	1									2	2	2	1

ljj 2 - - 33,3%

	4	3	12	9	6	5	3	1	4	6	-	3	2	-	1	2	1	1	2	3	3	3	4	1	1		
YHT																											
Mt				1	1	1							1											1	4		tv. maat
Ct				2	2								2	2										4	8		K
Lct				1	1								4	3									1	6		I	
Sct		1										1	1										2	2		15	
LSct		1										1	1										2	2		30	
CSct												1	1										1	1		9	
LSt			1									2	2										2	2		30	

Maalajerytymän (tv) maalaji

Maalajerytymän, joilla ei havaittu ruosteisia ojaostoja

Hs 4  
Mm 1  
LGSct 2  
St 2

- 1) Turkeuma koostuu puoleksi ruostesakasta ja puoleksi mutalietteestä
- 2) Pääasiassa ruostesakkaa
- 3) Pääasiassa lietettä (mutaa tai kiv. maata)

\*) Molemmat sakkauma-havainnot viitteiden mukaisia, kaikissa muissa tapauksissa vain yksi taulukon havain-

92



LITTE 13. Lietetukkeumat kokoojissa (K) ja imuojissa (I) maalajeittain sekä lievehavaintojen osuus ojaistoittain (maalajijakauma selaojasyvyydestä)

0 %	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	YHT	Ojast.	Liete havaintoj
K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	kpl	kpl %

KHT	1 <sup>14</sup>	1 <sup>14</sup>									1	1	8	<u>ktiv. maat</u>
Ij HHT												1	1	K I
s HHT													1	
ht He	1 <sup>14</sup>		1 <sup>14</sup>	1 <sup>14</sup>									1	<u>18</u>
ht HS					1	1					1	1	1	<u>59</u>
s HS	1 <sup>14</sup>												1	<u>24</u>
hs HS			1	1							1	1	1	<u>59</u>
hs S			1	1							1	1	1	<u>59</u>
As S			1	1							1	1	1	<u>59</u>
As			1	1							1	1	1	<u>59</u>
Lj S		3	6	1	3						3	4	4	30,5 %
S		3	6	1	3						3	4	4	40,7 %
S		3	6	1	3						3	4	4	40,7 %
Lj S		3	6	1	3						3	4	4	40,7 %
S		3	6	1	3						3	4	4	40,7 %

Ij- ja multa-  
maat  
K I

Lj	1	1									1	1	2	-
S Mm													1	
Mt	1	2	1								2	2	4	-
Ct		1 <sup>13</sup>	1								2	3	8	
LCt		1	1			2 <sup>14*</sup>					3	2	6	
LCSt		1	1								1	1	2	
LSGt		1 <sup>14</sup>	1								1	1	2	
CGt		1									1	1	2	
LSt											1	1	2	
YHT	2	2	12	18	6	6	3	2	1	2	1	2	28	36

Puuttuva (tv) maalaji

Maalajeja, joilla ei ha-  
vaittu lietynettä  
ojastoja

hk KHT	2	33,3 %
s KHT	1	
Ht	1	
HHt	3	
hs HHt	1	
hs HHT	1	
Lj HS	1	
SGt	2	
St	2	
<u>          </u>	<u>92</u>	

tv. maat  
K I  
10 10  
30 30  
33,3 % 33,3 %

LIITE 14. Ruostesakkaunien ja lietesakkaunien aiheuttama tukkeutumis-% putkimateriaaleittain ja tukkeutuneiden ojastojen osuus tutkituista putkimateriaaleittain

		Havaintoja kpl eri tukkeutuma-% luokissa, ruostehavainnot																YHT		Ojastoja kpl		Havaintoja K I	
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	YHT		Ojastoja kpl		Havaintoja K I							
Lautap	0 %																						
	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I													
Fiillip	1 <sup>1</sup>	7 <sup>2</sup>	1 <sup>3</sup>	1 <sup>1</sup>	3 <sup>2</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>		1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>1</sup>	4 <sup>1</sup>	19	18	3	1	7	57,1					
Muovip	2 <sup>1</sup>	4 <sup>3</sup>	5 <sup>2</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>3</sup>	2 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	14	13	1	1	31	48,4						
Sekaol.	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>										1	1	1	3	3	-	33,3					
Yht	4	12	6	3	4	-	2	1	1	2	3	2	37	33	4	1	92						
		Havaintoja kpl eri tukkeutuma-% luokissa, lietehavainnot																YHT		Ojastoja kpl		Havaintoja K I	
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	YHT		Ojastoja kpl		Havaintoja K I							
Lautap	0 %																						
	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I													
Fiillip	1 <sup>1</sup>	7 <sup>2</sup>	1 <sup>6</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>		1 <sup>1</sup>	3 <sup>2</sup>	1 <sup>1</sup>	2	14	23	7	28,6							
Muovip	1 <sup>1</sup>	4 <sup>6</sup>	4 <sup>2</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>		1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>	10	9	31	31	27,5							
Sekaol.	1	1	1									2	2	3	3	32,3							
YHT	2	12	6	3	2	1	2	1	1	2	1	1	28	36	92	66,7							

1 - 3) Taulukon havainnoista indeksia vastaava määrä on sekalaisia sakkoja

LIITE 15. Tiivistymiä maalajeittain, maalajijakauma 30 cm:n syvyydestä

Maalaji	yht. ojastoja	tiivistymis tapauksia kpl
HHK	1	1
ht HHk	-	-
hk KHt	1	-
KHt	7	3
s KHt	-	-
Ht	-	-
HHt	3	2
lj HHt	-	-
Hs HHt	2	-
ljs HHt	-	-
s HHt	-	-
lj He	-	-
He	4	3
ht Hs	1	1
lj Hs	-	-
Hs	-	-
s Hs	1	1
HtS	1	1
lj HsS	-	-
HsS	3	0
As	13	13
LjS	7	5
ht Lj	1	-
Lj	-	-
Jm	1	-
Mm	1	1
Lj Mm	2	2
s Mm	-	-
ht Mt	1	1
Mt	8	2
Ct	4	2
LCt	13	8
SCt	3	2
LCSt	5	4
LSCt	2	2
CSt	1	-
LSt	1	1
St	4	2
Puuttuu (turve)	1	-
Yht	92	57

Yhteensä kiv. maiden ojastoja 44 kpl, joista eriasteisia tiivistymiä 30 eli 68,2 %:lla.

Yhteensä lieju- ja multamaiden ojastoja 5 kpl, joista eriasteisia tiivistymiä 3 eli 60 %:lla.

Yhteensä turvemaiden ojastoja 42 kpl, joista eriasteisia tiivistymiä 24 eli 57,1 %:lla.