

# Pellon vesitalouden optimointi

## Loppuraportti 2010

Pertti Vakkilainen, Laura Alakukku, Jari Koskiahho,  
Merja Myllys, Jyrki Nurminen, Maija Paasonen-Kivekäs,  
Rauno Peltomaa, Markku Puustinen &  
Helena Äijö



# Pellon vesitalouden optimointi

Loppuraportti 2010

Salaoituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 30

## Pellon vesitalouden optimointi -hankkeen loppuraportti 2010

Pertti Vakkilainen, Laura Alakukku, Jari Koskiaho, Merja Mylly, Jyrki Nurminen,  
Maija Paasonen-Kivekäs, Rauno Peltomaa, Markku Puustinen & Helena Äijö

Salaoituksen tutkimusyhdistys ry

Simonkatu 12 A 11

00100 Helsinki

puh (09) 694 2100

fax (09) 694 2677

**Päätoimittaja** Rauno Peltomaa

**Etukansi** Salaoitusta Nummelan koekentällä Jokioisissa 5.6.2008. Kuva: Helena Äijö

**Taitto** Juha Peltomaa

**Painopaikka** Multiprint Oy, Helsinki 2010

**Web** [www.salaojayhdistys.fi](http://www.salaojayhdistys.fi) -> julkaisut

ISBN 978-952-5345-23-0

# Sisällysluettelo

Esipuhe .....	3
<b>1. Johdanto .....</b>	<b>4</b>
1.1 Tausta .....	4
1.2 Tavoitteet.....	4
1.3 Hankkeen toteutus.....	4
1.4 Yhteistyötahot, rahoitus ja aikataulu.....	5
<b>2. Salaojien ympärysaineet.....</b>	<b>6</b>
2.1 Ympärysaineen tarve .....	6
2.2 Tutkimustietoa Suomessa ja muualla.....	9
2.3 Ympärysaineen ja salaojakaivannon täyttömaan laatu ja niiden toimivuus käytännössä	
<b>3. Valunta ja kuormitus vanhoilla tutkimusalueilla.....</b>	<b>14</b>
3.1 Valunta .....	15
3.2 Eroosio ja partikkelifosforin kuormitus .....	16
3.3 Fosfaattifosfori- ja typpikuormitus.....	18
3.4 Yhteenvedo.....	21
<b>4. Nummelan koekenttä Jokioisissa .....</b>	<b>22</b>
4.1 Koejärjestelyt.....	22
4.2 Maanäytteet ja maa-analyysit .....	24
4.3 Viljely- ja muokkaustoimenpiteet .....	25
4.4 Satonäytteet .....	26
4.5 Valumavesien määrän ja laadun mittaukset.....	26
4.6 Pohjavedenpinnan syvyys ja maan kosteus.....	27
4.7 Maaperän ominaisuudet .....	27
4.8 Sääolot.....	29
4.10 Tutkimusjakson tulokset.....	37
4.11 Tulosten tarkastelu.....	48
<b>5. Gårdskulla Gårdin koekenttä Siuntiossa .....</b>	<b>60</b>
5.1 Toteutus.....	60
5.2 Tulokset.....	68
5.3 Tulosten tarkastelu.....	76

<b>6. Jankkurointikoe MTT:n Sotkamon koekentällä .....</b>	<b>84</b>
6.1 Koejärjestelyt.....	84
6.2 Mittaukset.....	85
6.3 Tulokset.....	86
6.4 Johtopäätökset.....	89
<b>7. Tilakohtaiset seuranta-kohteet (VNA-kohteet) .....</b>	<b>90</b>
7.1 Toteutus.....	90
7.2 Tulokset.....	91
<b>8. Tilakohtaiset selvitykset eri ympärysaineista aiemmin tehdyissä ojituksissa.....</b>	<b>93</b>
8.1 Köyliön Vanhakartano.....	93
8.2 Keski-Pohjanmaa .....	95
8.3 Savon kohteet.....	96
8.4 Viron kohde.....	96
8.5 Tulosten tarkastelu.....	99
<b>9. Eri ojitusmenetelmien kustannukset.....</b>	<b>99</b>
<b>10. Johtopäätökset .....</b>	<b>102</b>
10.1 Salaojituksen toimivuus .....	102
10.2 Ojituksen vaikutukset satoon.....	104
10.3 Ravinnehuhtoumat.....	104
<b>11. Yhteenveto.....</b>	<b>106</b>
<b>Kirjallisuus.....</b>	<b>109</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>113</b>
Salaojituksen tutkimusyhdistyksen tiedotteet.....	158

# Pellon vesitalouden optimointi

Loppuraportti 2010

## Esipuhe

Tässä loppuraportissa esitetään tutkimushankkeen ”Pellon vesitalouden optimointi” (PVO) lähtökohdat, tavoitteet, käytetyt menetelmät sekä tutkimuksen tulokset.

Hankkeen ohjausryhmä koostui seuraavista henkilöistä: Markku Järvenpää puheenjohtaja (MTT), Ville Keskisarja (MMM), Sini Wallenius (MMM), Helinä Hartikainen (HY), Tarmo Luoma (Työtehoseura), Holger Falck (SLC), Erkki Aura (MTT, eläk.) Olavi Rautiainen (Maanrakenne- ja vesitaloussuunnittelu O&M Oy), Hannu Kolehmainen (Savon Salaoja Oy), Kimmo Oravuo (Köyliön Vanhakartano) ja Rauno Peltomaa sihteeri (Salaojayhdistys).

Tutkimusryhmässä ovat toimineet Pertti Vakkilainen tutkimuksen vastuullisena johtajana (Salaojituksen tutkimusyhdistys), Rauno Peltomaa varapuheenjohtajana (Salaojayhdistys), Maija Paasonen-Kivekäs (TKK, Sven Hallinin tutkimussäätiö), Merja Myllys (MTT), Laura Alakukku (HY), Markku Puustinen (SYKE), Jari Koskiahho (SYKE), Jyrki Nurminen (Salaojayhdistys) ja Helena Äijö sihteerinä (Salaojayhdistys).

Tutkimuksessa perustettiin koekenttä Jokioisten kartanon maille Jokioisiin ja Gårdskulla Gårdin tilalle Siuntioon. Jankkurointia tutkittiin olemassa olevalla MTT:n Sotkamon tutkimusaseman koekentällä. Salaojia ja maan ominaisuuksia tutkittiin useilla tiloilla eri puolilla Suomea. Nummelan ja Sotkamon koekenttien viljelytöistä vastasi Jokioisten kartanot ja Gårdskullan Gårdin koalueiden viljelystä tilanomistajat Gustav ja Henrik Rehnberg.

MTT:n koekenttien kenttätöiden toteutuksesta, näytteiden analysoinnista ja koekenttien hoidosta vastasivat MTT:ssa tutkimusmestarit Marja-Liisa Westerlund, Ilkka Sarikka, Matti Ylösmäki ja Pekka Heikkinen. Gårdskulla Gårdin vesinäytteet analysoi erikoislaboratoriomestari Aino Peltola Teknillisessä korkeakoulussa ja koekentän hoidossa avusti laboratoriomestari Matti Keto. Jokioisten ja Gårdskulla Gårdin koekenttien instrumentoinnin teki Pertti Hyvönen Pythagoras Oy:stä. Biometrikko Lauri Jauhiainen vastasi mittausaineistojen tilastollisista testauksista. Loppuraportin taitosta on huolehtinut HM Juha Peltomaa.

Hanketta rahoittivat Salaojituksen tutkimusyhdistys, maa- ja metsätalousministeriö, mukana olleet tutkimuslaitokset ja Sven Hallinin tutkimussäätiö.

Kiitämme kaikkia myönteisestä suhtautumisesta tutkimushankkeeseen ja hankkeen hyväksi tehdystä työstä sekä tutkimuksen rahoittajia. Erityiskiitokset esitämme tutkimuksessa mukana olleiden maatilojen isäntävälle myönteisestä suhtautumisesta hankkeeseen.

# I. Johdanto

## I.1 Tausta

Salaojituksen tutkimusyhdistys haki tutkimushankkeelle ”Pellon vesitalouden optimointi” (PVO) osarahoitusta maa- ja metsätalousministeriöstä (MMM) syksyllä 2005. Hankkeen pääpaino oli hakemuksessa suomalaisten savimaiden tiivistymis- ja kuivatusongelmien selvittäminen ja ratkaisujen hakeminen. Hankesuunnitelmaan sisältyi myös ravinteiden huuhtoutumisen ongelmat. Samana syksynä alkoi keskustelu MMM:n salaojitusta koskevien laatuvaatimusten aikaansaamisesta. Laatuvaatimukset oli jostain syystä poistettu pari vuotta aikaisemmin investointituen ehdoista. MMM asetti työryhmän selvittämään laatuvaatimuksia. Työryhmään kutsuttiin jäseniä MMM:stä, Teknillisestä korkeakoulusta, Helsingin yliopistosta, MTK:sta ja Salaojaurakoitsijat ry:stä ja pysyviä asiantuntijoita Etelä-Pohjanmaan TE-keskuksesta ja Salaojakeskuksesta (nykyinen Salaojajayhdistys). Työryhmä kokoontui 12 kertaa ja siinä käytiin vilkasta keskustelua erityisesti salaojien ympärysaineen ja esipäällysteen laatuvaatimuksista. Työryhmä antoi mietintönsä keväällä 2006 ”Valtion varoin tuettavan salaojituksen ehdot – peltoviljelyn ravinnepäästöjen vähentäminen” (MMM:n työryhmämuistio 2006:3).

Työryhmän esityksen pohjalta MMM antoi 21.3.2006 asetuksen (MMM:n asetus 204/2006) tuettavan peltosalaojituksen laatuvaatimuksista ja tukikelpoisista enimmäiskustannuksista (Maa- ja metsätalousministeriö 2006). MMM:n esityksestä Salaojituksen tutkimusyhdistyksen aiemmin tekemään tutkimushankkeeseen lisättiin kohta, jossa tutkitaan ohuempaa esipäälllystettä kuin MMM:n silloisessa asetuksessa edellytettiin. Valtioneuvosto antoi asetuksen (322/2006) tutkimushankkeeseen kuuluvan salaojituksen tukemisesta (Valtioneuvosto 2006). Sen mukaan ojituksille, jotka eivät täytä laatuvaatimuksia, mutta hyväksytään mukaan PVO-tutkimushankkeeseen, voidaan myöntää investointitukea. Edellä mainitulla osatutkimuksella vahvistettu PVO-hanke alkoi kesällä 2006.

Asetukseen 204/2006 tuli lokakuussa 2008 muutosasetus (647/2008), jonka mukaan tietyissä tilanteissa voidaan poiketa asetuksessa 204/2006 annettujen ympärysaineen paksuuden ja huokoskoon vaatimuksista.

## I.2 Tavoitteet

Hankkeen tavoitteet olivat:

- Selvittää erilaisilla salaojarakenteilla, ojaväleillä ja jankkuroinneilla toteutettujen salaojitusten vaikutuksia maan vesitalouteen ja sitä kautta satoon.
- Selvittää eri menetelmien vaikutusta ravinnehuuhtoumiin.
- Arvioida uusien menetelmien kestoikää ja taloudellisuutta.

Hankkeen yhteydessä tehtiin selvitys aiemmin Suomessa ja muissa maissa tehdyistä salaojatutkimuksista.

## I.3 Hankkeen toteutus

Hankkeen tavoitteiden saavuttamiseksi tehtiin kirjallisuusselvitys ja hyödynnettiin vanhojen koekenttien mittaustuloksia, perustettiin kolme koekenttää, seurat-

tiin uusia ojituskohdeita, joissa käytetään tavanomaisesta ojituksesta poikkeavia menetelmiä sekä kerättiin kokemuksia erilaisilla ympärysaineilla aiemmin tehdyistä ojituksista.

Kirjallisuusselvityksessä keskityttiin salaojituksen teoriaan ja aiemmin tehtyihin tutkimuksiin. PVO-hankkeen väliraportin (Vakkilainen ym. 2008) luvussa 2 on esitetty katsaus salaojituksen kehitykseen ja periaatteisiin sekä ympärysaineiden laatuvaatimusten teoriaan. Suomessa ja muualla aiemmin toteutetuista salaojatutkimuksista tehtiin yhteenveto, joka on esitetty väliraportin luvussa 3.

Vanhoja koekenttiä hyödynnettiin siten, että

- Aurajoen ja Hovin koekenttien mittauksista laskettiin lisää tuloksia.
- Verrattiin tässä tutkimuksessa mitattuja ravinnehuuhtoumia muihin Suomessa tehtyihin mittauksiin.
- Jokioisten MTT:n Kotkanojan huuhtoutumiskentältä selvitettiin salaojituksen pitkäaikaisvaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin (Alakukku ja Turtola 2010). HY:ssa tehtiin aiheesta pro gradu -työ maaperä- ja ympäristötieteeseen (Kainiemi 2009).
- Vihdissä Kemiran Kotkaniemen koetilalla vuonna 1980 tehdyn syväkuohkeutuskokeen pitkäaikaisvaikutuksia selvitettiin yhteistyössä MMM:n osarahoittaman MaSa2- tutkimuksen kanssa (Hänninen ym. 2010, Ristolainen ym. 2010).

Jokioisiin Nummelaan perustettiin koekenttä, jossa tutkittiin kahden täydennysojitusmenetelmän vaikutusta ravinnehuuhtoumiin ja satoon. Kalibrintijakso kesti noin vuoden, jonka jälkeen tehtiin täydennysojitus kesäkuussa 2008 kahdella menetelmällä. Toisessa täydennysojitus tehtiin tavanomaisesti lisäämällä vanhojen imuojen väliin uusi imuoja, jolloin ojaväliksi tuli kahdeksan metriä, ja käyttämällä ympärysaineena soraa. Toisessa menetelmässä tehtiin uusintaojitus, jossa ojaväli oli kuusi metriä, ja ympärysaineena käytettiin Suomen kuituteollisuuden valmistamaa ohutta Fibrella 2160 esipäälllystettä (ks. Luku 1/Liite 1). Jälkimmäisen ojituksen koealueelle tehtiin syyskuussa 2009 maan kohotus (jankkurointi). Vertailualueet jätettiin täydennysojittamatta.

Siuntioon Gårdskulla Gårdiin perustettiin koekenttä kahden suuren (5,7 ha ja 4,7 ha) peltolohkon huuhtoutumien selvittämiseksi. Molemmilla koekentillä mitattiin pinta- ja salaojavalunnan määrää ja laatua sekä sadon määrää. Lisäksi MTT:n koekentällä Sotkamossa perustettiin jankkurointikoe, jossa seurattiin jankkuroinnin merkitystä maan rakenteeseen ja satoon.

Valtioneuvoston asetuksen mukaisissa tilakohtaisissa seurantakohteissa (VNA-kohteet) on tehty uusia ojituksia vuosina 2006–2007 käyttämällä ohutta suojakan-gasta (tuotemerkki: Fibrella 2160), (ks. Luku 1/Liite 1) sekä muita tavanomaisesta ojituksesta poikkeavia menetelmiä. Näiden ojitusten vaikutusta kuivatukseen, satoon ja maan rakenteeseen seurattiin.

Tutkimuksessa kerättiin kokemuksia erilaisilla ympärysaineilla aiemmin tehdyistä ojituksista. Eri menetelmien kestoikää ja taloudellisuutta selvitettiin vertailemalla eri menetelmien nykyisiä kustannuksia.

## 1.4 Yhteistyötahot, rahoitus ja aikataulu

Hankeen koordinaattorina toimi Salaojituksen tutkimusyhdistys ja tutkimuksen



toteuttajina Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT), Teknillinen korkeakoulu (TKK), Helsingin yliopisto, Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja Salaojayhdistys. Sven Hallinin tutkimussäätiö oli mukana hankkeessa vuosina 2009–2010.

Hanke oli alunperin kolmivuotinen, mutta siihen myönnettiin vuoden jatkoaika, ja sen toteutusaika oli 1.1.2006–31.3.2010. Hankkeen kokonaiskustannukset olivat noin 800 000 euroa, ja sen rahoittivat Salaojituksen tutkimusyhdistys (noin 40 %), MMM (vajaa 30 %) ja hankkeeseen osallistuvat organisaatiot (noin 30 %).

## 2. Salaojien ympärysaineet

Ympärysaineella tarkoitetaan tässä yhteydessä välittömästi salaojaputken päälle asennettua soraa tai mursketta tai putken ympärille joko etukäteen tai työn aikana asennettua materiaalia eli esipäällystettä. Ympärysaine-termi on suhteellisen nuori, se on korvannut aiemman yleisesti käytetyn salaojan suodatin-termin. Ympärysaineen teoriaa on käsitelty PVO-hankkeen väliraportissa (Vakkilainen ym. 2008).

### 2.1 Ympärysaineen tarve

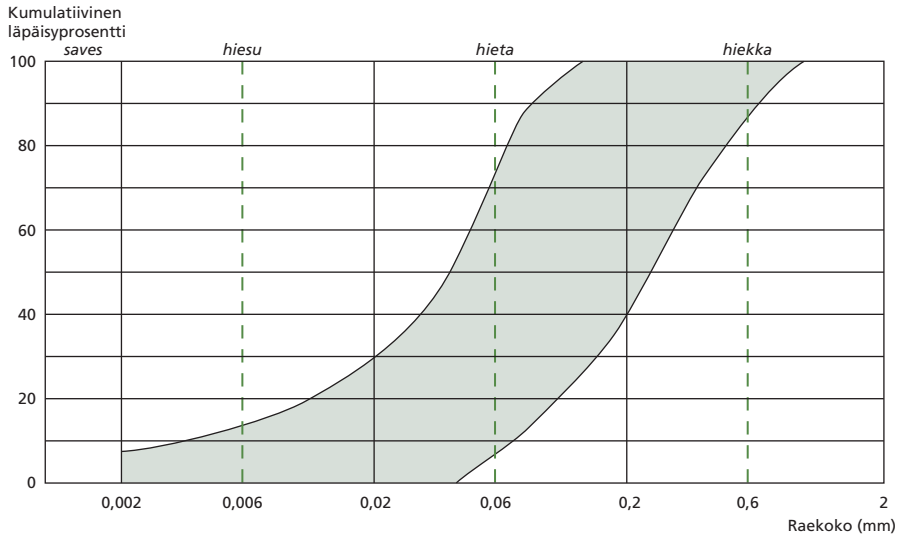
Salaojan ympärysaine tarvitaan seuraaviin tarkoituksiin:

1. Ympärysaine toimii suodattimena. Ympärysaine estää tai rajoittaa maa-aineksen pääsyä putken sisään. Putken asennuksen alkuvaiheessa hienoin kolloidinen maa-aines pääsee putken sisään, mutta ympärysaineen ja kaivannon täytön jälkeen putken liettymistä aiheuttavat hiukkasten liike maaperästä putkeen estyy.
2. Ympärysaine lisää vedenjohtokykyä. Ympärysaineen hyvä vedenjohtokyky pienentää veden virtausvastusta salaojaputkeen saumojen tai reikien läheisyydessä.
3. Ympärysaine toimii mekaanisena suojana. Ympärysaine tukee ja suojaaa putkea maapaineelta ja estää putken särkymistä tai kokoonpainumista.
4. Ympärysaine toimii asennuksen varmistajana. Ympärysaineella varmistetaan, että asennuspohja on tasainen ja että putki asettuu oikeaan paikkaan ja myös pysyy siinä kaivannon täyttämiseen saakka.

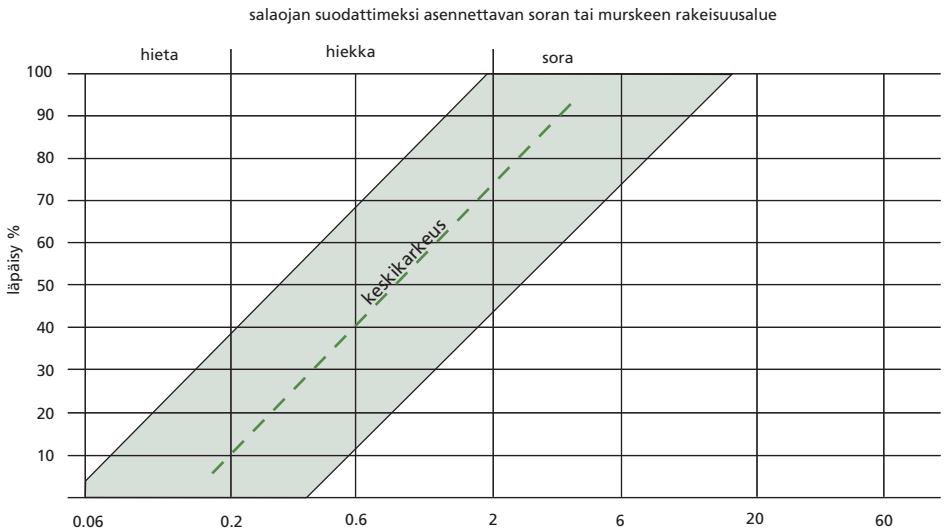
Ympärysaineella tulee olla kaksi vaikeasti yhteen sovitettavaa ominaisuutta, hyvä suodatinominaisuus ja hyvä vedenjohtokyky. Lisäksi ympärysaineen tulisi olla pitkäikäinen sekä itse materiaalina että sen toimivuuden osalta.

**Suodatintarve** on ulkomaisen kirjallisuuden mukaan erityisen suuri seuraavilla maalajeilla: hienot hiedat ja hiue sekä tasarakeiset karkeat hiedat (Vlotman ym. 2003). Näitä maita on Suomessa arviolta 27 % peltoalasta (Puustinen ym. 1994). Kuvassa 2.1 on esitetty kivennäismaiden osalta niiden maalajien rakeisuuskäyrän alue, joilla salaojien suodatintarve on suuri. Käyrän ulkopuolella olevilla mailla sekä turvemaillo salaojien suodatintarve on pieni. Maan rakenne on pelkästään suodatintarvetta ajatellen riittävän stabiili, jos sen savespitoisuus on vähintään 30 %. Salaojasoralle on määritetty rakeisuuskäyrä (kuva 2.2).

Eroosioherkin alue on ympärysaineen ja maaperän rajapinta. Ympärysaineen paksuuden suhteen yleisohjeena on, että mitä paksumpi ympärysaine on, sitä karkeampaa se saa olla. Karkeilla ympärysaineilla kuten soralla maa-aineksen pidättymistä tapahtuu siltaefektin ansiosta myös ympärysaineen sisällä. Siltaefektiksi kutsutaan



**Kuva 2.1.** Tummennetulla alueella on niiden maiden rakeisuuskäyrän alue, joilla salaojien suodatintarve on suuri (Peltomaa 2009).



**Kuva 2.2.** Välttämättä putken suojaksi asennettavan soran tai murskeen tulee sisältää kuvassa rajatun rakeisuusalueen raekokoja tasaisesti. Tämä ehto täyttyy riittävästi silloin, kun seulontakäyrä ei leikkaa keskikarkeuden viivaa.

ilmiötä, jossa maapartikkelit muodostavat ympärysaineessa holvirakenteita, jotka estävät niiden etenemistä ympärysaineessa. Siltaefektin aikaansaaminen edellyttää suodattimen huokoskoolta ja perusmaan raekoolta tiettyä suhdetta. Karkeiden ympärysaineiden vähimmäispaksuudeksi suositellaan 75 mm.

Esipäällysteet jaetaan materiaalin alkuperän mukaan orgaanisiin ja synteettisiin esipäällysteisiin. Orgaaniset päällysteet ovat tavallisesti vähintään 4 mm paksuja, kun synteettisistä aineista voidaan valmistaa hyvinkin ohuita esipäällysteitä. Euroopassa peltosalaojituksissa käytetyt esipäällysteet ovat nykyisin pääasiassa valmistettu kookoskuidusta tai mattoteollisuuden ylijäämäkuidusta.

Salaojituksessa käytetyille orgaanisille esipäällysteille ei ole yhtä kattavia tes-

tausmenetelmiä kuin maa- ja vesirakentamisessa laajasti käytössä oleville synteettisille geotekstiileille. Orgaanisten esipäälysteiden kriteerit perustuvat ensisijassa niiden paksuuteen, painoon ja huokoskokokoon. Huokoskokojakautuman osalta kriittisenä arvona käytetään seulontatestillä mitattavaa  $O_{90}$ -arvoa. Arvo ilmaisee sen huokoskoon, jota pienempiä huokosia esipäälysteessä on vähintään 90 % koko huokoskokojakautumasta. Suodatinominaisuuksien osalta peltosalaojituksessa suositeltavat  $O_{90}$  arvojen tulisi olla 300–1100  $\mu\text{m}$ :n välillä. Tällaisten esipäälysteiden soveltuvuus eri maalajeille määritellään esipäälysteen  $O_{90}$ - ja maaperän  $d_{90}$ -arvojen suhteella. Suhteen arvo on riippuvainen esipäälysteen vahvuudesta. Jos esipäälysteen vahvuus on vähintään 5 mm, suhde ei saa ylittää viittä. Jos on kysymys 1–5 millin vahvuisesta esipäälysteestä, suhdeluvun tulee olla 2,5–5. Alle 1 mm:n vahvuisilla esipäälysteillä sen on oltava alle 2,5. Näillä suhteen arvoilla varmistetaan esipäälysten riittävä suodatuskyky.

Vedenjohtavuuden osalta ei ole erillisiä kriteerejä, koska edellä mainituilla  $O_{90}$ -arvojen rajauksella hydraulinen johtavuus on riittävän suuri. Mikäli esipäälysteen  $O_{90}$ -arvo on alle 200  $\mu\text{m}$ , sen hydraulinen johtavuus rajoittaa veden liikkumista ja päälysteen tukkeutumisen riski on suuri.

Esipäälysteiden mekaaninen kestävyys riippuu niiden materiaalista. Orgaanisten päälysteiden käytössä tulee lisäksi huomioida muu käyttöympäristö. Niiden hajoaminen saattaa tapahtua muutamassa vuodessa, jos maaperän pH ja lämpöolosuhteet ovat lahoamiselle suotuisat.

Ympärysaineen **vedenjohtokyky** riippuu sen huokoskokojakaumasta ja paksuudesta. Mitä huonompi on ympärysaineen ja maaperän vedenjohtokyky sitä tiheämmin on salaojat asennettava tietyn kuivatustehokkuuden saavuttamiseksi. Aiemmin kun työn osuus salaojituksessa oli nykyistä suurempi, pyrittiin minimoimaan ojaväli ja saavuttamaan riittävä kuivatus lisäämällä vedenjohtokykyä salaojasoralla.

Nykyisin salaojasoran kustannusten noustua kustannussäästöjä on etsitty tiheästä ojavälistä yhdistettynä soraa halvempien esipäälysteiden käyttöön. Yhdistelmän toimivuus riippuu oleellisesti maaperän vedenjohtavuudesta. Tiiviit savimaat ja maatuneet turpeet ovat huonon vedenjohtavuutensa vuoksi haastavimpia. Eri tekijöiden vaikutusta ojaväliin voidaan määrittää laskennallisesti esim. Hooghoudtin kaavalla. Ympärysaineen paksuuden vaikutusta ojaväliin on tarkastellut muun muassa Karvonen ja Vakkilainen (1989): Esimerkiksi kun maalajin hydraulinen johtavuus on  $0,45 \text{ m d}^{-1}$  (karkea hietä), salaojaputken koko 50 mm, kuivavara 0,5 m, ojasyvyys 1,0 m ja läpäisemättömän kerroksen syvyys 3,0 m ja ympärysaineen hydraulinen johtavuus  $10 \text{ m d}^{-1}$ , saadaan ojaetäisyydeksi ilman ympärysainetta 18,2 m. Ympärysaineet, joiden paksuus on 10 mm, 25 mm ja 50 mm, antavat ojaetäisyyksillä 21,5 m, 22,8 m ja 24,2 m saman kuivatustehokkuuden.

FAO:n raportissa (Molen ym. 2007) todetaan, ettei ole helppoa asettaa salaojituksen ympärysaineelle vaatimuksia, mutta maaperän savespitoisuuteen ja raekokojakaumaan perustuvia ohjeita on olemassa. Raportissa todetaan, että salaojasora on erinomainen ympärysaine, mutta nykyisin monin paikoin kallista. Orgaaniset aineet saattavat hajota ajan myötä, ja synteettiset geotekstiilit ovatkin siitä syystä yleisty-mässä. Ympärysaineen tulee myös täyttää tiettyjä teknisiä vaatimuksia kuten paksuus, ominaispaino, huokoisuus ja hydraulinen johtavuus. Ympärysaineita koskevia ohjeita on olemassa, mutta materiaalit on kokeiltava kentällä paikallisissa olosuh-teissa, ennen kuin niitä voidaan laajemmin ottaa käyttöön. (Molen ym. 2007)

## 2.2 Tutkimustietoa Suomessa ja muualla

Ympärysainetutkimus aloitettiin Suomessa vuonna 1926 Salaojitusyhdistyksen perustamalla Jokioisten ja Porvoon koekentillä. Jokioisten koekentän maalaji oli aitosavea ja Porvoon urpasavea. Tutkimuksissa selvitettiin mm. oljen, turpeen, soran ja ruokamullan ominaisuuksia ympärysaineena. Tarkastettaessa salaojaputkistoa 10 vuotta ojituksen jälkeen Porvoon koekentällä mitään selvästi näkyvää eroa ei ympärysaineiden lahoamisessa ollut havaittavissa. Ruokamulta oli menettänyt multavuuttaan, oljet olivat säilyneet varsin hyvin, vaikka niiden lahoamisen alkaminen oli nähtävissä ja turpeen maatumisaste oli muuttunut H2:sta H4:ään (Keso 1940). Jokioisten tutkimuksen tuloksia ei tiettävästi ole julkaistu.

1930-luvulla Keso teki laboratoriotutkimuksia veden pääsystä salaojiin ja selvitti mm. ympärysaineen vaikutusta putkisaumojen vedenläpäisykykyyn. Tutkimuksen mukaan saumarakojen kautta virranneen veden määrä suojaamattomaan putkeen verrattuna väheni 2–3 %, kun ympärysaineena käytettiin 4–5 cm luonnon soraa ja 5–10 % kun käytettiin turvetta, jonka maatumisaste oli H3 (Keso 1938). Keso suosittelikin turvepehkun ja ruokamullan käytön välttämistä ympärysaineena (Keso 1951).

Vuonna 1953 Suomessa selvitettiin eri salaojitusyömailla käytetyn salaojasoran raekokokoostumusta 500 eri näytteestä (Juusela 1958). Silloin soran tuli ohjeiden mukaan olla raekooltaan 0,5–3 mm. Selvityksessä kävi ilmi, että käytetty sora sisälsi keskimäärin yli 40 % yli 3,0 mm raekokoa. 1960-luvulla tehdyssä laboratoriotutkimuksessa verrattiin suojaamattomassa 40 mm:n tiiliputkisalaojassa virtaavaa vesimäärää vastaavissa olosuhteissa olleen soralla suojatun salaojan vesimäärään. Sorakerros (5 cm, raekoko 2–4 mm) vähensi virranneen veden määrää noin kolmanneksella (Pälikkö 1962). 1970-luvun alussa Rathmayer (1971) selvitti VTT:n geoteknisessä laboratoriossa suomalaisille maalajeille soveltuvia salaojasoran laatuja. Vuonna 1977 julkaistiin ”Peltosalaojituksen työselostuksessa” salaojasoran laatuvaatimukset, jotka lienevät osittain muotoutuneet Rathmayerin tutkimusten pohjalta. 1970-luvun lopussa Teknisessä korkeakoulussa tutkittiin putkien vedenottokyvyn riippuvuutta putkia ympäröivän maa-aineksen rakeisuudesta ja tiiveydestä (Silfverberg 1978, Virtanen ym. 1988).

Lasivillan soveltuvuutta ympärysaineeksi selvitettiin A. Ahlström Oy:n vuonna 1964 Ruotsinpyhtäälle Jokiniemen tilalle perustamalla koekentällä. Paraisten Kalkkivuori Oy aloitti vuonna 1965 sepelin, vuorivillan ja lasivillan toimivuuden tutkimisen Lappeenrannassa Askolan tilalla. Kahden vuoden ajan tehdyt havainnot olivat myönteisiä. Tämä ei kuitenkaan johtanut näiden aineiden hyväksymiseen ympärysaineeksi. Kotimaisten rauta- ja terästeollisuuden kuona-aineiden käyttöä selvitettiin 1980-luvun alussa. Mittausten perusteella kuonamurske nosti salaojaveden pH:ta, joka ruosteongelma-alueella saattoi vähentää raudan saostumista salaojaputkiin. Vuonna 1987 aloitettiin tutkimukset esipäälystettyjen salaojaputkien soveltuvuudesta salaojituksen Suomessa. Tehtyjen esiselvitysten perusteella valtion laina- ja avustusehtoja muutettiin kookoskuidun ja sahanpurun osalta siten, että niitä voitiin käyttää tietyissä olosuhteissa. (Virtanen ym. 1988)

Ympärysaineiden ja kaivannon täytön vaikutusta täydennysojituksen tehokkuuteen tutkittiin MTT:n toimesta Jokioisten savimailla 1980-luvun lopulla (Aura 1990). Tutkimuksessa selvitettiin sorasilmäkkeiden lisäämistä vanhoihin salaojiin sekä soran määrän ja hakkeen tehokkuutta. Näiltä osin yhteenvedossa todetaan

mm., että soran määrän lisääminen 10 cm:stä 20 cm:iin ei tehostanut salaojien toimivuutta. Sen sijaan koko kaivannon hyvä vedenjohtokyky vaikutti täydennysojituksen tehokkuuteen. Haketäyttö 10 cm:n sorastuksen lisäksi piti 16 m:n ojavälikillä pintavedet pois koekentältä.

Jokioisissa Kotkanojan kentällä on mitattu salaojavesien kiintoainepitoisuuksia koalueilta, joissa ympärysaineena on käytetty soraa ja täyttömaana joko puuhaketta tai pintamaata. Kun salaojakaivannoissa oli täyttömaana puuhake, pinnasta irronnut maa-aines kulkeutui verrattain vapaasti salaojiin, kun taas pintamaalla täytetyt salaojakaivannot suodattivat maahiukkasia hieman paremmin (Turtola ym. 2007).

Ympärysaineista Suomessa tehdyistä kokeellista tutkimuksista saatua tietoa on täydennetty ulkomailta tehtyjen tutkimusten perusteella. Suomessa on ympärysaineista tehty muun muassa seuraavat kirjallisuusselvitykset: Erilaatuiset suodatinsorat salaojituksessa (Strandman 1978), muut suodatinaineet salaojituksessa (Muotka 1978), kookoskuidun ominaisuudet salaojan ympärysaineena (Suortti-Suominen 1982), salaojasoran laatuvaatimuksista (Rintanen 1984) ja salaojaputken ympärysaineet (Tiainen 1987). Tyrnävällä perustettiin vuonna 2004 tutkimuslohko, jossa seurattiin ns. rakenneputkituksen toimivuutta. Suunnitelman teki Maanrakenne ja vesitalous O&M Oy ja MTT:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusosaston toimesta mitattiin viljelyn perunasadon määrää ja laatua. Ojaväli oli 4 m, asennussyvyys keskimäärin 95 cm ja ympärysaineena käytettiin suojakangasta (Forsman ym. 2006). Tutkimustuloksia ei ole julkaistu.

Jonssonin (1985) mukaan ympärysaineen tulee täyttää seuraavat ehdot: 1) ympärysaineen paksuuden on oltava vähintään 5–10 mm, 2) ympärysaineen vedenjohdavuuden on oltava vähintään 10–20 kertaa suurempi kuin maa-aineksen, 3) ympärysaineen huokoskokojakauman tulee vaihdella mahdollisimman laajalla alueella.

Ulkomaisista tutkimuksista hollantilaisen Stuyt'in (1992) väitöskirja on yksi perusteellisimmista esipäälysteitä koskevista tutkimuksista. Väitöskirjan aineistona oli muun muassa 1980-luvun alussa perustetut kolme koekenttää, joissa oli käytetty 12 erilaista esipäälystettä. Koalueet sijaitsivat koheesiottomilla maalajeilla, joiden savespitoisuudet olivat alle 10 % ja keskiraekoko 70–120 µm eli maaperän keskiraekoko oli karkeaa hietaa. Tutkimuksessa mitattiin muun muassa asennustarkkuus sekä putken kertyneen maa-aineskerroksen paksuus sekä käytettiin röntgentekniikkaa veden kulkureittien selvittämiseksi.

Väitöskirjan yhteenvedossa todettiin, että

- esipäälysteen tehollinen huokoskoko  $O_{90}$  osoittautui hyväksi esipäälysteen kriteeriksi (arvo ilmaisee sen huokoskoon, jota pienempiä huokosia esipäälysteessä on vähintään 90 % koko huokoskokojakautumasta). Pelto-salaojituksessa sen arvon tulisi olla 300–1000 µm .
- jos salaojitusta käytetään kasteluun, alle 1 mm:n vahvuista esipäälystettä ei tulisi käyttää. Sama suositus koskee olosuhteita, joissa on ruostesaostuman riski.
- salaojien asennus tulee tehdä huolella ja vain riittävän kuivissa olosuhteissa
- kohteissa, joilla on ruostesaostuman muodostumisen vuoksi huuhtelutarvetta, esipäälysteenä tulisi käyttää paksua synteettistä esipäälystettä.

## 2.3 Ympärysaineen ja salaojakaivannon täyttömaan laatu ja niiden toimivuus käytännössä

Suomessa 1800-luvun puolella tehdyissä salaojituksissa tiiliputkien saumakohdat peitettiin sammalilla tai ruohotupoilla. Tämä käytäntö jäi vähitellen pois ja 1900-luvun alussa putket peitettiin ojan seinämästä pudotetulla hienomaakerroksella tai ruokamultakerroksella. Soran käyttöä tiiviissä savi- ja hietamaissa suositeltiin jo silloin. Lautaputkien suojana on käytetty yksinomaan turvetta, joka sopi siihen parhaiten. Salaojayhdistys on perustamisestaan (1918) lähtien pyrkinyt siihen, että tiiliputket suojattaisiin aina soralla.

Soraa on käytetty ympärysaineena myös Ruotsissa. Muualla soraa ei juuri ole saatavissa ja tiiliputkien aikaan ympärysaineena käytettiin ruokamultaa, olkea ym. Norjassa on käytetty ja käytetään edelleen ympärysaineena pääasiassa sahanpurua. Kookoskuidulla esipäällystettyjä putkia käytetään nykyisin maailmalla paljon. Yhdysvalloissa käytetään isoja putkikokoja ja useimmiten ympärysainetta ei käytetä lainkaan.

### Ympärysaineen laatuvaatimukset Suomessa

Suomessa valtio on tukenut salaojitusta 1900-luvun alkupuolelta lähtien. Soraa on suositeltu ympärysaineeksi 1900-luvun alusta lähtien. Valtion tuen myöntämisen edellytyksenä oli Salaojitusyhdistyksen suositusten noudattaminen. Soran käyttö tuli 1930-luvulta lähtien kivennäismailla valtion salaojitustuen edellytykseksi. Salaojitusyhdistyksen toimitusjohtajana toimineen Lauri Keson suositus oli, että soran raekoko oli 0,5–3 mm:n välillä, ja erisuuruisia rakeita oli kaikkia yhtä paljon (Keso 1951).

Vuonna 1981 Salaojakeskuksessa (entinen Salaojitusyhdistys) laadituissa ympärysaineen laatuvaatimuksissa määriteltiin soran seulontakäyrän rakeisuusalue. Jos soran sijaan haluttiin käyttää muuta materiaalia, kuten mineraalivillaa, tekokuittuhoopaa, sahajauhoa tms., sen soveltuvuudesta tuli esittää selvitys työn valvojalle. (Saavalainen 1981)

Vuonna 1991 Salaojakeskuksen julkaisemat vaatimukset soran suhteen pysyivät entisellään, mutta esipäällysteiden osalta minimipaksuusvaatimukseksi tuli 7 mm. Kookoskuidulla ja sahanpurulla esipäällystettyjen putkien käyttö rajattiin maalajin perusteella, ja käytännössä niitä ei saanut käyttää hiesu- ja hietamailla. Ympärysaineena sai kuitenkin käyttää myös sahanpurua tai haketta. Sahanpurun tuli olla karkeata, tuoreesta havupuusta sahattua eikä siinä saanut olla merkittävästi kuorta. Hakkeen tuli olla tasakokoista ja riittävän karkeaa (20 mm). Herkästi liettyvillä mailla täytyi käyttää suodatinominaisuuksiltaan parhaita ympärysaineita. (Saavalainen 1991)

Vuonna 2002 voimaan astuneissa peltosalaojituksen laatuvaatimuksissa vaatimukset soran suhteen pysyivät muuten ennallaan, mutta sitä piti asentaa vähintään 5 cm putken yläpinnan yläpuolelle (RIL 2002). Esipäällysteiden paksuuden tuli olla vähintään 5 mm. Esipäällysteen käyttöä ei enää rajattu maalajin mukaan vaan esipäällysteen huokoskokojakaumaan sekä huokoskoon ja maaperän raekokojakaumaan tuli täyttää tiettyjä ehtoja. Muina ympärysaineina voitiin käyttää ruokamultaa, haketta tai muuta vettä hyvin läpäisevää materiaalia. Suunnitelmassa oli määriteltävä tapauskohtaisesti niiden käyttömahdollisuus joko yksinään tai yhdessä sala-ojasoran tai esipäällysteen kanssa. (RIL 2002)

Maa- ja metsätalousministeriön maatalouden investointituen ehdoista poistettiin vuonna 2004 kokonaan salaojituksen laatuvaatimukset. Päätöksen seurauksena ministeriö perusti työryhmän, jonka työn tuloksena valtioneuvosto vahvisti vuonna 2006 asetuksen, jossa määriteltiin valtion tukeman salaojituksen laatuvaatimukset (Maa- ja metsätalousministeriö 2006). Niiden mukaan salaojaputki tulee aina suojata ympärysaineella ja kaivanto täyttää ruokamullalla tai muulla pohjamaata paremmin vettä läpäisevillä materiaalilla. Ympärysaineiden valinnassa tulee ottaa huomioon vallitseva maalaji, asennusolosuhteet ja salaojituksen käyttömuodot sekä pohjaveden rautapitoisuus. Rakeisuuskäyrä, jonka ympärysaineena käytettävän soran tai murskeen rakeisuuden tulee täyttää, muutettiin hieman edellisistä laatuvaatimuksista. Käytettäessä soraa ympärysaineena, sitä on oltava vähintään 8 cm putken yläreunan yläpuolella. Tarvittaessa putki tulee suojata soralla myös putken alapuolelta. Asetuksen mukaan esipäällysteiden paksuus salaojaan asennettuna tulee olla vähintään 3,0 millimetriä. Esipäällysteiden huokoskoon tulee olla hieta-, hiue- ja hiesumailta 450–1 000 mikrometrin välillä ja muilla maalajeilla vähintään 200 mikrometriä.

Toukokuussa 2008 valtioneuvosto antoi asetuksen (Valtioneuvosto 2008a), joka vastasi MMM:n 2006 antamaa asetusta laatuvaatimuksista. Lokakuussa 2008 valtioneuvosto täydensi laatuvaatimuksia (Valtioneuvosto 2008b) siten, että esipäällysteidenä voidaan käyttää suojakangasta, jonka neliöpaino on vähintään 40 grammaa ja jossa orgaanisen aineksen osuus on 40–50 % ”tiheässä salaojituksessa”, jota ei erikseen määritelty.

## Sora

Suomessa on lähes kaikissa peltosalaojituksissa (noin 1,3 milj. ha) käytetty ympärysaineena soraa. Sora asennetaan putken päälle ja sivuille, koska se on käytännössä vaikea asentaa kokonaan putken ympärille. Ojasyvyys on keskimäärin ollut 1,0 m (Etelä-Suomessa) ja 1,2 m (Pohjois-Suomessa). Ojaväli on vaihdellut maalajin mukaan 14 metristä 60 metriin. Maan tiivistymisestä ja painumisesta johtuen osa pelloista on jouduttu täydennysojittamaan. Nykyisin suositellaan koneiden vaatiman kantavuuden takia aikaisempaa pienempää ojaväliä, 8 metristä 24 metriin. Tarvittavan ojavälin valinnassa otetaan aiempaa enemmän huomioon pellon viljelyn vaatimukset ja salaojarakenne.

Salaojasoran koostumukselle on määritetty rakeisuusalue, joka on pysynyt melko muuttumattomana 1930-luvulta saakka (kuva 2.2). Kaivannon täytössä on sora-  
tuksen lisäksi suositeltu myös ruokamullan käyttöä sen hyvän vedenläpäisevyyden takia. Kuivatustehokkuuden parantamiseksi savimailla on yleistynyt myös sora-  
sil-  
mäkkeiden käyttö, jossa kaivanto täytetään soralla muokkauskerrokseen asti tiet-  
tyin välimatkoin (esim. 10 m).

Kivimurskeen käyttö soran korvaajaksi on tulossa varsinkin alueilla, joilla soran saatavuus on huono ja pitkä kuljetusmatka nostaa soran hinta. Murskeen rakeisuus-  
käyrän tulee täyttää samat vaatimukset kuin soran. Eri raekokojen esiintyminen  
murskeessa on tärkeää. Murskeita käytettäessä suurimpien ongelmien on todettu  
johtuneen jonkin raekoon puuttumisesta.

Kokemusten mukaan sora on toiminut ympärysaineena hyvin. Ruostealueilla salaojaputkia joudutaan kuitenkin huuhtelemaan, koska ruostetta kertyy putkiin. Nykyiset kuivatusongelmat johtuvat pääosin maan tiivistymisestä, jolloin kuiva-  
tustilan parantamiseksi tarvitaan täydennysojitusta.

## Esipäällysteet

Aallotettujen muoviputkien ja aurasalaojittustekniikan markkinoille tulon myötä lisääntyi esipäällystettyjen putkien tarjonta myös Suomessa 1980-luvulla. Esipäällysteenä käytettiin tuolloin muun muassa orgaanisia aineita, kuten kookoskuitua, turvekuitua, olkea, pellavakuitua tai synteettisiä kuituja. Peltosalaojituksissa käytetyt esipäällysteet ovat viime vuosina olleet Euroopassa pääasiassa kookoskuidusta tai mattoteollisuuden ylijäämäkuidusta valmistettuja. Salaojituksessa käytettäville esipäällysteille ei ole yhtä kattavia laatuvaatimuksia kuin maa- ja vesirakentamisessa laajasti käytössä oleville geotekstiileille. Orgaanisten esipäällysteiden kriteerit perustuvat ensisijassa paksuuteen, painoon ja huokoskokoon. Esipäällysteiden mekaanisen kestävyys tulee olla riittävä. Lisäksi orgaanisten päällysteiden hajoaminen saattaa tapahtua muutamassa vuodessa, jos maaperän pH ja lämpöolosuhteet ovat lahoamiselle suotuisat. Orgaaniset päällysteet ovat tavallisesti vähintään neljä millimetriä paksuja, kun synteettisistä aineista voidaan valmistaa hyvin ohuita esipäällysteitä.

### Kookoskuitu

Suomessa eniten käytetty esipäällyste on ollut kookoskuitu, jolla on salaojitettu useita tuhansia hehtaareja. Sen käyttö alkoi 1980-luvun alussa ja keskittyi aluksi Pohjois-Pohjanmaalle. Tuolloin ruosteongelman vuoksi ojitukset tehtiin huollettavuuden helpottamiseksi enimmäkseen ilman kokoojajia niin, että jokaisella imuojalla oli oma laskuaukko. Merkittävä osa näistä ojituksista täydennettiin sittemmin kokoojajilla ja säätökaivoilla, kun säätösalausjärjestelmä yleistyi 1990-luvun jälkipuoliskolla. Siinä yhteydessä esipäällysteen toimivuudesta saatiin runsaasti havaintoja käytännössä (Haataja 2009). Havaintojen perusteella voitiin todeta, että esipäällyste oli lahonnut sitä enemmän, mitä lähempänä se oli jokirantaa tai valtaojaa. Maalajit ovat pääasiassa hietaa. Havainto on yhdenmukainen hollantilaisten tutkimusten (Stuyt 1992) kanssa, joissa kookos lahosi kokonaan muutamassa vuodessa lahoamiselle otollisissa olosuhteissa. Esipäällysteen lahoamisesta huolimatta merkittäviä liettyimiä putkissa ei havaittu (Haataja 2009). Myös päinvastaisia havaintoja on tehty. Kookosesipäällysteen lahoamisesta aiheutunutta putken liettymistä ja siitä johtuneita kuivatusongelmia havaittiin Lapualla erällä loholla, jonka maalaji on hiesu (Pelanteri 2009).

Länsi-Uudellamaalla on noin 20 vuoden ajan yleisesti käytetty kookoksella esipäällystettyjä putkia ja hakkeella täytettyjä kaivantoja. Kokemukset ovat osoittaneet, että ruostealueilla tämä menetelmä aiheuttaa vähemmän saostumia kuin käytettäessä ympärysaineena soraa (Karell 2009, von Frenckell 2009). Luvussa 7 on esitetty PVO-hankkeessa seurannassa ollut Kirkkonummella sijaitseva Lill-Nägelin tila, jonka ojituksessa on käytetty kookoskuidulla esipäällystettyjä putkia ja täyttömaana haketta.

### Muut esipäällysteet

Kymmenkunta vuotta sitten alettiin käyttää esipäällysteenä ohutta kuitukangasta. Tuotteen valmistaja on Suominen kuitukangas Oy Nakkilassa ja se tunnetaan tuotemerkillä Fibrella. Tällä tuotteella esipäällystettyjä salaojituksia on arviolta muutama tuhat hehtaaria. PVO-tutkimuksen yhteydessä VTT:llä teetettiin analyysi esipäällysteenä käytetystä kuitukankaasta (Fibrella 2150), (ks. Luku 1/liite 1). Muiden



esipäällysteiden käyttö on ollut huomattavasti vähäisempää. Niistä merkittävimpiä ovat olleet Keski-Euroopasta ostetut putkierät, jotka ovat olleet päällystetyt pak-sulla synteettisellä esipäällysteellä.

Suomessa on vähäisessä määrin tehty salaojituksia myös kokonaan ilman esipääll-lystettä. Ympärysaineena on tällöin toiminut putken suojaksi asennettu ruokamulta.

### 3. Valunta ja kuormitus vanhoilla tutkimusalueilla

Tässä luvussa tarkastellaan valuntaa, valuntareittejä sekä kuormitusta muokkaus-kerroksen ylemmässä kerroksessa (0–10 cm), alemmassa kerroksessa (10–25 cm) ja salaojissa kolmella koekentällä sekä Hovin pienellä valuma-alueella (Taulukko 3.1). Muokkauskerroksen ylemmän kerroksen valunta käytännössä vastaa pintava-luntaa. Alemman kerroksen valunta tapahtuu muokatun ja muokkaamattoman ker-roksen rajapinnassa. Näistä muodostuu koko muokkauskerroksen valunta eli pin-takerrosvalunta. Täysin muokkaamattomaan maahan tällainen tarkastelu ei sovellu, jos säännöllisen muokkauksen aiheuttamat kerrokset ja niiden väliset rajapinnat ovat kadonneet ja koko ruokamultakerroksen rakenne on muuttunut huokoskoos-tumukseltaan homogeenisemmaksi.

Muokkauskerroksen valunnasta ja salaojavalunnasta muodostuu koekentiltä mitattu vuosivalunta (Taulukko 3.2). Koejärjestelyistä johtuen pohjavesivalunta ei sisälly koekenttien vuosivaluntaan, joskin Hovin valuma-alueelta tuleva virtaama sisältää myös pohjavesivaluntaa.

Peltojen valunnasta tapahtuu syksyllä keskimäärin 30–40 %, keväällä 30–50 % ja talvella 10–30 %. Kasvukauden ulkopuolella tapahtuvan valunnan osuus on käytän-nössä siis yli 90 % koko vuoden valunnasta. Tällä on keskeinen merkitys kiintoaine-ja ravinnekuormituksen vuodenaikaisjakaumaan. Valunnan vuodenaikaisjakaumia käsiteltiin tarkemmin PVO-hankkeen väli raportissa (Vakkilainen ym. 2008).

Taulukko 3.1. Tarkasteltavien koalueiden ominaisuuksia.

Koealue	Koealueen ominaisuus ja mittaukset						
	Maalaji		P-luku mg l <sup>-1</sup>	Pinta-ala (ha)	Kaltevuus (%)	Muokkaus./ Salaojaval.	Perustamis- vuosi
	Muokkaus.	Jankko					
Liperi	As	As	2	0,86	< 0,5	+/+	1978
Kotkanoja	As	As	3,5	1,75	2	+/+	1975
Aurajoki	HeSa	As	22	1,05	7–8	+/-	1989
Hovi	As	As	10	12,0	2,8	+/+	1962

Vuoden pituiset, vuosien 1990–1994 ja 1997–2002 aikana havaitut tarkastelujak-sot alkavat syyskuun alusta ja päättyvät seuraavan vuoden elokuun loppuun. Tässä tarkastelussa vuodet jaettiin säätyypin mukaan leutoihin ja kylmiin. Leudot vuodet (tai kuormittavat vuodet) sisältävät hyvin leutoja ja sateisia talvia, joita usein edel-tää sateinen syksy. Kylmät vuodet sisältävät normaalin kylmän ja lumisen talven ja usein niitä on edeltänyt kuiva syyskausi. Tämän luvun tarkastelu ja johtopäätökset perustuvat laajempaan koekenttäaineistoon kuin mitä tässä yhteydessä on mahdol-lista kuvina ja taulukoina esittää.

### 3.1 Valunta

Aurajoen koekentällä mitataan vain muokkauskerroksen valuntaa, mikä muodostuu ylempään (0–10 cm) ja alemman (10–25 cm) kerroksen valunnasta. Kotkanojan, Liperin ja Hovin valunta koostuu koko muokkauskerroksen valunnasta ja salaajavalunnasta (Taulukko 3.2).

*Aurajoen koekentällä* muokkauskerroksen koko valunta kynnetyissä ruudussa (228–239 mm) on suurempi kuin sängellä (189–222 mm) ja nurmella (206–212 mm). Kynnetyissä maassa muokkauskerroksen ylempään kerroksen osuus on leutoina vuosina keskimäärin 10 %-yksikköä pienempi, sängellä pysyy ennallaan ja nurmella 10 %-yksikköä suurempi kuin kylminä vuosina. Koko muokkauskerroksen valunta on kynnetyissä ruudussa ja sängellä leutoina vuosina hiukan suurempi ja nurmella hiukan pienempi kuin kylminä vuosina. Leutoina vuosina sängellä ja nurmella pintavalunta on 17–20 mm suurempi ja kynnetyllä 16 mm pienempi kuin kylminä vuosina.

*Kotkanojan koekentällä* mitattu leutojen vuosien keskimääräinen kokonaisvalunta (muokkauskerros- ja salaajavalunta) on 90 mm suurempi ja kylminä vuosina samalla tasolla kuin Aurajoella. Kotkanojalla leutojen talvien vuosina kokonaisvalunta on merkittävästi suurempi (65–135 mm) kuin kylmien talvien vuosina. Kun salaajavalunnan osuus kokonaisvalunnasta myös kasvaa leutoina vuosina tästä seuraa salaajavaluntojen merkittävä kasvu (68–179 mm). Vastaavasti muokkauskerroksen valunta leutoina vuosina pieneni nurmella (45 mm), pysyi ennallaan kynnetyissä maassa ja kasvoi sängellä (35 mm). Kasvanut sadanta muuttui siten lähes suoraviivaisesti salaajavalunnaksi.

*Liperin koekentällä* valunta on muita koekenttiä korkeampi. Leutoina vuosina valunta on suurempi kuin kylminä vuosina. Kynnetyissä ruudussa valunta on suurempi kuin sängellä ja nurmella. Liperissä koekentän valunta on yli 90 %:sti salaajavaluntaa.

Taulukko 3.2. Valunta (mm) ja sen jakauma valuntareitteihin (%) koekentillä/valuma-alueilla erityyppisinä vuosina. Aurajoen valuntareitit muokkauskerroksen ylempi kerros (mk-ylä) ja alempi kerros (mk-ala), Kotkanojan ja Hovin valuntareitit: koko muokkauskerros (mk) ja salaaja (sala).

Käsittely	Valuntareitti	Koekenttä/vuosityyppi						Hovin valuma-alue/vuositt.	
		Aurajoki		Kotkanoja		Liperi		Leuto	Kylmä
		Leuto	Kylmä	Leuto	Kylmä	Leuto	Kylmä		
Kyntö	mk-ylä/mk (%)	49	58	15	21	< 10	< 10		
	mk-ala/sala (%)	51	42	85	79	> 90	> 90		
	<b>Yhteensä mm</b>	<b>239</b>	<b>228</b>	<b>291</b>	<b>226</b>	<b>416</b>	<b>432</b>		
Sänki	mk-ylä/mk (%)	64	64	42	45	< 10	< 10		
	mk-ala/sala (%)	36	36	58	55	> 90	> 90		
	<b>Yhteensä mm</b>	<b>222</b>	<b>189</b>	<b>312</b>	<b>206</b>	<b>309</b>	<b>303</b>		
Nurmi	mk-ylä/mk (%)	61	51	35	82	< 10	< 10		
	mk-ala/sala (%)	39	49	65	18	> 90	> 90		
	<b>Yhteensä mm</b>	<b>206</b>	<b>212</b>	<b>327</b>	<b>192</b>	<b>307</b>	<b>234</b>		
Keskim.	mk-ylä/mk (%)	58	58	31	49	< 10	< 10	54	59
	mk-ala/sala (%)	42	42	69	51	> 90	> 90	46	41
	<b>Yhteensä mm</b>	<b>222</b>	<b>210</b>	<b>310</b>	<b>208</b>	<b>344</b>	<b>323</b>	<b>314</b>	<b>264</b>

*Hovin pienellä valuma-alueella* mitattu keskimääräinen kokonaisvalunta on leutoina vuosina hieman suurempi (4 mm), mutta kylminä vuosina 56 mm suurempi kuin Kotkanojalla. Lauhoina vuosina Hovissa kokonaisvalunta on 50 mm suurempi kuin kylminä vuosina, jolloin salaojavalunnan osuus kasvoi 5 %-yksikköä.

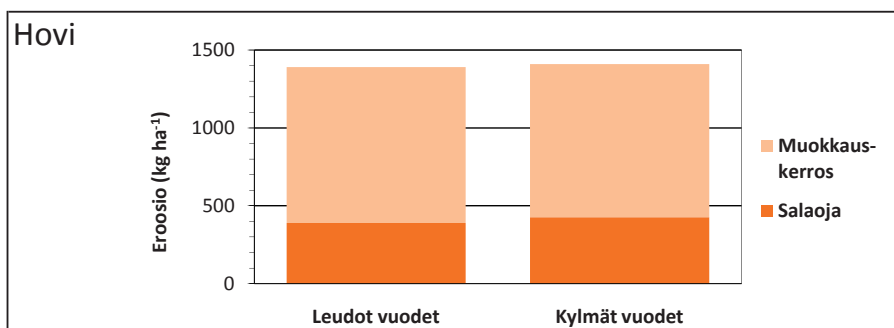
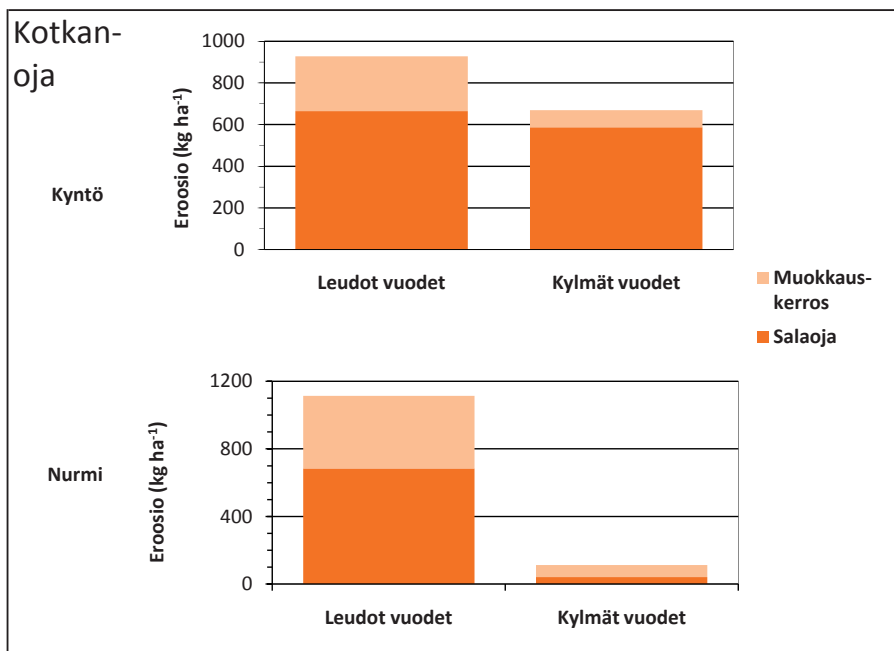
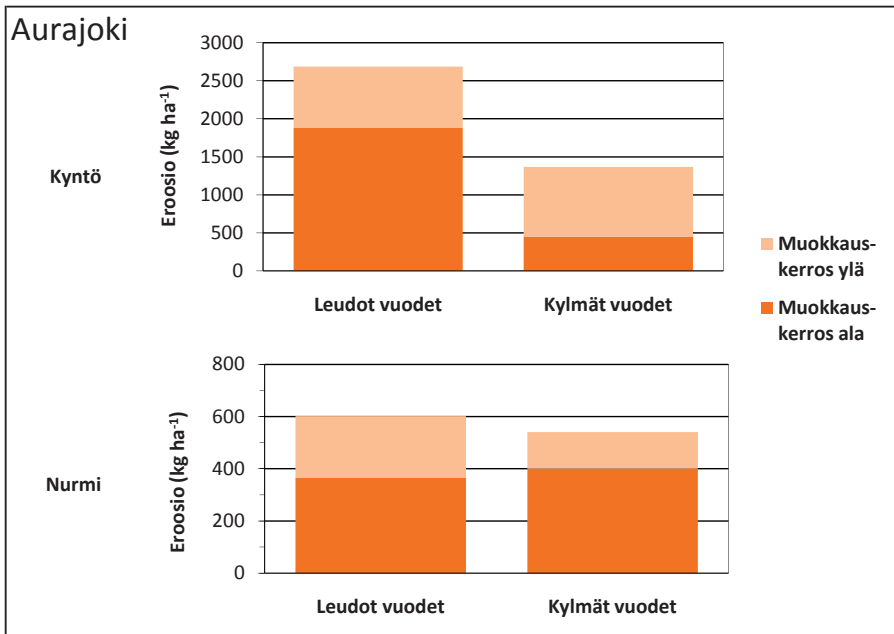
Hovin valunta sisältää pohjavesivaluntaa, minkä vuoksi valunta oli korkeampi kuin Kotkanojalla ja Aurajoella. Samanlainen ilmiö tulee esille myös Savijoen valuma-alueen vuosivalunnoissa (Puustinen ym. 2007), jossa keskimääräinen valunta oli leutoina vuosina 378 mm ja kylminä vuosina 302 mm. Savijoella kokonaisvalunta lauhoina vuosina on 64 mm suurempi ja kylminä vuosina 38 mm suurempi kuin Hovissa. Liperin koekentän muita koekenttiä suurempi valunta johtuu korkeammasta lumen vesiarvosta.

## 3.2 Eroosio ja partikkelifosforin kuormitus

*Aurajoen koekentällä* muokkauskerroksessa alemman kerroksen valunnassa kiintoaineen ja partikkelifosforin (PP) pitoisuudet ovat 2–3 -kertaisia ylemmän kerroksen vastaaviin pitoisuuksiin verrattuna. Ainoa poikkeus on syksyllä kynnetty ruutu, josta kylmän talven jaksoilla ylemmän kerroksen valunnan kiintoaine- ja PP-pitoisuudet ovat 1,5-kertaisia alemman kerroksen pitoisuuksiin verrattuna. Tämä näkyy eroosiossa (Kuva 3.1) ja PP-kuormituksessa, joista ylemmän kerroksen valunnassa tulee ko. vuosina lähes 70 %, kun taas muissa muokkauskesittelyissä ne ovat pääsääntöisesti suurempia alemman kerroksen valunnassa (yli 60 % koko muokkauskerroksen kuormituksesta). Huomattavaa on kuormituslukujen suuri ero menetelmien ja vuosityyppien välillä. Kynnetyissä maassa kylminä ja leutoina vuosina eroosio on 1370–2690 kg ha<sup>-1</sup>, sängellä 480–1050 kg ha<sup>-1</sup> ja nurmella 540–600 kg ha<sup>-1</sup>. PP:n vastaavat kuormitusluvut kynnetyissä ruudussa ovat 2,0–5,1 kg ha<sup>-1</sup>, sängellä 0,81–2,0 kg ha<sup>-1</sup> ja nurmella 0,88–1,0 kg ha<sup>-1</sup>.

*Kotkanojalla* leutoina vuosina kiintoaine- ja PP-pitoisuudet muokkauskerroksen valunnassa ovat kynnetyissä maassa kaksinkertaisia, nurmella 1,2-kertaisia ja sängellä pienempiä kuin salaojavaluntojen vastaavat pitoisuudet. Kylmillä jaksoilla muokkauskerroksen valuntojen kiintoaine- ja PP-pitoisuudet ovat matalammat kuin salaojavalunnoissa. Eroosio ja PP-kuormitus tulevat valtaosin salaojien kautta (Kuva 3.1). Poikkeuksena on nurmi kylminä vuosina, jolloin 63 % kiintoainekuormasta tulee muokkauskerroksen valunnassa. Salaojavalunnan osuus kiinteiden aineiden kuormituksesta vähenee sitä mukaa kun muokkausta kevennetään niin leutoina kuin kylminäkin vuosina. Kynnetyissä maassa kylminä ja leutoina vuosina eroosio on 670–930 kg ha<sup>-1</sup>, sängellä 445–680 kg ha<sup>-1</sup> ja nurmella 110–1110 kg ha<sup>-1</sup>. PP:n vastaavat kuormitusluvut kynnetyissä ruudussa ovat 0,66–0,77 kg ha<sup>-1</sup>, sängellä 0,38–0,71 kg ha<sup>-1</sup> ja nurmella 0,20–0,83 kg ha<sup>-1</sup>.

*Liperissä* muokkauskerroksen valunnan osuus on hyvin pieni, ja pääosa kiintoaineen ja PP:n kuormituksesta tulee salaojien kautta. Muokkauskerroksen valunnan vähäisyydestä johtuen laatuhavaintoja on vähän eikä muokkauskerroksen valunnan ja salaojavalunnan laatuvertailuja voi tehdä. Salaojavalunnan kiintoainepitoisuudet ovat hyvin matalia ja pitoisuuserot vuosityyppien välillä pieniä. Vuosieroosio kylminä ja leutoina vuosina on kynnetyissä maassa 100–130 kg ha<sup>-1</sup>, sängellä 80 kg ha<sup>-1</sup> ja nurmella 60 kg ha<sup>-1</sup> molempina vuosityypeinä. PP-pitoisuudet ovat myös melko matalia ja PP-kuormitus on kynnetyissä maassa 0,33 kg ha<sup>-1</sup> molempina vuosityypeinä, sängellä 0,17–0,2 kg ha<sup>-1</sup> ja nurmella 0,2–0,12 kg ha<sup>-1</sup>.



Kuva 3.1. Kiintoainekuormitus (kg/ha) eri valuntareittejä pitkin Aurajoen ja Kotkanojan koekentillä eri muokkausmenetelmillä ja vuosityypeillä sekä Hovin valuma-alueella eri vuosityypeillä.

*Hovissa* kiintoaine- ja PP-pitoisuudet ovat muokkauskerroksen valunnassa noin 2,5-kertaiset salaojavaluntaan verrattuna. Niinpä kiintoainekuormitus tulee sekä leutoina että kylminä vuosina yli 70 %:sesti pintakerroksen kautta (Kuva 3.1). PP-kuormitus seuraa tarkasti kiintoainekuormitusta ja jakaumat ovat hyvin samanlaisia. Hovissa eroosio on kylminä ja leutoina talvina molempina 1400 kg ha<sup>-1</sup> ja PP-kuormitus 1,3 kg ha<sup>-1</sup>.

Savijoen valuma-alueella (Puustinen ym. 2007) kiintoaine- ja PP-pitoisuudet ovat kylminä vuosina vähän korkeammat kuin leutoina vuosina. Leutojen vuosien suuremmasta valunnasta johtuen kuitenkin eroosio ja PP-kuormitus ovat kylmiä vuosia hiukan suurempia. Keskimääräinen eroosio oli kylminä vs. leutoina vuosina 285–330 kg ha<sup>-1</sup> ja PP-kuormitus 0,45–0,47 kg ha<sup>-1</sup>.

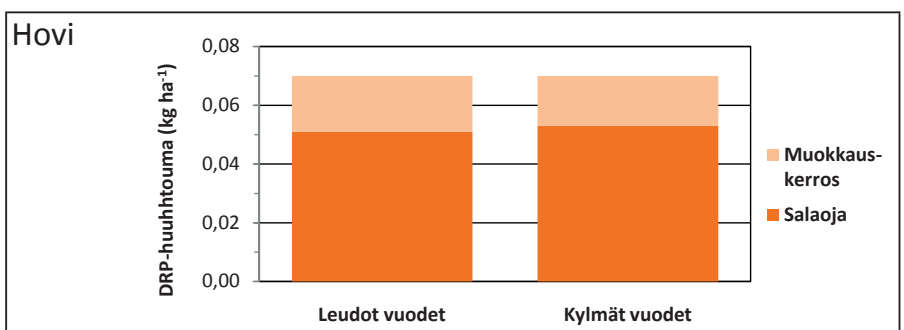
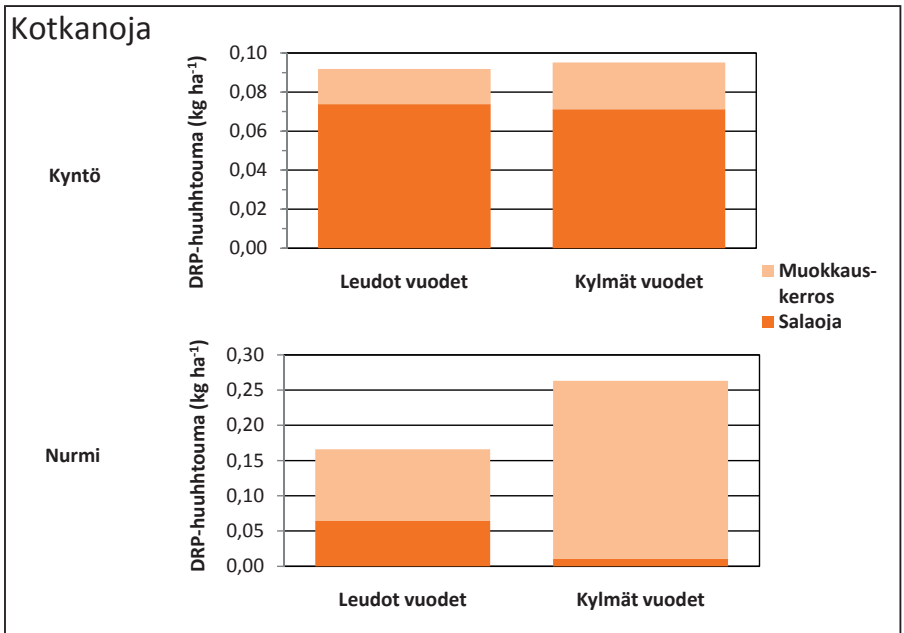
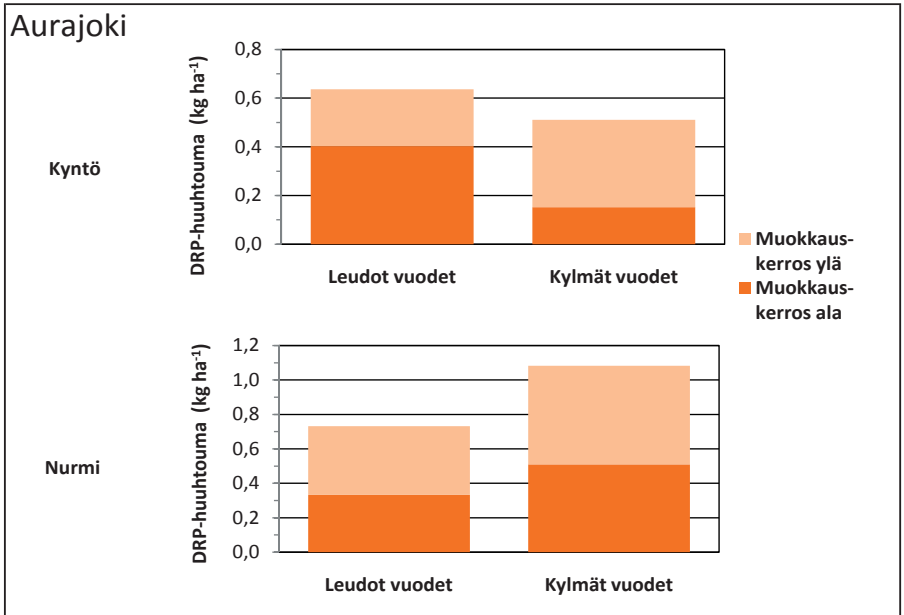
### 3.3 Fosfaattifosfori- ja typpikuormitus

*Aurajoella* liukoisen fosforin (DRP) pitoisuudet ovat leutoina vuosina muokkauskerroksen alemmassa kerroksessa puolitoista–kaksinkertaiset ylemmän kerroksen valunnan pitoisuuksiin nähden. Kylminä vuosina kynnetyssä maassa ylemmässä kerroksessa DRP-pitoisuus on lähes kaksinkertainen alemman kerroksen pitoisuuteen verrattuna ja nurmella molemmissa valunnoissa samalla tasolla. Sängellä alemman kerroksen pitoisuus on noin puolitoistakertainen ylemmän kerroksen valunnan pitoisuuteen verrattuna. DRP huuhtoutuu Aurajoen koekentän kynnetyiltä ruuduilta leutoina talvina valtaosin alemman kerroksen kautta ja kylminä talvina ylemmässä kerroksessa (Kuva 3.2). Nurmella DRP:sta hiukan yli puolet tulee ylemmän kerroksen valunnassa. Kynnetyssä maassa kylminä ja leutoina vuosina DRP:n huuhtoutuma on 0,25–0,29 kg ha<sup>-1</sup>, sängellä molemmilla vuosityypeillä 0,44 kg ha<sup>-1</sup> ja nurmella kylminä vuosina 1,1 ja leutoina vuosina 0,73 kg ha<sup>-1</sup>.

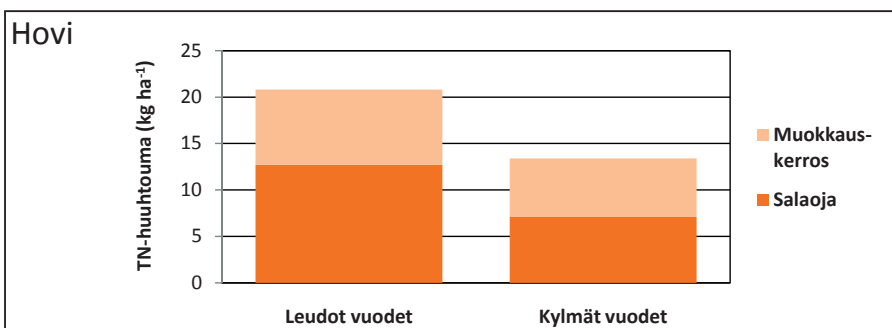
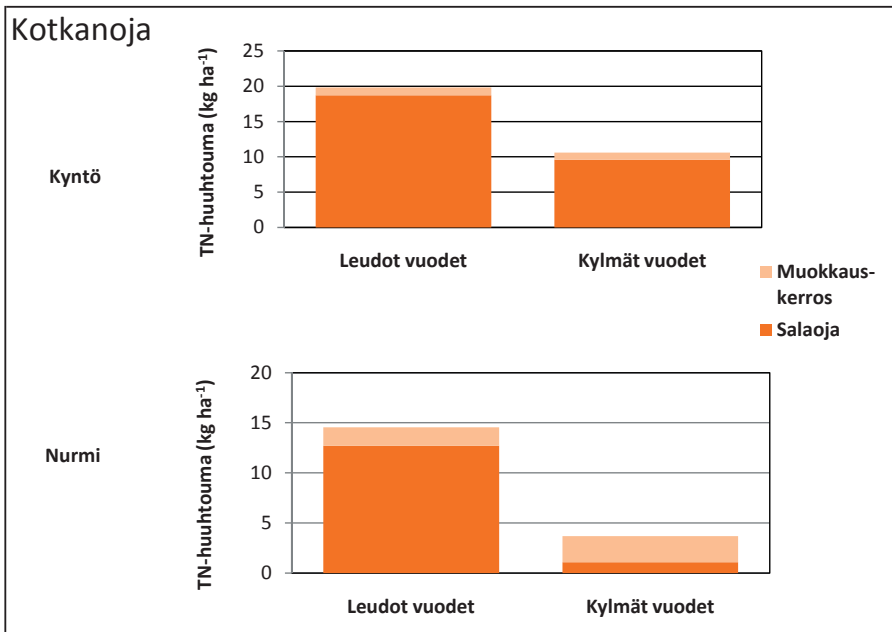
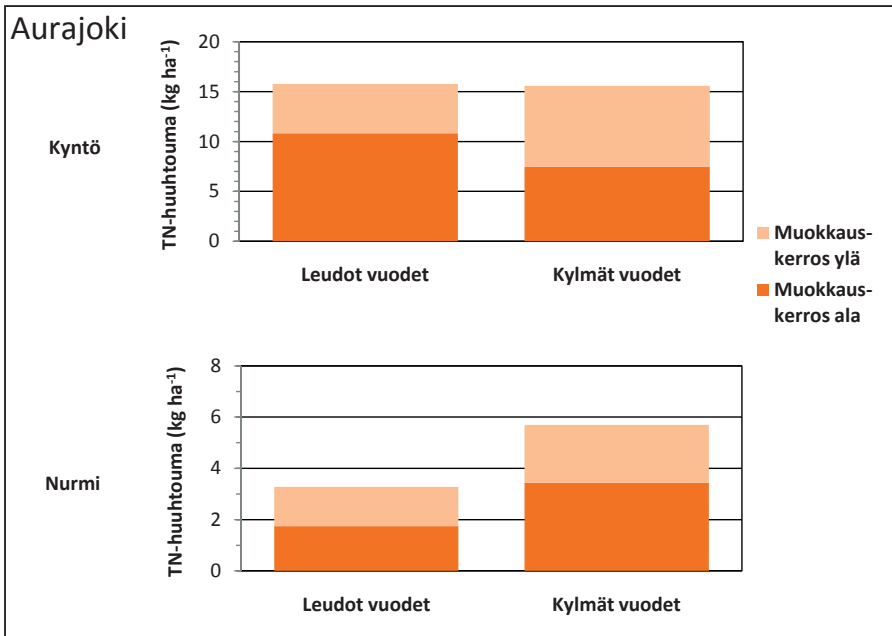
Kokonaistypen (TN) pitoisuudet alemman kerroksen valunnassa ovat kaksinkertaiset muokkauskerroksen ylemmän kerroksen valunnan pitoisuuksiin verrattuna lauhoina vuosina ja puolitoistakertaisia kylminä vuosina. Siten TN-kuormitus tulee Aurajoella pääsääntöisesti alemman kerroksen valunnassa (Kuva 3.3). Kynnetyssä maassa kylminä ja leutoina vuosina TN-huuhtoutuma on 15,6–15,7 kg ha<sup>-1</sup>, sängellä 4,9–6,9 kg ha<sup>-1</sup> ja nurmella kylminä vuosina 5,7 kg ha<sup>-1</sup> ja leutoina vuosina 3,2 kg ha<sup>-1</sup>.

*Kotkanojalla* sekä DRP- että TN-pitoisuudet ovat säännönmukaisesti korkeammat muokkauskerroksen valunnassa kuin salaojavalunnassa. DRP-kuormituksen jakautuminen muokkauskerroksen valunnan ja salaojavalunnan kesken riippuu kuitenkin muokkausmenetelmästä. Säättyypistä riippumatta DRP-kuormitus tulee kynnetyssä maassa valtaosin salaojien kautta, mutta nurmella valtaosin muokkauskerroksen valunnassa (Kuva 3.2). Sängellä DRP-kuormitus jakautuu eri valuntareittien välillä lähes tasan. Kokonaistyppeä huuhtoutuu Kotkanojalla kiintoaineen tapaan, ts. salaojavalunta dominoi kuormitusta lukuun ottamatta nurmea kylminä vuosina. Salaojavalunnan osuus kuormituksesta vähenee säättyypistä riippumatta sitä mukaa kun muokkausta kevennetään (Kuva 3.3). Kynnetyssä maassa kylminä ja leutoina vuosina DRP huuhtoutuma on 0,09–0,09 kg ha<sup>-1</sup>, sängellä 0,10–0,12 kg ha<sup>-1</sup> ja nurmella 0,26–0,16 kg ha<sup>-1</sup>. Typen vastaavat kuormitusluvut kynnetyssä ruudussa ovat 10,6–19,8 kg ha<sup>-1</sup>, sängellä 14,9–8,2 kg ha<sup>-1</sup> ja nurmella 3,7–14,5 kg ha<sup>-1</sup>.

*Liperissä* DRP- pitoisuudet ovat muita koekenttiä korkeammat. Kynnetyssä maassa liukoisen fosforin kuormitus oli leutoina vuosina 1,6 kg ja kylminä vuosina 0,56 kg hehtaarilta. Sängellä vastaavat kuormitusluvut olivat 0,46 kg ja 0,29 kg sekä nurmella 0,27 kg ja 0,15 kg hehtaarilta vuodessa. DRP:n vuosikuormi-



Kuva 3.2. Liukoisin fosforin kuormitus (kg/ha) eri valuntareittejä pitkin Aurajoen ja Kotkanojan koekentillä eri muokausmenetelmillä ja vuosityypeillä sekä Hovin valuma-alueella eri vuosityypeillä.



Kuva 3.3. Kokonaistyyppikuormitus (kg/ha) eri valuntareittejä pitkin Aurajoen ja Kotkanojan koekentillä eri muokkausmenetelmillä ja vuosityypeillä sekä Hovin valuma-alueella eri vuosityypeillä.

tus on pääsääntöisesti suurempi kuin PP:n vuosikuormitus. TN-pitoisuudet Liperissä ovat samalla tasolla kuin muillakin koekentillä. Typen vuosikuormitus kynetyssä maassa kylminä ja leutoina vuosina on 26 kg ja 12,5 kg, sängellä 22 kg ja 9,6 kg sekä nurmella 5,8 kg ja 6,1 kg ha vuodessa. Vuosien välinen kuormitusero on liukoisessa fosforissa ja kokonaistypessä on pääsääntöisesti päinvastainen kuin muilla koekentillä.

*Hovissa* DRP- ja TN-pitoisuudet ovat Kotkanojan tapaan selvästi korkeammat salaoja- kuin muokkauskerroksen valunnassa. DRP:llä pitoisuusero on niin suuri, että kuormitus tulee säättyypistä riippumatta noin 75 %:sti salaojavalunnassa. TN-kuormitus jakautuu valuntareittien suhteen tasaisemmin; kuitenkin yli puolet typikuormituksesta tulee sekä leutoina että kylminä vuosina salaojia pitkin.

Savijoen valuma-alueella DRP-pitoisuudet ovat kylminä ja leutoina vuosina samalla tasolla ja typpipitoisuudet leutoina vuosina korkeammat. DRP:tä huuhtoutuu kylminä vuosina 0,03 kg ha<sup>-1</sup> ja leutoina vuosina 0,04 ha<sup>-1</sup> (Puustinen ym. 2007). TN:ää huuhtoutuu kylminä vuosina 6 kg ha<sup>-1</sup> ja leutoina vuosina 10,5 kg ha<sup>-1</sup>.

### 3.4 Yhteenveto

Tässä tarkasteltavassa aineistossa leudot ja vesisateiset talvikaudet ja niihin liittyvän edeltävän syksyn sateisuus lisäävät kokonaisvaluntoja ja vaikuttaavat jonkin verran valuntasuhteisiin. Tämä näkyy muokkauskerroksen ylemmän ja alemman kerroksen välisissä suhteissa, mutta selvemmin muokkauskerroksen ja salaojavaluntojen suhteissa. Todellisuudessa Aurajoen valunnoista puuttuu salaojavalunta kokonaan ja leutojen vuosien valunnan määrällinen kasvu tulee esille lievänä muokkauskerroksen valunnan lisäyksenä, koska kasvanut valunta lisää pääasiassa salaojavaluntaa. Salaojavalunnan osuus kasvoi leutoina vuosina niin paljon, että kasvaneesta kokonaisvalunnasta huolimatta muokkauskerroksen valunnan määrä jyrkissä peltoolosuhteissa kasvoi vain hiukan ja loivemmissä olosuhteissa pieneni.

Kuormitus pelloilta valuma-alueen purkupisteeseen muodostuu valunnan määrän ja kuormittavien aineiden pitoisuuksien tulona. Pelloilla valuntareittien suhteet ja pitoisuuksien erot näissä määrittelevät kuormituksen muodostumisreitit. Pysyvästi kasvipeitteisillä tai sen kaltaisilla jyrkillä pelloilla muokkauskerroksen ylimmän kerroksen valunta muodostaa pääosan muokkauskerroksen valunnasta. Tasaisemmalla salaojitetulla pellolla tämä näkyy muokkauskerroksen ja salaojavalunnan suhteissa. Kasvipeitteisyys lisää muokkauskerroksen valuntaa, jolloin salaojavalunnan määrä pienenee. Tämä ilmiö voimistuu kylmien ja lumisten talvien jaksoilla, kun keväällä sulanta lisää muokkauskerroksen ylimmässä kerroksessa valuntaa ja alemman kerroksen valunta pienenee ja toisaalta koko muokkauskerroksen valunta kasvaa ja salaojavalunta pienenee. Tämä merkitsee sitä, että ilmaston lämmitessä ja sen seurauksena talvijaksojen leudontuessa salaojavaluntojen osuus koko vuoden valunnasta kasvaa merkittävästi.

Kiintoaine- ja PP-pitoisuudet ovat muokkauskerroksen alemman kerroksen valunnassa korkeammat kuin ylemmässä kerroksessa ja salaojavalunnassa pienemmät kuin koko muokkauskerroksessa. Leutoina vuosina sekä pintakerroksen että jankkerroksen pitoisuudet nousevat merkittävästi korkeammalle tasolle. Tasaisemmillä mailla koko muokkauskerroksen pitoisuudet kasvavat myös, mutta salaojavalunnoissa pitoisuuksien kasvu on melko pieni.

DRP-pitoisuudet ovat muokkauskerroksen alemman kerroksen valunnassa sel-



västi korkeammat kuin muokkauskerroksen ylimmän kerroksen valunnassa. Poikkeuksena on kynnetty ja nurmipeitteinen pelto, joista molemmissa kylmien talvien jaksoilla ylimmän pintakerroksen valunnassa DRP-pitoisuus oli korkeampi kuin alemmassa kerroksessa. Salaojavalunnan DRP-pitoisuudet ovat kylminä vuosina samaa tasoa kuin muokkauskerroksen pitoisuudet, mutta leutoina vuosina muokkauskerroksen pitoisuudet nousevat, kun taas salaojavalunnassa pitoisuudet jäävät lähes ennalleen. TN-pitoisuudet kasvavat pellon pinnalta alempaan muokkauskerrokseen sekä edelleen salaojavaluntoihin. Leutoina vuosina salaojavalunnan TN-pitoisuudet kasvavat merkittävästi.

Eri reittien valunnan pitoisuuksien eroihin saattaa vaikuttaa se, että muokkauskerroksen ylempään ja alemman kerroksen valunta sekä salaojavalunta ovat eriaikaisia tapahtumia. Ylimmän pintakerroksen valunnan loputtua valuntaa tapahtuu vielä jankkokerroksessa. Sen loputtua salaojavalunta jatkuu vielä, joskus jopa läpi koko kesän. Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu vaikuttaa siten eri tavalla koko vuoden keskipitoisuuteen. Vertailtaessa samanaikaisia valuntasarjoja pitoisuuksien erot saattavat olla todellisuudessa pienempiä pellon pinnalta salaojiin. Kuormituksen hallinnassa lähtökohta on kuitenkin se, että valunnan pitoisuuksia saadaan pienemmäksi. Kun pääosa kuormituksesta monissa tapauksissa tulee salaojavalunnan kautta, pitoisuuksien alentaminen on ainoa keino.

Valuma-alueen purkupisteessä pitoisuuksien erot näyttävät pienenevän vertailtaessa kylmiä ja leutoja vuosia. Tällöin kuormitusta näyttääkin säätelevän leutojen vuosien suuremmat virtaamat, kun taas pellolla tarkasteltuna valunnan suuremmat pitoisuudet ovat merkittävämpi tekijä kuormituksen muodostumisessa.

## 4. Nummelan koekenttä Jokioisissa

Nummelan peltoalueella Jokioisissa oli tavoitteena verrata kahden täydennysojitusmenetelmän vaikutuksia pellon kuivatukseen, pellolta tuleviin ravinnepäästöihin ja satoon. Menetelmässä I lisättiin vanhojen imuojien jokaiseen väliin salaoja, jolloin ojaväliksi tuli kahdeksan metriä. Ympärysaineena käytettiin soraa. Menetelmässä II käytettiin tiheää (6 m) ojaväliä ja ympärysaineena ohutta esipäällystettä (Fibrella 2160) ja maan kohotusta.

### 4.1 Koejärjestelyt

Nummelan koekenttä on MTT:n hallinnoima peltoalue, jolla on 1950-luvulla maa- ja metsätalousministeriön toimesta tehty salaojien etäisyyskoe käyttäen ojavälejä 16 ja 32 m. Alue on MTT:n viimeinen iso peltoalue, jolla ei ollut sitten ensiojituksen tehty täydennysojitusta. Nummelan kentän pinta-ala on yhteensä noin yhdeksän hehtaaria. Alue on lievästi viettävä ja maa on lähes kauttaaltaan aitosavea. Viljelykasvit ja -menetelmät ovat olleet koko koekentällä samanlaiset vuosikymmeniä.

Tutkimuksen alussa koekenttä jaettiin neljään koalueeseen; 16 metrin ojaväleihin ojitettu peltoalue jaettiin alueisiin A, B ja C. Harvemman ojavälin, 32 m, alueesta tuli koalue D (liite 1a). Vanhojen ojien ojasyvyydeksi mitattiin tämän hankkeen alussa noin 100 cm.

Taulukossa 4.1 on esitetty erikseen ne pinta-alat, joilta salaojaputket keräävät vettä ja pintakerrosvaluntakeräimien rajaamat alueet. Pintakerrosvaluntaa kerättiin noin 0,4 metrin syvyyteen asennetuilla rei'itetyillä putkilla.

Taulukko 4.1. Nummellan koealueiden pinta-alat (ha).

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	2,9	1,7	1,3	3,4
Pintavalunta	2,4	1,2	0,7	2,7

Tutkimus alkoi kalibrointijaksolla, jonka tavoitteena oli verrata koealueiden välistä luontaista vaihtelua ennen täydennysojitusten tekoa. Kalibrointijakso kesti huhtikuusta 2007 toukokuun 2008 loppuun. Sen aikana mitattiin koealueiden pinta- ja salaojavalunnan määrää ja laatua, sadantaa, pohjaveden pinnankorkeutta, maan kosteutta sekä roudan syvyyttä ja lumipeitteen paksuutta. Lisäksi määritettiin sekä pinta- että pohjamaan ominaisuuksia. Koekentän kartta on liitteenä 1a. Pohjavesiputkien paikat ja maanäytteiden ottopisteet on merkitty karttaan.

Täydennysojitukset tehtiin menetelmiä I ja II käyttäen kesäkuun 2008 alussa. Alueella C toteutettiin menetelmän I mukainen täydennysojitus. Tällöin vanhojen imuojien väliin lisättiin uusi imuoja, jolloin ojaväliksi tuli kahdeksan metriä. Uudet ojat asennettiin keskimäärin 100 cm:n syvyyteen. Ympärysaineena käytettiin soraa, ja lisäksi tehtiin sorasilmäkkeitä keskimäärin seitsemän metrin välein (kuva 4.1). Alueella A toteutettiin menetelmän II mukainen ojitus (kuva 4.2). Ojaväli oli 6 metriä ja 0,9 m syvyyteen asennettujen putkien ympärysaineena oli ohut esipäällyste (Fibrella 2160). Alueen A vanhat salaojat rikottiin ja alueet B ja D jäivät vertailu-alueiksi. Kartta ojitustöiden jälkeisestä tilanteesta on liitteessä 1b.

Kaikkien neljän koealueen pinta- ja salaojavaluntojen määrän ja laadun seuranta ja muita mittauksia jatkettiin täydennysojitusten jälkeen samalla tavalla kuin kalibrointijaksolla.

Kun koekenttää oli seurattu reilu vuosi ojituksen jälkeen, alue A jankkuroitiin kohtisuoraan ojitusta vasten. Jankkurointia kutsutaan tässä menetelmässä kohotukseksi. Kohotus tehtiin 28.9.-1.10.2009 kaksiteräisellä ja suorateräisellä laitteella,



Kuva 4.1. Koealueen C täydennysojitustyö 5. kesäkuuta 2008 MTT:n Nummellan koekentällä.



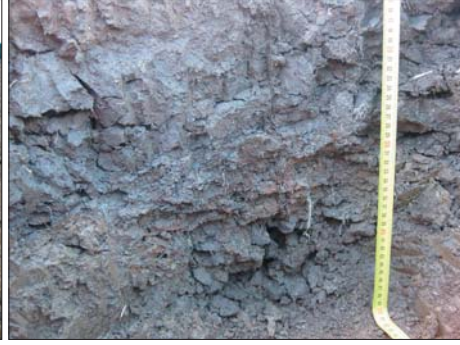
Kuva 4.2. Koe-alueen A ojitus aurakoneella MTT:n Nummellan koekentällä.



Kuva 4.3. Alueella A maan kohotus tehtiin 28.9.-1.10.2009 kaksiteräisellä ja suorateräisellä laitteella.



**Kuva 4.4.** Maata kohotettaessa traktorilla ajettiin siten, että terät työstivät maata 60 cm:n välein, jolloin maa tuli kauttaaltaan käsitellyksi.



**Kuva 4.5** Terien vaikutus näkyi selvemmin syvällä (35–45 cm maanpinnasta kuin pinnassa.

jota vedettiin 190-hevosvoimaisella traktorilla. (kuva 4.3). Traktorilla ajettiin siten, että teräväli oli 60 cm, jolloin maa tuli kauttaaltaan käsitellyksi (kuva 4.4). Työsyvyys oli 45 cm tasaisesta maan pinnasta. Maan pinta oli edellispäivien sateiden takia kosteaa (kosteus 10 cm:n syvyydessä 37 tilavuusprosenttia), mutta syvemmältä kuivempaa (kosteus 20–50 cm:n syvyydessä noin 30 tilavuusprosenttia). Terien vaikutus näkyi selvemmin syvällä kuin pinnassa (kuva 4.5).

## 4.2 Maanäytteet ja maa-analyysit

Syksyllä 2006 Nummelan koekentältä otettiin maanäytteitä viidestä paikasta koealuetta kohti, yhteensä siis 20 paikasta (liite 1a). Näytteitä otettiin metrin syvyyteen asti, ja niistä selvitettiin maan rakenne ”alkutilanteessa” eli ennen täydennysojituksen tekoa. Jokaisesta paikasta otettiin kahdenlaisia näytteitä:

- Häiriintymättömiä maanäytteitä (halkaisija 15 cm, pituus 60 cm) otettiin traktorikairalla siten, että näytteen rakenne säilyi. Näytteet katkaistiin laboratoriossa siten, että saatiin erilliset näytteet: 0–20 cm, 20–40 cm ja 40–60 cm. Näytteistä määritettiin
  - maan vedenjohtavuus vedellä kyllästetyssä tilassa Darcyn lain mukaisesti (Youngs 1991)
  - maan kokonaishuokoisuus ja erikokoisten huokosten osuus maan kokonaistilavuudesta maan vedenpidätyskyvyn desorptiomenetelmää käyttäen (Danielson ja Sutherland 1986) ja osmoottisella menetelmällä (Williams ja Shaykewich 1969)
  - tilavuuspaino lieriömenetelmällä (200 cm<sup>3</sup>; Blake ja Hartge 1986)
  - juurikanavien ja lierokäytävien määrä laskemalla (Alakukku 1996)
- Kairattuja maanäytteitä otettiin 10 cm:n välein 100 cm:n syvyyteen asti. Maanäytteistä määritettiin
  - maalaji mekaanisella maa-analyysillä (Elonen 1971)
  - orgaanisen aineksen pitoisuus kuivapolttomenetelmällä (Carr 1973)
  - pH ja johtoluku vesisuspensiosta (Vuorinen ja Mäkitie 1955)
  - liukoisten ravinteiden (Ca, Mg, K, P) määrä (vain muokkauskerroksesta) happamalla ammoniumasettiutolla (Vuorinen ja Mäkinen 1955)

### 4.3 Viljely- ja muokkaustoimenpiteet

Nummellan koekentällä viljeltiin kesinä 2007 ja 2008 kauraa. Ennen kevään kylvöjä kentälle levitettiin lietelantaa. Sitä levitettiin myös syksyllä 2007. Kaikki viljelytoimet tehtiin Jokioisten kartanoiden normaalin viljelykäytännön mukaisesti. Työkoneita ei käännetty pintakerrosvalunnan keräämiseen tehtyjen maavallien takia, vaan niiden yli ajettiin. Ainoastaan pohjavesiputkia väisteltiin. Kalibrointijaksolla ja sitä edeltäneenä vuonna 2006 koekentällä tehdyt viljelytoimenpiteet on esitetty taulukossa 4.2.

Kesällä 2009 koekentällä viljeltiin ohraa. Keväällä 2009 kentälle ei levitetty lietettä, vaan lannoitteena käytettiin pelkästään väkilannoitetta. Lietettä ei levitetty myöskään syksyllä 2009. Kaikki viljelytoimet tehtiin Jokioisten kartanoiden tavanomaisen viljelykäytännön mukaisesti. Tutkimusjaksolla tehdyt viljelytoimenpiteet on esitetty taulukossa 4.3.

Taulukko 4.2. Viljelytoimenpiteet kalibrointijaksolla.

	Vuosi 2006	Vuosi 2007	Tammi-touko 2008
Kevätmuokkaus	12.5.2006 joustopiikkiäes	10.-11.5.2007 joustopiikkiäes	9.-10.5.2008 joustopiikkiäes
Kylvö	Roope-kaura 12.5.2006	Roope-kaura 11.5.2007	Roope-kaura 10.5.2008
Kylvölannoitus	Suomensalpietari 100 kg/ha, 27 N kg/ha	Suomensalpietari 150 kg/ha, 41 kg/ha	Suomensalpietari 100 kg/ha, 27 N kg/ha
Lannanlevitys (kevät)	11.5.2006, 580 m <sup>3</sup>	10.5.2007, 720 m <sup>3</sup>	9.5.2008, 580 m <sup>3</sup>
Torjunta-ainekäsittely	MCPA 19.6.2006	MCPA 11.6.2007	
Puinti	14.8.2006	7.-8.9.2007	
Syysmuokkaus		22.-24.10.2007	
Lannanlevitys (syksy)	Ei syyslevitystä	16.-22.10.2007 430 m <sup>3</sup>	
Lannan typpimäärä		36 kg/ha	

Taulukko 4.3. Viljelytoimenpiteet tutkimusjaksolla, 2008-2009.

	Kesä-joulukuu 2008	Vuosi 2009
Kevätmuokkaus		27.5.2009 joustopiikkiäes
Kylvö		Eerik-ohra 28.5.2009
Kylvölannoitus		Suomensalpietari 350 kg/ha, 95 N kg/ha
Lannanlevitys (kevät)		Ei lietettä
Torjunta-ainekäsittely	MCPA 26.6.2006	MCPA ja Ally classic 29.6.2009
Puinti	24.9.2008	11.9.2009
Syysmuokkaus	Lautasmuokkaus työsyvyys 26.9.2008	Kultivointi työsyvyys 5.10.2009
Lannanlevitys (syksy)	Ei syyslevitystä	Ei syyslevitystä
Muuta	Alueen A ojituksen ”kohoumien” tasointi vaakatasojyrsimellä kesäkuun lopussa.	Alueen A jankkurointi 28.9.- 1.10.2009 kaksiteräinen jankkuri, työsyvyys 45 cm

## 4.4 Satonäytteet

Satonäytteitä otettiin vain tutkimusjaksolla. Kaikilta neljältä koalueelta otettiin satonäytteet juuri ennen sadonkorjuuta vuosina 2008 ja 2009. Jokaiselta ruudulta puitiin pienellä koepuimurilla neljä 31 m<sup>2</sup>:n aluetta. Satonäytteistä mitattiin sadon määrä ja tehtiin seuraavat laatumääritykset: hehtolitrapaino ja 1000 jyvän paino virallisten lajitekokeiden suoritusohjeiden mukaan (anon.) sekä jyvien typpipitoisuus Kjeldahl-menetelmällä ja typpisato.

## 4.5 Valumavesien määrän ja laadun mittaukset

Nummelan koekentän valumavesien keruu- ja mittausjärjestelmä koostui peltolohkoille asennetuista putkista ja kaivoista sekä koekentän laidalle rakennetusta mitta-asemasta mittauslaitteineen. Kunkin neljän koalueen salaojien ja pintakerroksen valumavedet johdettiin putkiston avulla mittausasemalle, jossa valumavesien määrää mitattiin jatkuvatoimisesti siivikkomittareilla. Mittausasemalta vedet purkautuivat sen viereiseen Raiskionjoaan, josta vesi kulkeutui noin 300 metrin päässä virtaavaan Lähdejoaan. Dataloggeri keräsi myös sadantatiedot mittauskopin läheisyyteen sijoitetulta automaattiselta sademittarilta. Dataloggerin keräämä tieto siirrettiin päivittäin gsm-yhteyden avulla TKK:n vesitekniikan laboratorioon Otaniemeen. Kentällä oli myös manuaalinen sademittari.

Mittareiden läpi virranneesta valuntavedestä otettiin (virtaamapainotteisia) kokoomäytteitä. Näytteistä analysoitiin MTT:n laboratoriossa kokonais-, ammonium- ja nitraattityppi, kokonaisfosfori, liukoinen epäorgaaninen fosfori (ortofosfaatti) sekä haihdutusjännös, jolla kuvattiin kiintoainepitoisuutta. Käytetyt analyysimenetelmät on kuvattu julkaisussa Turtola ja Paajanen (1995). Liukoiset ravinnefraktiot määritettiin suodatetuista vesinäytteistä (suodatin 0,2 µm, Nucleopore 11106-PC). Mittaukset toteutettiin samalla tavalla sekä kalibrointi- että tutkimusjaksolla. Kalibrointi- ja tutkimusjaksolla analysoitujen kokoomäytteiden lukumäärät on koottu taulukkoon 4.4.

Pintakerrosvaluntakeräimiä kunnostettiin lokakuussa 2009. Keruuputkena toimivan salaojaputken ympärillä olevan soran päälle kertynyt savi käännettiin auralla sivuun matalaksi valliksi.

Dataloggerin kokoamien vesimäärätietojen ja taulukossa 4.1 esitettyjen pintaalojen perusteella laskettiin kalibrointi- ja tutkimusjakson valunnat. Pintakerros- ja salaojavalumavesien mukana koekentän alapuoliseen Raiskionjoaan kulkeutuneet ravinne- ja kiintoainemäärät laskettiin kunkin näytteenottovälin ainepitoisuuksien ja vesimäärän tulona.

Taulukko 4.4. Näytemäärät kalibrointi\*- ja tutkimusjaksolla\*\*

	Alue A		Alue C		Alue B		Alue D	
	Kalib.	Tutkim.	Kalib.	Tutkim.	Kalib.	Tutkim.	Kalib.	Tutkim.
Salaojavalunta	21	18	23	18	29	18	25	17
Pintakerrosvalunta	14	12	12	8	9	3	21	16
Yhteensä	35	30	35	26	38	21	46	33

\* Näytteet 3/2007–5/2008

\*\* Näytteet 6/2008–12/2009

## 4.6 Pohjavedenpinnan syvyys ja maan kosteus

Nummelan koekentällä ojitusten toimintaa seurattiin mittaamalla pohjaveden syvyyttä ja maan kosteutta. Kalibrointijaksolla (kesä 2007–toukokuu 2008) kaikilla neljällä koealueella oli viisi pohjavesiputkea. Putket ulottuivat 1,5 metrin syvyyteen, ja ne oli sijoitettu salaojien puoliväliin. Alueilla A, B ja C linjan pituus oli 64 m ja alueella D 128 m. Pohjavesiputkien sijainti kalibrointijaksolla on esitetty liitteessä 1a.

Alueiden A ja C pohjavesiputket poistettiin täydennysojitustöiden takia 4.6.2008 ja asennettiin takaisin syysmuokkauksen jälkeen. Putkia asennettiin jokaiseen ojaväliin yhtä pitkälle linjalle kuin ennen täydennysojitukseksiakin, jolloin niitä tuli alueelle A 12 kpl ja alueelle C 9 kpl. Pohjaveden korkeus mitattiin manuaalisesti noin kerran viikossa. Pohjavesiputkien sijainti tutkimusjaksolla on esitetty liitteessä 1b.

Alueelta A putket poistettiin vielä kertaalleen 28.9.-1.10.2009 tehdyn jankkurointikäsitteilyn takia. Putket asetettiin takaisin 5.11.2009. Samalla eri puolille kenttää asennettiin yhdeksän 260 cm pitkää pohjavesiputkea, jotta jatkossa voidaan seurata kentän yleistä pohjavedenpinnan tasoa sellaisinaan aikoina, jolloin pohjavesi laskee selvästi salaojasyvyyden alapuolelle.

Alueiden A ja C keskimmäisiin pohjavesiputkiin asennettiin lisäksi 14.3.2008 painanturit ja niiden yhteyteen dataloggerit jatkuvan pohjavesidatan saamiseksi. Pohjaveden pinnan korkeus näissä kahdessa putkessa mitattiin 30 minuutin välein.

Jokaisen pohjavesiputken vierelle 30 cm:n syvyyseen kerrokseen maanpinnasta oli asennettu kaksi kosteusmittausanturia, joista mitattiin maan vesipitoisuus tilavuusprosentteina maan kokonaistilavuudesta TDR-menetelmällä (Topp ym. 1980). Kosteusmittaus tehtiin pohjavesimittausten yhteydessä noin kerran viikossa.

## 4.7 Maaperän ominaisuudet

Nummelan koekentän maan ominaisuudet olivat melko samanlaiset joka alueella. Maa oli aitosavea koko tutkitulta syvyydeltä (0–100 cm), ja savespitoisuus kasvoi syvemmälle mentäessä. Orgaanisen aineksen pitoisuus oli 0–35 cm:n syvyydessä 5,3–7,2 % siten, että alueet C ja D olivat hieman multavampia kuin A ja B. Syvemmältä maa oli kauttaaltaan vähämultaista (taulukko 4.5a).

Maan rakenne oli hyvin samanlainen kaikilla alueilla tilavuuspainon, juurikanavien määrän ja huokoskokojakauman suhteen. Tilavuuspainot olivat koko kentällä suurimmillaan ja isojen huokosten määrät pienimmillään 20–40 cm:n syvyydessä, mikä kertoo maassa olevasta tiivistä kerroksesta kyntökerroksen alla. Tässä syvyydessä oli kuitenkin paljon juurikanavia, mikä viittaa siihen, ettei ollut kyse pahasta tiivistymästä (taulukko 4.5c).

Maan vedenjohtavuuksissa ja lierokanavien pinta-aloissa oli paljon vaihtelua niin alueelta otettujen rinnakkaisten näytteiden kuin alueidenkin välillä. Suuren vaihtelun takia aineistosta ei voi tehdä johtopäätöksiä. Ainoastaan alueen D pohjamaasta otetut rinnakkaiset näytteet antoivat samanlaisia tuloksia; siellä ei ollut lainkaan juurikanavia, ja maan vedenjohtavuus oli huono. Tämä voi johtua harvaan ojitetun maan märkydestä.

Kemiallisten ominaisuuksien suhteen alue D poikkesi jonkin verran toisista: maa oli happamampaa, ja sen kalsium- ja fosforipitoisuudet olivat selvästi pienempiä kuin muiden. Alueella C oli puolestaan selvästi enemmän fosforia kuin muilla alueilla (taulukko 4.5b).

**Taulukko 4.5a.** Nummelan koekentän maalajitiedot syvyyksittäin alueilla A-D. Luvut ovat viiden näytteen keskiarvoja. Suluissa oleva luku ilmoittaa keskihajonnan.

	Syvyys cm	A		B		C		D	
Savespitoisuus %	0-20	67	(0)	67	(6)	66	(6)	67	(9)
	20-35	67	(0)	68	(6)	66	(6)	67	(10)
	35-60	82	(0)	74	(11)	70	(11)	78	(8)
	60-100	88	(0)	76	(12)	73	(10)	85	(5)
Hiespitoisuus %	0-20	13	(4)	18	(5)	20	(7)	16	(7)
	20-35	13	(4)	18	(6)	20	(6)	16	(7)
	35-60	8	(7)	12	(10)	15	(8)	8	(6)
	60-100	6	(5)	15	(11)	16	(10)	6	(3)
Hieta/ hiekkapitoisuus %	0-20	20	(1)	14	(2)	14	(1)	17	(2)
	20-35	20	(2)	14	(1)	14	(1)	17	(3)
	35-60	10	(3)	13	(3)	14	(4)	14	(4)
	60-100	5	(1)	9	(3)	11	(3)	9	(3)
Orgaaninen aines %	0-20	5,7	(0,4)	6,5	(0,6)	7,2	(0,8)	7,0	(1,1)
	20-35	5,3	(0,5)	5,3	(1,3)	6,6	(1,1)	6,0	(0,6)
	35-60	1,1	(0,3)	0,9	(0,1)	1,9	(1,9)	1,1	(0,2)
	60-100	0,6	(0,0)	0,5	(0,1)	0,6	(0,2)	0,5	(0,0)
Maalaji	0-20	mAs		rmAs		rmAs		rmAs	
	20-35	mAs		mAs		rmAs		rmAs	
	35-60	vmAs		vmAs		vmAs		vmAs	
	60-100	vmAs		vmAs		vmAs		vmAs	

**Taulukko 4.5b.** Nummelan koekentän maan kemialliset ominaisuudet alueilla A-D. Luvut ovat viiden näytteen keskiarvoja. Suluissa oleva luku ilmoittaa keskihajonnan.

	Syvyys cm	A		B		C		D	
pH	0-20	6,3	(0,1)	6,2	(0,1)	6,2	(0,1)	5,9	(0,1)
Ca mg/l maata	0-20	2897	(262)	3026	(191)	3147	(295)	2106	(213)
K mg/l maata	0-20	337	(98)	286	(54)	306	(117)	249	(73)
Mg mg/l maata	0-20	712	(109)	650	(96)	599	(161)	766	(373)
P mg/l maata	0-20	5,5	(0,9)	7,8	(1,8)	11,6	(2,4)	2,9	(1,2)
Johtoluku 10 <sup>-4</sup> S/cm	0-20	1,1	(0,2)	1,0	(0,2)	1,0	(0,1)	0,8	(0,1)
	20-35	1,0	(0,1)	1,0	(0,1)	0,9	(0,1)	0,8	(0,1)
	35-60	1,1	(0,1)	0,9	(0,1)	1,0	(0,3)	0,9	(0,1)
	60-100	1,2	(0,1)	1,0	(0,2)	0,8	(0,1)	1,0	(0,2)

Taulukko 4.5c. Nummelan koekentän maan rakennetiedot syvyysittain alueilla A-D. Luvut ovat viiden näytteen keskiarvoja. Suluissa oleva luku ilmoittaa keskihajonnan.

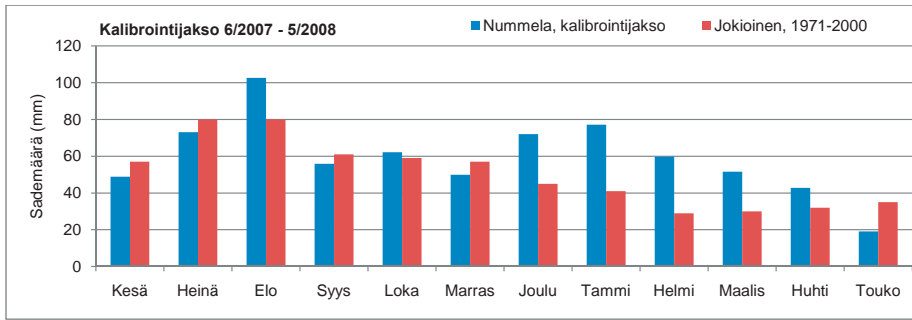
	Syvyys cm	A		B		C		D	
tilavuuspaino g/cm <sup>3</sup>	0-20	1,1	(0,1)	1,1	(0,1)	1,1	(0,1)	1,1	(0,1)
	20-40	1,3	(0,1)	1,3	(0,1)	1,3	(0,1)	1,3	(0,1)
	40-60	1,2	(0,0)	1,3	(0,1)	1,4	(0,0)	1,3	(0,1)
maan vedenjohtavuus cm/h (laboratoriomittaus)	0-20	7	(10)	21	(0,27)	21	(0,22)	4	(3)
	20-40	0,2	(0,5)	0,01	(0,0)	9	(13)	0,001	(0,0)
	40-60	0,03	(0,4)	1,0	(2,3)	0,7	(1,3)	0,001	(0,0)
lilerokanavien pinta-ala mm <sup>2</sup> /dm <sup>2</sup>	0-20	8,8	(9,1)	2,5	(4,6)	7,4	(5,4)	7,2	(8,5)
	20-40	7,2	(5,0)	1,9	(4,2)	6,3	(5,1)	0,5	(0,8)
	40-60	0,7	(1,4)	0,2	(0,4)	2,1	(3,4)	0,0	(0,0)
juurikanavien määrä kpl/dm <sup>2</sup>	0-20	688	(28)	775	(204)	713	(187)	699	(156)
	20-40	945	(131)	934	(100)	1067	(164)	928	(111)
	40-60	713	(135)	689	(105)	749	(219)	639	(195)
kokonaishuokostila maan kokonaistilavuudesta %	0-20	53	(2)	54	(2)	53	(3)	56	(3)
	20-40	55	(4)	55	(3)	54	(3)	56	(5)
	40-60	60	(3)	59	(5)	53	(2)	58	(4)
isoja huokosia (Ø > 30µm) maan kokonaistilavuudesta %	0-20	6	(1)	6	(3)	7	(3)	8	(3)
	20-40	1	(1)	1	(0)	2	(1)	1	(0)
	40-60	2	(1)	3	(2)	2	(1)	2	(0)
keskikokoisia huokosia (0,02 µm < Ø 30 µm) maan kokonaistilavuudesta %	0-20	19	(2)	19	(1)	19	(2)	20	(0)
	20-40	15	(3)	18	(1)	20	(5)	18	(3)
	40-60	17	(4)	17	(1)	17	(1)	17	(2)
pieniä huokosia (Ø 3< 0,2 µm) maan kokonaistilavuudesta %	0-20	28	(2)	29	(2)	27	(2)	28	(2)
	20-40	39	(2)	36	(3)	33	(2)	36	(3)
	40-60	41	(2)	40	(4)	34	(1)	39	(2)

## 4.8 Säätölot

### Kalibrointijakso

Nummelan koekentällä kalibrointijakson 12 kuukauden (6/2007–5/2008) sadenumma (korjattu sadanta) oli 715 mm. Koekentää lähinnä sijaitsevan Ilmatieteenlaitoksen mittausaseman, Jokioisten Observatorion, sadannan pitkän ajan (1971–2000) vuosikeskiarvo on 606 mm. Kalibrointijaksoa edeltävä kevät oli verrattain kuiva. Jakson ensimmäiset kuukaudet (kesä- ja heinäkuu) olivat sademääriltään keskimääräisiä, ja niitä seurannut elokuu oli kalibrointijakson sateisin kuukausi (sadanta 103 mm). Syksyn (syys-marraskuu) sadesummat olivat pitkän ajan keskiarvojen tuntumassa. Joulukuu oli leuto ja verrattain sateinen, ja sama säätyyppi jatkui tammi-maaliskuussa. Nummelan koekentän jouluihelmikuun sadesumma oli noin 1,8-kertainen Jokioisten Observatorion vastaavien kuukausien pitkän ajan keskiarvoon verrattuna. Kalibrointijakson kevätkaudet erosivat sateen suhteen





Kuva 4.6. Nummelan kuukausisadannat (korjattu) kalibrointijaksolla ja Jokioisten Observatorion kuukausisadantojen keskiarvot (korjaamaton) vuosilta 1971–2000. (Ilmastokatsaus 2007–2008)

toisistaan, verrattain sateiset maalisi- ja huhtikuu vaihtuivat kuivaan toukokuuhun. Kalibrointijakson kuukausisadannat (Nummela) ja Jokioisten Observatorion kuukausikeskiarvot vuosilta 1971–2000. on esitetty kuvassa 4.6.

Kalibrointijakso oli Jokioisissa verrattain lämmin. Koska Nummelan koekentällä ei ollut ilman lämpötilan mittausta, käytetään tässä Ilmatieteenlaitoksen Jokioisten Observatorion lämpötilatietoja. Yhdenkään kahdentoista kalibrointijakson kuukauden keskilämpötila ei ollut pitkän ajan keskiarvoaan alempi. Kesä- ja syyskuukaudet olivat hieman ( $< 1,7\text{ °C}$ ) pitkän ajan keskiarvoaan lämpimämpiä. Talvikuukausina Jokioisissa oli varsin lämmintä, joului- helmikuun keskilämpötila oli yli  $5\text{ °C}$  pitkän ajan keskiarvoa korkeampi. Kalibrointijakson kylmin kuukausi oli maaliskuu (keskilämpötila  $-1,3\text{ °C}$ ).

### Routa

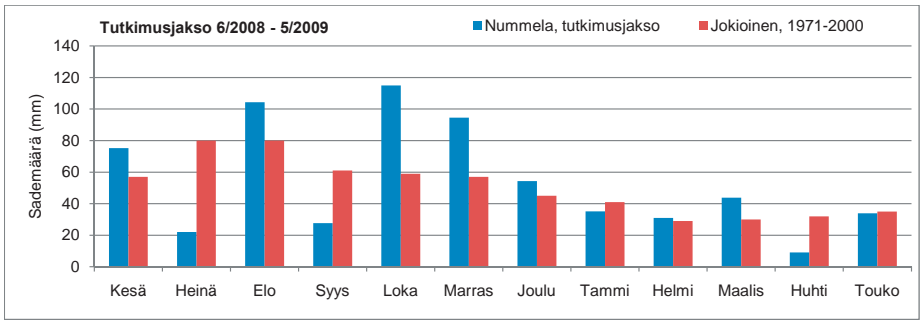
Kalibrointijaksolla maa jäätyn ensimmäisen kerran marraskuun 2007 lopulla reilun viikon ajaksi. Pakkasia seuranneen viikon sulan jakson jälkeen pellon pintakerros jäätyn uudelleen ja 18.12.2007 roudan syvyys havaintoputkissa oli noin 10 cm. Maa pysyi jäässä yhtäjaksoisesti kevääseen asti, viimeiset routalukemat mitattiin 31.3.2008. Roudan syvyys vaihteli talven aikana 10 cm:n ja 30 cm:n välillä. Nummelan koekentän roudan syvyys talvella 2007–2008 on esitetty liitteessä 2.

### Lumi

Talvi 2007–2008 oli verrattain vähäluminen. Ensimmäiset havainnot kirjattiin 4.12., tällöin lumen syvyys oli 5 cm. Lumi sulii nopeasti ja seuraavan kerran lunta oli mitattavaksi asti vasta tammikuun viimeisenä päivänä (noin 9 cm). Helmikuun aikana vähäinen lumipeite oheni ja kuun viimeisinä päivinä sulii kokonaan. Maaliskuussa lunta oli enimmillään vain 2 cm:n paksuudelta ja viimeiset lumihavainnot tehtiin 25.3.2008. Lumen syvyys Nummelan koekentällä talvella 2007–2008 on esitetty liitteessä 2.

### Tutkimusjakso

Tutkimusjaksolla 12 kuukauden (6/2008–5/2009) korjattu sadanta oli 646 mm. Tutkimusjakso oli edeltänyttä kalibrointijaksoa (sadanta 715 mm) kuivempi. Kesäkuukausista verrattain sateisia olivat kesä- ja elokuu. Niiden keskellä oli varsin vähäsaateinen heinäkuu. Jakson kahden sateisimman kuukauden, elokuun (sadanta 104 mm) ja lokakuun (sadanta 115 mm), väliin jäi kuiva syyskuu (sadanta 28 mm). Syksy jatkui marras- ja joulukuussa keskimääräistä sateisempänä. Joulukuussa osa sateesta



Kuva 4.7. Nummelan kuukausisadannat (korjattu) tutkimusjaksolla ja Jokioisten Observatorion kuukausisadantojen keskiarvot (korjaamaton) vuosilta 1971-2000. (Ilmastokatsaus 2008-2009.)

tuli lumena. Talvi 2008–2009 oli edeltäjänsä kylmempi, lumisempi ja vähäsatelampi. Koealueet olivat lumen peitossa yhtäjaksoisesti joulukuun puolivälistä huhtikuun alkupäiviin asti. Paksuimmillaan lumipeite oli maaliskuun puolivälissä, noin 30 cm. Lumet sulivat pääosin huhtikuun ensimmäisellä viikolla. Huhtikuussa 2009 vettä satoi vain 9 mm ja toukokuu oli sademäärältään keskimääräinen. Tutkimusjakson kuukausisadannat (Nummela) ja Jokioisten Observatorion kuukausikeskiarvot vuosilta 1971–2000 on esitetty kuvassa 4.7.

Tutkimusjakso oli Jokioisten Observatoriolla kalibrointijaksoa hieman viileämpi ja kuukausilämpötilat poikkesivat pitkän ajan keskiarvoista kalibrointijaksoa vähemmän. Jakson ensimmäiset kuukaudet (kesä-syyskuu) olivat hieman pitkän ajan keskiarvoa viileämpiä. Jakson muut kuukaudet (loka-toukokuu) olivat keskiarvoa lämpimämpiä. Eniten keskiarvosta poikkesivat lokakuu (+2,6 °C) ja joulukuu (+3,9 °C). Vuoden 2009 kolmen ensimmäisen kuukauden keskilämpötilat olivat nollan alapuolella, kylmimpänä helmikuu (keskilämpötila –5,3 °C). Huhti- ja toukokuu olivat lämpötiloiltaan hieman keskimääräistä lämpimämpiä.

### Routa

Tutkimusjaksolla maa jäätyni tammikuun 2009 alkupäivinä ja pysyi jäässä huhtikuun lopulle asti. Tammi-maaliskuussa roudan syvyys oli keskimäärin noin 50 cm ja ylsi syvimmillään maaliskuun puolivälissä 60 cm:n syvyyteen. Talvi 2008–2009 oli selvästi edeltäjänsä kylmempi ja routa sulii lähes kuukautta myöhemmin kuin edellisenä keväänä. Nummelan koekentän roudan syvyys talvina 2008–2009 ja 2009–2010 (15.2.2010 asti) on esitetty liitteessä 2.

### Lumi

Talvi 2008–2009 oli myös lumisempi kuin edeltäjänsä. Mitattavaksi asti lunta satoi tammikuun alkupäivinä eikä maa paljastunut kuin vasta huhtikuun alussa. Tammi-helmikuun ajan lunta oli keskimäärin noin 13 cm:n paksuudelta ja maaliskuussa lumikerros oli kymmenisen senttimetriä paksumpi. Lumet sulivat nopeasti huhtikuun alkupuolella. Lumen syvyys oli maalishuhtikuun vaihteessa Nummelan koekentällä noin 20 cm. Lumen vesiarvoja koekentällä ei mitattu. Jokioisissa aukealla paikalla tehdyissä mittauksissa (Suomen ympäristökeskus) lumen vesiarvo oli 15.2.2009 28 mm ja 14.3.2009 55 mm ja kevään viimeisessä (5.4.2009) mittauksessa 28 mm. Lumen syvyys Nummelan koekentällä talvina 2008–2009 ja 2009–2010 (11.2.2010 asti) on esitetty liitteessä 2.

## 4.9 Kalibrointijakson tulokset

### Valunta

Kalibrointijakson vesimäärämittaukset Nummellan koekentällä alkoivat toukokuussa 2007 ja päättyivät reilun vuoden päästä 31.5.2008. Kalibrointijakson 12 viimeisen kuukauden valunnat on esitetty taulukossa 4.6 ja sadannan ja koalueiden pinta- ja salaojavaluntojen summakäyrät liitteissä 3–5.

Vierekkäin sijaitsevien koalueiden B ja C salaoja- ja pintakerrosvalunnat olivat varsin lähellä toisiaan. Kolmannen kapeamman ojavälin (16 m) alueen A salaojavalunta oli selvästi pienempi kuin alueilla B ja C. Harvan ojavälin (32 m) alueen D salaojavalunta oli alle puolet alueiden C ja B määrästä. Pintakerrosvaluntaa syntyi kalibrointijaksolla eniten harvan ojavälin alueella D. Alueen A, jonka pinta-ala oli selvästi suurempi kuin alueiden B ja C, pintakerrosvalunta oli 75 % alueen D vastaavasta.

Liitteessä 4 esitetyt koalueiden salaojavalunnan summakäyrät ovat varsin samanmuotoisia. Koalueiden pintakerrosvalunnat eivät ajallisesti seuranneet toisiaan aivan yhtä hyvin kuin salaojavalunnat (liite 4). Muista koalueista poiketen alueelta B pintakerrosvaluntaa syntyi enemmän vasta vuoden 2007 joulukuun alussa. Alueiden A ja D pintakerrosvalunnat sattuivat likimain samoihin aikoihin, valtaosa pintakerrosvalunnasta kertyi helmikuun ja huhtikuun 2008 välisenä aikana. Pääosa alueen C pintakerrosvalunnasta kertyi A:ta ja D:tä hieman myöhemmin, maaliskuun puolivälistä huhtikuun puoliväliin.

Koalueiden kalibrointijakson valuntakertoimet (pintakerrosvalunta+ salaojavalunta/sadanta) ja pintakerrosvalunnan osuudet on esitetty taulukossa 4.7. Eniten valuntaa muodostui vierekkäisillä alueilla C ja B, joilla pintakerrosvalunnan osuudet olivat pienimmät. Vähiten valuntaa mitattiin harvan ojavälin alueella D, jolla pintakerrosvaluntaa muodostui suhteessa eniten. Sekä valuntakertoimen että pintakerrosvalunnan osuuden puolesta ääripäiden väliin jäi alue A.

Taulukko 4.6. Pinta- ja salaojavalunnat (mm) sekä sadanta (mm) koalueittain kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D	Sadanta*
Salaojavalunta	151	231	217	96	
Pintakerrosvalunta	40	27	31	53	
Yhteensä	191	258	248	149	715

\* korjattu sadanta, vesisateen korjauskertoimien 1,05 ja lumisateen 1,3.

Taulukko 4.7. Valuntakertoimet ja pintakerrosvalunnan suhteelliset osuudet kalibrointijaksolla.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta / valuntakerroin	0,21	0,32	0,30	0,13
Pintakerrosvalunta / valuntakerroin	0,06	0,04	0,04	0,07
Kokonaisvaluntakerroin	0,27	0,36	0,35	0,21
Pintakerrosvalunnan osuus, %	21	10	12	36

### Valumaveden laatu

Kalibrointijakson automaattinen vesinäytteiden keruu aloitettiin maaliskuun 2007 lopulla. Toukokuun 2008 loppuun mennessä kokoomänäytteitä oli kertynyt salaojavedestä seuraavasti: Alue A 21 kpl, Alue C 23 kpl, Alue B 29 kpl ja Alue D 25 kpl. Pintakerrosvalunnasta saatujen näytteiden lukumäärät olivat vastaavasti: 14, 12, 9 ja 21.

Taulukoihin 4.8–4.11 on koottu valuntavesien ravinnepitoisuuksien (kokonais-typpi, kokonaisfosfori ja liukoinen fosfaattifosfori) ja kiintoainepitoisuuksien (haihdutusjäynnös) minimi-, maksimi- ja keskiarvot vuoden pituisella jaksolla 1.6.2007–31.5.2008. Nitraatti- ja ammoniumtyypen pitoisuudet on esitetty liitteessä 8.

Salaojavalunnan ainepitoisuuksien ajallinen vaihtelu on esitetty liitteissä 6–8 ja pintakerrosvalunnan liitteissä 9–11. Näytteenottoväleillä kertyneet sadesummat ovat liitteessä 12.

Salaojaveden keskimääräiset kokonaistyyppipitoisuudet olivat alueilla C, B ja D lähes samansuuruiset. Alueen A salaojavalunnan kokonaistyyppipitoisuus oli keskimäärin lähes kaksinkertainen kolmen muun alueen tyyppipitoisuuteen verrattuna. Pintakerrosvaluntavesien tyyppipitoisuuksien keskiarvot olivat alueilla B ja C suurempia kuin alueiden salaojaveden vastaavat pitoisuudet. Pinta-alaltaan isommilla koalueilla A ja D tilanne oli päinvastainen. Alueiden C ja A pintakerrosvalunnan tyyppipitoisuuksien keskiarvo oli yli kaksinkertainen harvan ojavälin alueen D keskiarvopitoisuuteen verrattuna.

Kaikilla kolmella 16 metrin ojavälin koalueella (A, B ja C) salaojavalunnan kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo oli alempi kuin kunkin alueen pintakerrosvalunnan fosforipitoisuus. Sekä salaojavalunnan että pintakerrosvalunnan fosforipitoisuuksien keskiarvot laskivat järjestyksessä A, C ja B. Alueen A pintakerrosvalunnan

Taulukko 4.8. Kokonaistyyppipitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimi-arvot ( $\text{mg l}^{-1}$ ) kalibrointijaksolla.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max
Salaojavalunta	2,5 / 12,1 / 52,5	1,6 / 7,4 / 27,5	1,5 / 7,1 / 21,0	1,9 / 6,9 / 25,4
Pintakerros-valunta	1,2 / 10,4 / 56,3	1,9 / 11,0 / 34,3	2,0 / 8,6 / 15,6	1,0 / 4,9 / 22,6

Taulukko 4.9. Kokonaisfosforipitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimi-arvot ( $\text{mg l}^{-1}$ ) kalibrointijaksolla.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max
Salaojat	0,13 / 0,96 / 4,08	0,28/0,94 / 0,22	0,05/0,76 / 1,66	0,21 / 0,82/2,64
Pintakerros-valunta	0,06 / 1,42/4,94	0,45/ 1,38/3,21	0,05/0,86 / 1,94	0,06/0,52 / 1,64

Taulukko 4.10. Liukoisen fosforin pitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimi-arvot ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) kalibrointijaksolla.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max
Salaoja-valunta	16 / 125 / 1040	7 / 186 / 881	3 / 87 / 301	10 / 157 / 1348
Pintakerros-valunta	9 / 93 / 622	9 / 218 / 1364	5 / 32 / 86	3 / 26 / 63

Taulukko 4.11. Kiintoainepitoisuuksien (haihdutusjäynnös) minimi-, keski- ja maksimi-arvot ( $\text{mg l}^{-1}$ ) kalibrointijaksolla.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max
Salaojavalunta	180 / 668 / 1520	220/562/1020	140/558/1080	120/570/1360
Pintakerros-valunta	120/1179/4400	220/958/1640	260/619/1160	180/553/1520

kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo oli alueen B vastaavaan nähden 1,6-kertainen ja alueen D pitoisuuteen nähden 2,6-kertainen. Alueella D keskimääräinen fosforipitoisuus oli salaojavedessä pintakerrosvalunnan pitoisuutta korkeampi.

Saman ojavälin (16 m) alueista liukoisen fosforin keskimääräinen pitoisuus oli pienin sekä salaoja- että pintakerrosvaluntavedessä alueella B. Varsinkin alueen B pintakerrosvaluntanäytteiden maksimiarvo oli verrattain pieni, noin 14 % alueen A ja vain 6 % alueen C liukoisen fosforin mitatusta maksimista. Kokonaisravinteista poiketen liukoisen fosforin korkein pitoisuuksien keskiarvo mitattiin alueelta C, sekä salaojavedestä että pintakerrosvalunnasta. Harvan ojavälin (32 m) alueella D liukoisen fosforin pitoisuuden vaihteluväli oli salaojaveden osalta suurin ja pintakerrosvaluntaveden osalta pienin.

Kokonaisravinteiden pitoisuuksien tapaan myös salaojaveden kiintoainepitoisuuden keskiarvo oli korkein alueella A. Alueiden C, B sekä D salaojavalunnan kiintoainepitoisuuksien keskiarvot olivat käytännössä yhtä suuret. Myös pintakerrosvalunnan kiintoainepitoisuus oli korkein alueella A ja alin alueella B, noin puolet alueen A pitoisuudesta. Alueen D pintakerrosvalunnan kiintoainepitoisuus oli keskimäärin hieman alempi kuin alueen B vastaava pitoisuus.

### Ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat

Koalueilta valtaajaan kulkeutuneet ravinne- ja kiintoainemäärät laskettiin kunkin näytteenottovälin ainepitoisuuksien ja vesimäärän tulona.

Koalueiden kalibrointijakson (1.6.2007–31.5.2008) kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja kiintoainehuuhtoumat sekä liukoisen fosforin huuhtoumat on koottu taulukoihin 4.12–4.15.

Kalibrointijaksolla kolmen 16 metrin ojavälin koalueen (A, C ja B) kokonaistyyppikuormitukset olivat lähellä toisiaan. Alueelta D tullut tyyppikuormitus oli reilu kolmannes muiden alueiden vastaavasta. Kaikilla koalueilla valtaosa tyyppihuuhtoumasta kulkeutui salaojien kautta. Pintakerrosvalunnan keruujärjestelmän kautta tuli alueesta riippuen 12–17 % tyyppihuuhtoumasta. Suurin pintakerrosvaluntahuuhtouman osuus oli alueella D.

Alueiden C ja B salaojavesien kokonaisfosforihuuhtoumat olivat alueen A huuhtoumaan verrattuna 1,3-kertaisia. Alueen D salaojista tullut kokonaisfosforikuormitus jäi puoleen tiheämmin ojitettuihin koalueisiin verrattuna. Pintakerrosvaluntakuormituksen osuus fosforin kokonaiskuormituksesta oli alueilla C ja B 13 %. Kolmas 16 metrin ojavälin koalue (A) poikkesi tässä suhteessa kahdesta muusta alueesta, sillä sen fosforikuormituksesta 35 % tuli pintakerrosvalunnan mukana. Alueella D pintakerrosvaluntakuormituksen osuus oli 31 %.

Kalibrointijaksolla selvästi eniten liukoista fosforia huuhtoutui alueelta C. Salaojaveden mukana alueelta C kulkeutui liukoista fosforia lähes kolme kertaa alueen A määrä. Alueen B kuormitukseen verrattuna alueen A kuormitus oli noin 1,7-kertainen ja vertailualueen D noin 3,6-kertainen. Pintakerrosvaluntahuuhtouma alueelta C toi muihin alueisiin nähden 6–10 -kertaisen määrän liukoista fosforia.

Salaojien kautta tullut kiintoainekuorma oli suurin alueelta B. Alueen A salaojavalunnan mukana tullut kuormitus oli myös kiintoaineen osalta hieman pienempi kuin alueella C. Salaojavalunnan kiintoainekuorma jäi alueella D alle puoleen kolmen muun alueen vastaavaan kuormitukseen verrattuna. Selvästi eniten pintakerrosvalunta kuljetti kiintoainetta alueelta A ja vähiten alueelta B.

Taulukko 4.12. Kokonaistyyppihuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) kalibrointijaksolla.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	16,2	17,7	17,4	6,2
Pintakerros-valunta	2,3	2,7	2,3	1,3
Yhteensä	18,5	20,4	19,7	7,5

Taulukko 4.13. Kokonaisfosforihuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) kalibrointijaksolla.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	1,6	2,1	2,0	0,8
Pintakerros-valunta	0,63	0,39	0,30	0,37
Yhteensä	2,2	2,5	2,3	1,2

Taulukko 4.14. Liukoisen fosforin huuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) kalibrointijaksolla.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	0,13	0,36	0,21	0,10
Pintakerros-valunta	0,03	0,19	0,02	0,02
Yhteensä	0,16	0,55	0,23	0,12

Taulukko 4.15. Kiintoainehuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) kalibrointijaksolla.

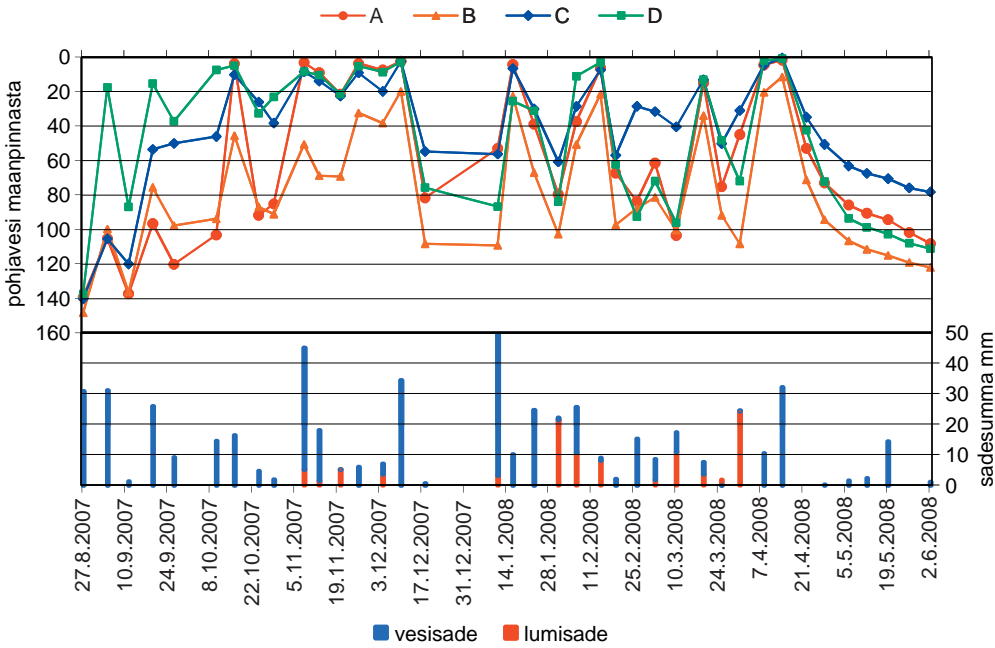
	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	1180	1280	1403	591
Pintakerros-valunta	594	224	176	347
Yhteensä	1774	1504	1576	948

## Pohjavedenpinnan korkeus

Kalibrointijaksolla kaikilla neljällä alueella oli viisi pohjavesiputkea sijoitettuna vierekkäisten imuojien puoliväliin. Niistä tehtiin manuaalisia mittauksia noin viikoittain. Pohjavedenpinnan taso vaihteli kalibrointijakson aikana voimakkaasti vesisateiden sekä roudan ja lumen sulamisen mukaan (kuva 4.8). Kalibrointijaksolla, maaliskuukuussa 2008, automaattisesti mitatut pohjavedenkorkeudet pisteistä A3 ja C3 on esitetty liitteessä 13.

Sulan maan aikana pohjavesi nousi lähelle maanpintaa rankkojen vesisateiden jälkeen, kun maa oli valmiiksi märkää (16.10.2007, 2.-13.11.2007 ja 8.-14.4.2008). Kalibrointijaksolla tehdyt pohjavesimittaukset ajoittuivat melkein kokonaan kasvukauden ulkopuolelle, ja niihin sisältyi vain yksi kuiva jakso huhti-toukokuussa 2008. Pohjavesi laski tuolloin salaojasyvyyden alapuolelle tai sen lähelle eikä 11 mm:n sateen vaikutus ulottunut pohjaveteen asti. Kalibrointijakson aikana ei saatu selville, kuinka syvälle pohjavesi olisi laskenut, jos kuiva jakso olisi ollut pitempi.

Pohjavedenpinnan vaihtelu oli voimakasta myös talvikaudella, joka oli lauha ja jolloin routaa oli enimmillään vain 30 cm ja lunta vain 10 cm (ks. liite 2). Routaa esiintyi 26.11.2007–31.3.2008, mutta se sulii pinnasta useaan otteeseen talven aikana ennen kuin kevään sulaminen alkoi 10.3.2008. Pohjavesi laski syvemmälle aina pakkasjaksojen aikana, kun maa oli kunnolla roudassa (18.12.2007–11.1.2008,



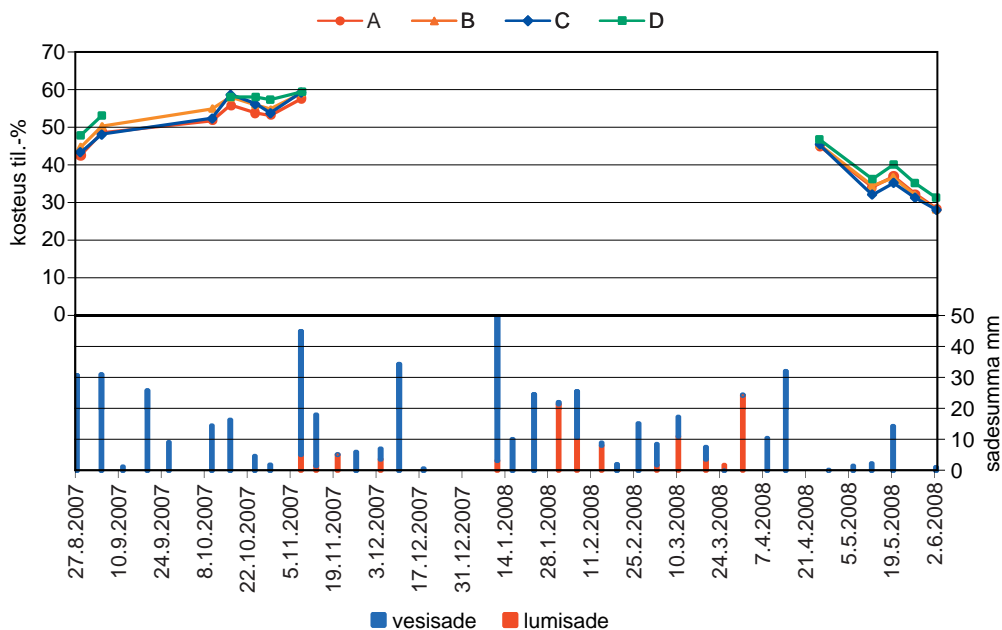
Kuva 4.8 Pohjavedenpinnan korkeudet (manuaalisten mittausten keskiarvot, n=5) sekä sadesummat mittausajankohdittain (noin yksi viikko) kalibrointijaksolla.

31.1.2008, 19.2.2008, 3.3.2008 ja 25.3.2008). Pohjavesi nousi lähelle maan pintaa vesisateiden jälkeen, jotka samalla sulattivat routaa (10.12.2007, 16.-23.1.2008, 6.-11.2.2008 ja 10–19.3.2008).

Pohjavedenpinnan korkeus vaihteli paljon samalla alueella olevien putkien välillä. Erityisesti alueella B hajonta oli suurta. Osa pohjavesiputkista jäättyi helmi-maaliskuussa eikä mittauksia saatu tehdyksi kaikista putkista. Kunkin alueen viiden havaintoputken pohjavesimittausten keskiarvot ja keskihajonnat on esitetty liitteessä 14. Pohjavedenkorkeudet testattiin myös tilastollisesti. Alueiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja, mutta ne vaihtelivat ajanjaksolta toiselle ( $P < 0,001$ ).

Kalibrointijakson syksyllä alueiden A ja B pohjavedenpinnan korkeudet eivät eronneet toisistaan ( $P < 0,001$ ) ja olivat syvemmällä kuin C:n ja D:n. Alueen D pohjavesi oli korkeimmalla ja erosi melkein merkitsevästi C:stä ( $P < 0,10$ ). Talvikaudella alue B erosi kaikista muista ( $P < 0,001$ ) siten, että sen pohjavesi oli muita syvemmällä. Keväällä kuivana aikana puolestaan alueiden A ja D pohjavedet käyttäytyivät keskenään samaan tapaan ( $P < 0,001$ ). B oli kuivin ja erosi melkein merkitsevästi D:stä ( $P < 0,001$ ). Alueen C pohjavesi oli merkitsevästi korkeammalla kuin muiden. Koko kalibrointijaksoa tarkasteltaessa alueet C ja D eivät eronneet toisistaan ( $P < 0,001$ ), ja niiden pohjavesi oli korkeammalla kuin muiden.

Kalibrointijakson perusteella vaikuttaa siltä, että 16 metrin ojavälein ojitetuista alueista B:n pohjavesi on luontaisesti syvemmällä kuin muiden niin märkinä kuin kuivina kausina. Alueella C pohjavesi puolestaan on korkeammalla kuin muilla alueilla. Alue A on enemmän alueen B kaltainen kuin C:n. Alue C muistuttaa 32 metrin ojavälein ojitettua aluetta D. Alueen C pohjavesi näyttäisi pysyvän kuivina aikoina jopa ylempänä kuin D:n. Kalibrointikauden lyhyydestä ja alueiden sisäisestä hajonnasta johtuen johtopäätöksiin täytyy suhtautua varauksella.



Kuva 4.9. Maan kosteus 0–30 cm:n syvyydessä kalibrointijaksolla alueilla A–D. Käyrän jokainen piste muodostuu kymmenen mittauksen keskiarvosta.

### Maan kosteus

Maan kosteus 0–30 cm:n syvyydessä vaihteli samaan tapaan säätilan mukaan jokaisella ruudulla. Alueilla A–C, joissa ojaväli oli 16 metriä, kosteudet olivat jokaisella mittauskerralla likimain samat. Erot olivat yleensä 0–2 tilavuusprosenttiyksikköä, enimmillään 3. Alue D, jossa ojaväli oli 32 metriä, oli jatkuvasti muutaman tilavuusprosenttiyksikön kosteampi kuin muut alueet. Sateiden jälkeen tehdyissä mittauksissa alueiden väliset erot olivat pienimmillään kuten syksyn viimeisessä (8.11.2007, sadanta edellisellä viikolla 38 mm) ja kevään ensimmäisessä (25.4.2008, sadanta edellisellä viikolla 30 mm) mittauksessa. Kalibrointijakson maan kosteudet 0–30 cm:n syvyydessä on esitetty kuvassa 4.9.

## 4.10 Tutkimusjakson tulokset

Varsinainen tutkimusjakso alkoi kesäkuun alussa 2008 tehtyjen täydennysojitus-työiden jälkeen. Tutkimusjaksosta tarkasteltiin erikseen ajanjaksoa 5.6.2008–31.5.2009, jotta saatiin samanmittainen jakso kuin kalibrointijakso, ja ajanjaksoa 1.6.2009–31.12.2009. Jälkimmäisellä jaksolla, syys-lokakuun vaihteessa 2009, tehtiin alueella A maan kohotus (jankkurointi).

### Valunta

Valunta kesäkuu 2008–toukokuu 2009

Ensimmäisen vuoden pituisen jakson valunnat täydennysojituksen jälkeen on esitetty taulukossa 4.16.

Keväällä sulannan aikana (29.3.–17.4.2009) pintakerrosvalunnan mittauksessa (alueet C ja B) esiintyneet epäselvyydet vaikeuttivat pinta- ja kokonaisvalun-



Taulukko 4.16. Salaoja- ja pintakerrosvalunnat (mm) sekä sadanta (mm) 6.6.2008–31.5.2009.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D	Sadanta*
Salaojavalunta	130	221	125	63	
Pintakerrosvalunta	51	32	94**	50	
Yhteensä	181	253	219	113	646

\* korjattu sadanta, vesisateen korjauskertoimien 1,05 ja lumisateen 1,3.

\*\* Alueelta B mitattiin keväällä huomattavan paljon pintakerrosvaluntaa, kstarkemmin kohta Kevään 2009 valunta

jen sekä huuhtoumien laskemista ja vertailua. Tämän vuoksi mittauksista ei laskettu pinta- ja kokonaisvalunnan kertoimia. Salaojavalunnan kerroin (valunta/sadanta) alueella A oli 0,20, alueella C 0,34, alueella B 0,19 ja alueella D 0,10. Sulantajaksoa käsitellään tarkemmin kohdassa kevään 2009 valunta.

Tutkimusjakson ensimmäisen vuoden aikana eniten salaojavaluntaa muodostui täydennysojitetulla (ojaväli 8 m) alueella C. Alueen C salaojavalunnan määrä oli vertailualueeseen B (ojaväli 16 m) nähden noin 1,8-kertainen. Tiheän ojavälin (6 m) koalueella A salaojavaluntaa mitattiin hieman vertailualueella B enemmän. Harvan ojavälin (32 m) vertailualueen D salaojavalunnan määrä oli noin 50 % alueen B salaojavalunnasta.

#### Kevään 2009 valunta

Lumi sulii koalueilta huhtikuun ensimmäisellä viikolla maan ollessa vielä jäässä. Taulukossa 4.17 on esitetty koalueilta mitatut salaoja- ja pintakerrosvaluntamäärät sekä sadesumma ajalta 31.3.–17.4.2009.

Taulukko 4.17. Mitatut salaoja- ja pintavalunnat sekä sadanta (mm) 29.3.-17.4.2009.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D	Sadanta
Salaojavalunta	14	28	10	5	
Pintakerrosvalunta	7	0	89	5	
Yhteensä	21	28	99	10	12

Sulannan aikaiset salaojavalunnat noudattelivat (suhteessa toisiinsa) tutkimusjaksolla aiemmin mitattuja. Eniten salaojavaluntaa syntyi alueella C ja vähiten vertailualueella D. Alueen C salaojavalunnan määrä oli alueen A salaojavaluntaan nähden kaksinkertainen. Vertailualue B synnytti salaojavaluntaa kaksinkertaisesti toiseen vertailualueeseen D verrattuna. Pintakerrosvalunnan osalta tilanne poikkesi aiemmasta selvästi. Alueen B pintakerrosvesimittarin läpi virtasi erittäin suuri vesimäärä ja samaan aikaan viereiseltä alueelta C ei pintakerrosvaluntaa mitattu lainkaan. Myös alueilta A ja D mitattiin verrattain vähän pintakerrosvaluntaa.

#### Valunta kesä–joulukuussa 2009

Kesällä ja syksyllä 2009 valuntaa muodostui Nummelan koekentällä varsin vähän. Kesäkuun valunnan määrä koalueilla vaihteli reilun kolmen ja yhdentoista millimetrin välillä. Heinä-lokakuussa valunta jäi kaikilla koalueilla alle yhteen millimetriin ja syksyllä valuntaa alkoi muodostua mainittavasti vasta marraskuun puolivälissä.

Kesä-joulukuun 2009 salaoja- ja pintakerrosvalunnat on esitetty taulukossa 4.18 ja valuntakertoimet (valunta/sadanta) sekä pintakerrosvalunnan osuus koko-

Taulukko 4.18. Salaoja- ja pintakerrosvalunnat (mm) sekä sadesumma (mm) 1.6.2009–31.12.2009. Valunta-arvot alueen A maan kohotuksesta vuoden loppuun (2.10.–31.12.2009) ovat suluisia.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D	Sadanta*
Salaojavalunta	24 (19)	57 (45)	48 (41)	34 (32)	
Pintakerrosvalunta	4 (4)	3 (3)	1 (1)	16 (14)	
Yhteensä	29 (23)	60 (48)	49 (42)	50 (46)	360 (145)

\* korjattu sadanta, vesisateen korjauskertoimien 1,05 ja lumisateen 1,3.

Taulukko 4.19. Valuntakertoimet ja pintakerrosvalunnan osuus 1.6.2009–31.12.2009.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	0,07	0,16	0,13	0,10
Pintakerrosvalunta	0,01	0,01	0,0	0,04
Kokonaisvalunta	0,08	0,16	0,14	0,14
Pintakerrosvalunnan osuus, %	15	4	2	31

naisvalunnasta taulukossa 4.19. Loka-joulukuun valunnat alueen A maan kohotuksen jälkeen on esitetty taulukossa 4.18.

Kesä-joulukuussa 2009 eniten valuntaa mitattiin alueelta C. Vähiten kokonaisvaluntaa (salaoja- ja pintavalunnan summa) mitattiin koealueelta A, noin 60 % vertailualueen B valunnasta. Valtaosa alueiden valunnasta syntyi marraskuussa. Salaojavalunnasta marraskuun osuus oli alueesta riippuen 70–88 %. Elokuusta lokakuuhun ei valuntaa muodostunut mitattavaksi.

Vuoden 2009 jälkimmäisellä puoliskolla valuntaa koealueilla muodostui verrattain vähän, etenkin alueella A, jonka kokonaisvaluntakerroin oli vain noin puolet muiden alueiden vastaavasta. Eniten pintakerrosvaluntaa syntyi harvan ojavälin vertailualueella D.

## Valumaveden laatu

### Ravinne- ja kiintoainepitoisuudet kesäkuu 2008–toukokuu 2009

Täydennysojitusten jälkeisellä tutkimusjaksolla kesäkuusta 2008 toukokuuhun 2009 saatiin kaikilta alueilta 13 salaojavaluntanäytettä. Pintakerrosvalunnasta näytemäärät olivat: alue A 9, alue C 6, alue B 2 ja alue D 11 kappaletta. Valumavesistä mitattujen ravinnepitoisuuksien (kokonaistyyppi, kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori) ja kiintoainepitoisuuksien (haihdutusjäännös) minimi-, maksimi- ja keskiarvot tutkimusjaksolla 6/2008–5/2009 on esitetty taulukoissa 4.20–4.23. Salaojavalunnan ainepitoisuuksien ajallinen vaihtelu on esitetty liitteissä 15–17 ja pintakerrosvalunnan liitteissä 18–20. Näytteenottoväleillä kertyneet sadesummat ovat liitteessä 21.

Tutkimusjaksolla 6/2008–5/2009 alueen A salaojavesinäytteiden kokonaistyyppipitoisuus oli systemaattisesti suurempi kuin muilta alueilta samanaikaisesti otettujen näytteiden. Alueen A salaojaveden kokonaistyyppipitoisuuden keskiarvo oli koealueen C keskiarvoon nähden noin kolminkertainen ja vertailualueisiin B ja D nähden yli viisinkertainen. Myös alueen A pintakerrosvalunta oli selvästi tyyppipitoisempaa kuin alueen C ja vertailualueen D. Alueen B pintakerrosvalunnasta saatiin jaksolla vain kaksi näytettä.

Alueen C salaojaveden kokonaisfosforipitoisuus oli lähes jokaisessa näytteessä

suurempi kuin vastaavan ajankohdan näytteessä alueelta A. Syksyllä 2008 erot olivat suuremmat kuin keväällä 2009. Selvästi korkein keskipitoisuus oli kuitenkin vertailualueen B salaojavesissä. Alueen D keskimääräinen pitoisuus oli samaa suuruusluokkaa kuin alueella C. Alueen C pintakerrosvalunnan kokonaisfosforipitoisuudet olivat kunkin näytteen osalta selvästi muita alueita suurempia. Keskimääräinen fosforipitoisuus oli alueella C alueen A pitoisuuteen verrattuna noin 2,5-kertainen.

Liukoisen fosforin pitoisuudet eri alueiden salaojavesissä vaihtelivat samaan tapaan kuin kokonaisfosforin. Alueen C liukoisen fosforipitoisuudet olivat alueen A pitoisuuksiin nähden keskimäärin noin kolminkertaiset. Vertailualueella B keskipitoisuus oli korkein ja harvan ojavälin vertailualueella D alueiden A ja C välissä. Pintakerrosvalunnan osalta alueen C pienin pitoisuus oli suurempi kuin alueen A suurin pitoisuus. Vertailualueen D liukoisen fosforin pitoisuudet jäivät useimmiten alueiden C ja A pitoisuuksien väliin. Alueen B pintakerrosvalunnasta saatiin tällä vuoden pituisella jaksolla vain kaksi kokoomanäytettä.

Salaojaveden kiintoainepitoisuudet olivat alueilla A ja C lähellä toisiaan, syksyllä 2008 alueen C kiintoainepitoisuudet olivat alueen A pitoisuuksia suurempia ja talvella ja keväällä 2009 tilanne oli toisin päin. Vertailualueista alueen B kiintoainepitoisuudet olivat alueen D pitoisuuksia korkeampia. Korkein pintakerrosvalunnan kiintoainepitoisuuden keskiarvo mitattiin alueelta C, joka oli alueen A keskiarvoon verrattuna noin 1,7-kertainen. Vertailualueen D kiintoainepitoisuus oli samaa tasoa

Taulukko 4.20. Kokonaistyyppipitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (mg l<sup>-1</sup>) tutkimusjaksolla 6/2008-5/2009.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max
Salaojavalunta	5,0 / 17,7/ 30,3	2,1 / 5,8 / 19,5	1,4 / 3,3 / 6,2	1,4 / 2,4 / 4,2
Pintakerrosvalunta	2,8 / 15,8/ 33,0	2,0 / 3,6 / 5,5	1,2 / 1,8/ 2,4	1,4 / 3,3/ 9,4

Taulukko 4.21. Kokonaisfosforipitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (mg l<sup>-1</sup>) 6/2008-5/2009.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max
Salaojavalunta	0,07/0,57 /2,09	0,22/ 0,99 / 2,01	0,25 /1,41 / 2,42	0,33/0,83/ 1,39
Pintakerrosvalunta	0,13/0,76 /1,52	1,13/1,87/2,54	0,19/ 0,38 / 0,57	0,21/ 0,69/1,62

Taulukko 4.22. Liukoisen fosforin pitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (µg l<sup>-1</sup>) 6/2008-5/2009.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max
Salaojavalunta	10 / 26 /47	36 / 83 / 111	76 / 110 / 139	46 / 64 / 149
Pintakerrosvalunta	25 / 33 / 46	54 / 84 / 101	87 / 99 /110	33 / 42 / 61

Taulukko 4.23. Kiintoainepitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (mg l<sup>-1</sup>) 6/2008-5/2009

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max	min / ka. / max
Salaojavalunta	280 / 700/2340	200/ 720/ 1380	180/ 948/ 1620	280/ 643/ 1140
Pintakerrosvalunta	140/ 784/ 1540	880/1360/1820	100/ 210/ 320	160/ 690/ 1620

kuin alueella A. Alueen B pintakerrosvalunnasta saatiin tällä vuoden pituisella jaksolla vain kaksi näytettä.

#### Ravinne- ja kiintoainepitoisuudet kesä-joulukuussa 2009

Kesäkuussa 2009 koealueilla muodostui valuntaa siten, että vesinäytteitä saatiin kaikkien koealueiden salaojavalunnasta (1–2 kpl) sekä alueen D pintakerrosvalunnasta (2 kpl). Kesäkuun jälkeen vesinäytteitä saatiin kaikilta koealueilta seuraavan kerran vasta marraskuun puolivälissä. Marraskuussa näytteitä kertyi kaksi ja joulukuussa yksi. Kesä-joulukuun pitoisuudet on esitetty luvun 4 liitteissä 15–20.

Kesäkuussa salaojavesien kokonaistypen pitoisuudet vaihtelivat välillä 5,2–37 mg l<sup>-1</sup>. Suurimmat pitoisuudet esiintyivät edelleen alueella A. Myös alueen D näytteissä oli paljon typpeä, 23 mg l<sup>-1</sup>. Alueiden B ja C keskipitoisuudet olivat samansuuruiset noin 8 mg l<sup>-1</sup>. Alueen D pintakerrosvalunnan pitoisuudet (60 mg l<sup>-1</sup>) olivat noin 2,5-kertaiset sen salaojaveteen verrattuna. Salaojavesien kokonaisfosforin keskipitoisuudet olivat kesäkuussa 0,1–0,6 mg l<sup>-1</sup> ja liukoisen fosforin pitoisuudet 40–60 µg l<sup>-1</sup>. Kiintoainetta salaojavesissä oli 230–640 mg l<sup>-1</sup>. Suurimmat fosfori- ja kiintoainepitoisuudet olivat alueen D näytteessä. Alueen D pintakerrosvalunnassa kokonaisfosforia (0,11 mg l<sup>-1</sup>), liukoista fosforia (40 µg l<sup>-1</sup>) ja kiintoainetta (510 mg l<sup>-1</sup>) oli vähemmän kuin sen salaojavedessä. Ainepitoisuudet syksyllä 2009 on esitetty taulukoissa 4.24–4.27. Taulukoissa esitetyt arvot edustavat alueen A maan kohotuk-

Taulukko 4.24. Kokonaistypipitoisuuksien keskiarvot (mg l<sup>-1</sup>), syksy 2009 (n=1-3)

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo
Salaojavalunta	10,0	6,4	6,0	4,8
Pintakerrosvalunta	10,2	6,1	7,2	4,3

Taulukko 4.25. Kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvot (mg l<sup>-1</sup>), syksy 2009 (n=1-3)

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo
Salaojavalunta	0,680	1,532	1,977	1,503
Pintakerrosvalunta	1,105	2,018	1,695	1,399

Taulukko 4.26. Liukoisen fosforin pitoisuuksien keskiarvot (µg l<sup>-1</sup>), syksy 2009 (n=1-3)

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo
Salaojavalunta	18	48	52	26
Pintakerrosvalunta	20	58	40	25

Taulukko 4.27. Kiintoainepitoisuuksien keskiarvot (mg l<sup>-1</sup>), syksy 2009 (n=1-3)

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo
Salaojavalunta	660	900	1327	1227
Pintakerrosvalunta	1040	1380	1340	1213

sen jälkeistä ajanjaksoa. Syksyn typpipitoisuudet salaojavesissä olivat pienentyneet kesän arvoista kaikilla alueilla. Sitä vastoin kokonaisfosforin pitoisuudet olivat selvästi suurempia kuin kesäkuussa. Samoin kiintoainepitoisuudet olivat nousseet.

## Ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat

Koealueilta alapuoliseen Raiskionojaan kulkeutuneet ravinne- ja kiintoainemäärät laskettiin kunkin näytteenottovälin ainepitoisuuksien ja vesimäärän tulona.

### Ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat kesäkuu 2008–toukokuu 2009

Taulukoihin 4.28–4.31 on koottu tutkimusjakson vuoden pituiselta ajalta (6/2008–5/2009) kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja kiintoainehuuhtoumat sekä liukoisen fosfaattifosforin huuhtoumat. Kevään sulannan aikana (29.3.–17.4.2009) pintakerrosvalunnan mittauksessa olleet epäselvyydet (C pintakerrosvalunta 0 mm ja B pintakerrosvalunta 89 mm) vaikeuttivat kokonaishuuhtoumien laskemista ja vertailua.

Tutkimusjakson ensimmäisenä vuonna suurin kokonaistyyppihuuhtouma syntyi alueella A. Salaojavalunnan typpikuormitus oli alueella A lähes kolminkertainen alueen C salaojakuormitukseen verrattuna. Vertailualueen B salojien kokonaistyyppikuorma oli 15 % ja vertailualueen D 6 % alueen A aiheuttamasta kuormituksesta.

Taulukko 4.28. Kokonaistyyppihuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) tutkimusjaksolla 6/2008-5/2009

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	23,4	8,7	3,6	1,3
Pintakerrosvalunta	7,8	1,1	1,2	1,8
Yhteensä	31,2	9,8	4,8	3,1

Taulukko 4.29. Kokonaisfosforihuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) tutkimusjaksolla 6/2008-5/2009

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	0,7	2,6	2,1	0,6
Pintakerrosvalunta	0,4	0,7	0,2	0,3
Yhteensä	1,1	3,3	2,3	0,9

Taulukko 4.30. Liukoisen fosforin huuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) tutkimusjaksolla 6/2008-5/2009

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	0,03	0,21	0,14	0,04
Pintakerrosvalunta	0,02	0,03	0,08	0,02
Yhteensä	0,05	0,24	0,22	0,06

Taulukko 4.31. Kiintoainehuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) tutkimusjaksolla 6/2008-5/2009

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	831	1796	1307	454
Pintakerrosvalunta	420	475	104	310
Yhteensä	1251	2271	1411	764

Kevätsulannan aikana pintakerrosvaluntamittauksessa ilmenneistä epäselvyyksistä huolimatta voidaan sanoa, että alueen A pintakerrosvalunnan mukanaan kuljettama kokonaistyyppikuorma oli selvästi alueen C kokonaiskuormitusta suurempi ja vertailualueiden (B ja D) aiheuttamaan kuormitukseen nähden moninkertainen.

Eniten fosforia huuhtoutui alueelta C. Salaojavalunnan kokonaisfosforihuuhtouma alueelta C oli liki nelinkertainen alueen A huuhtoumaan verrattuna. Vertailualueen B salaojahuuhtouma oli kokonaisfosforin osalta noin 80 % ja vertailualueelta D reilut 20 % alueen C huuhtoumasta. Myös pintakerrosvalunnan fosforikuormittajana alue C oli suurin, vaikka keväällä ei pintakerrosvaluntaa mittausten mukaan tullut lainkaan.

Kokonaisfosforihuuhtouman tapaan eniten liukoista fosforia salaojaveden mukana kulkeutui alueelta C. Alueen C salaojien liukoisen fosforin huuhtouma oli alueen A vastaavaan verrattuna seitsenkertainen. Vertailualueilta salaojat toivat liukoista fosforia noin 70 % (alue B) ja 20 % (alue D) alueen C salaojahuuhtoumasta. Pintakerrosvalunnan liukoisen fosforin kuormitus oli alueilla A ja D yhtä suuri.

Tutkimusjakson ensimmäisen vuoden suurin kiintoainehuuhtouma mitattiin alueelta C. Salaojavalunnan kiintoainekuormitus alueelta C oli alueen A kuormitukseen nähden yli kaksinkertainen. Vertailualueen B salaojien kiintoainekuormitus oli noin 70 % ja harvan ojavälin vertailualueen D noin 25 % alueen C kuormituksesta. Kevään (mitatusta) nollavalunnasta huolimatta myös pintakerrosvalunnan kiintoainehuuhtouma oli alueelta C suurempaa kuin muilta alueilta.

#### Ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat kesä-joulukuussa 2009

Fosforia ja kiintoainetta kulkeutui hyvin vähän kesäkuun salaojavalunnan mukana kaikilta alueilta. Tyypeä huuhtoutui alueiden A, B ja C salaojista 0,3–0,5 kg ha<sup>-1</sup>, mutta alueelta D huuhtoumaa ei juurikaan tullut vähäisestä salaojavalunnasta johtuen. Sitä vastoin alueen pintakerrosvalunta kuljetti tyypeä 0,8 kg ha<sup>-1</sup> valtaojaan. Kesäkuun jälkeen seuraavan kerran merkittävää valuntaa ja siten kuormitusta muodostui vasta marraskuussa. Kesä-joulukuun 2009 kuormitusmäärät on esitetty taulukoissa 4.32–4.35. Taulukoissa on esitetty myös kuormitusarvot alueen A maan kohotuksesta (2. lokakuuta 2009) vuoden 2009 loppuun. Valtaosa ravinne- ja kiin-

**Taulukko 4.32.** Kokonaistyyppihuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) tutkimusjaksolla 6/2009–12/2009. Kuormitusarvot alueen A maan kohotuksesta vuoden loppuun ovat suluissa.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	2,4 (1,9)	3,5 (3,0)	2,7 (2,4)	1,5 (1,5)
Pintakerrosvalunta	0,4 (0,4)	0,2 (0,2)	0,03 (0,03)	1,5 (0,7)
Yhteensä	2,8 (2,3)	3,7 (3,2)	2,7 (2,5)	4,5 (2,2)

**Taulukko 4.33.** Kokonaisfosforihuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) tutkimusjaksolla 9/2009–12/2009. Kuormitusarvot alueen A maan kohotuksesta vuoden loppuun ovat suluissa.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	0,13 (0,12)	0,72 (0,71)	0,82 (0,82)	0,49 (0,49)
Pintakerrosvalunta	0,04 (0,04)	0,05 (0,05)	0,01 (0,01)	0,19 (0,18)
Yhteensä	0,17 (0,16)	0,77 (0,76)	0,83 (0,83)	0,68 (0,67)

**Taulukko 4.34.** Fosfaattifosforihuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) tutkimusjaksolla 9/2009–12/2009. Kuormitusarvot alueen A maan kohotuksesta vuoden loppuun ovat suluissa.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	0,004 (0,003)	0,02 (0,02)	0,02 (0,02)	0,01 (0,01)
Pintakerrosvalunta	0,001 (0,001)	0,001 (0,001)	0,002 (0,0002)	0,004 (0,004)
Yhteensä	0,005 (0,004)	0,02 (0,02)	0,02 (0,02)	0,01 (0,01)

**Taulukko 4.35.** Kiintoainehuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>) tutkimusjaksolla, 9/2009–12/2009. Kuormitusarvot alueen A maan kohotuksesta vuoden loppuun ovat suluissa.

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Salaojavalunta	126 (121)	429 (416)	556 (546)	403 (403)
Pintakerrosvalunta	39 (39)	32 (32)	5 (5)	168 (160)
Yhteensä	165 (160)	461 (448)	561 (552)	571 (563)

toainekuormituksesta kaikilta alueilta tuli salaojista. Pienimmällään salaojien osuus oli alueella D. Alueen A typpikuormitus oli lähes yhtä suuri kuin vertailualueen B. Alueelta C tyyppiä huuhtoutui 30 % enemmän kuin alueelta B.

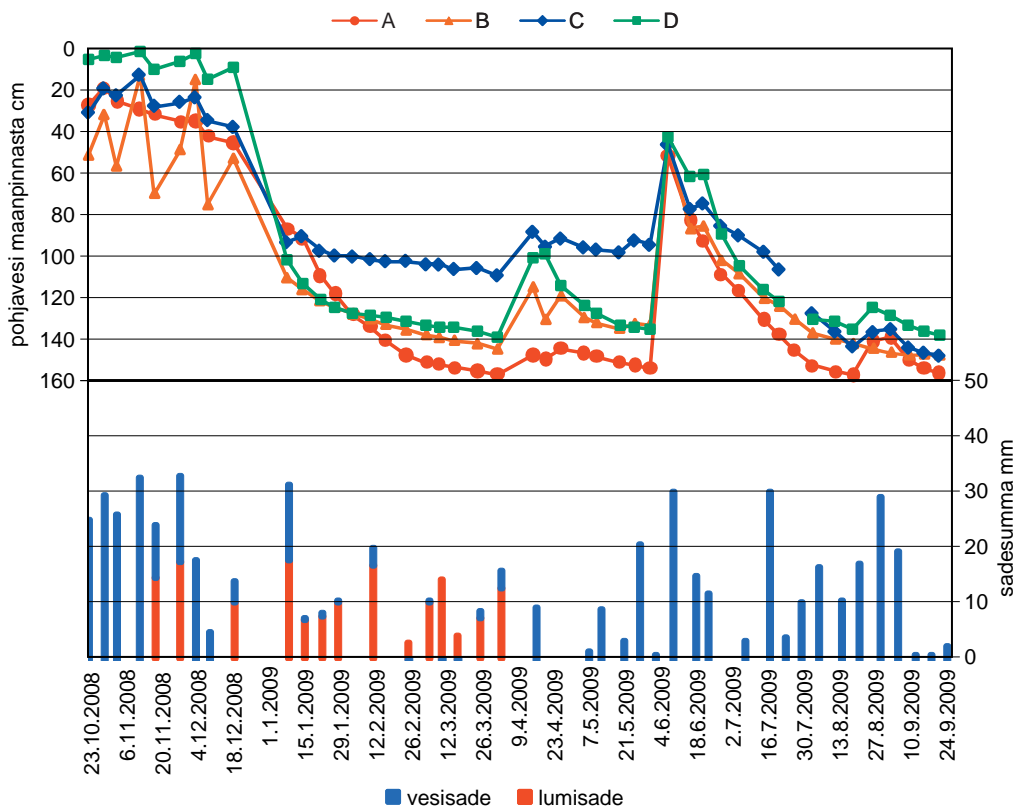
## Pohjavedenpinnan korkeus

### Ajanjakso A- ja C-alueiden täydennysojituksesta A-alueen maan kohotukseen

Täydennysojituksen jälkeen ennen A-alueen maan kohotusta pohjavedenpinnan korkeudet vaihtelivat rauhallisemmin kuin kalibrointijaksolla (kuva 4.10). Tosin syksyllä 2008, jolloin satoi runsaasti vettä, pinnankorkeudet vaihtelivat nopeasti erityisesti kuivimmalla alueella B. Alueen B pohjavedenpinnan vaihtelu erosikin tilastollisesti merkitsevästi A:sta ja D:stä ( $P=0,02$ ) ja melkein merkitsevästi C:stä ( $P<0,10$ ).

Maa routaantui vuodenvaihteessa 2008, minkä jälkeen pohjavesi laski salaojasyvyydelle tai sen alapuolelle ja pysytteli siellä huhtikuun alkuun asti, jolloin routa ja lumi alkoivat sulaa. Talvi oli selvästi kylmempi ja lumisempi kuin kalibrointijaksolla (ks. liite 2). Talvikaudella alue C erosi merkitsevästi kaikista muista alueista ( $P<0,001$ ) siten, että pohjavesi pysyi ylempänä. Alue D puolestaan erosi melkein merkitsevästi A:sta ja B:stä ( $P<0,10$ ).

Pohjavedenpinta nousi 10–40 cm huhtikuun alkupuoliskolla, jolloin yhteensä noin 20 mm:n sateet sulattivat roudan. Sitä seuranneen vähäsateisen jakson aikana pohjavesi laski lähes talven tasolle, kunnes 25.5.2009 mitattu 17 mm:n sade näkyi pienenä pohjavedenpinnan nousuna alueella C, jossa pohjavesi oli ennestäänkin korkeimmalla. Tämä sade täytti maan vesivarastoja niin että 5.6.2008 mitattu 30 mm:n sade nosti pohjaveden kaikilla alueilla 40–50 cm:n syvyyteen maanpinnasta. Tämän jälkeen pohjavesi laski. Reilut sateet hidastivat vedenpinnan laskua tai hie-man nostivat vedenpintaa sitä selvemmin, mitä korkeammalla vedenpinta oli (17.6. ja 22.6.2009). Syvällä olevaan vedenpintaan edes 16 mm:n sade ei vaikuttanut juuri mitenkään (16.7.2009). Huhtikuun alun ja heinäkuun lopun välisenä aikana alueet B ja D eivät eronneet toisistaan mutta A:n pohjavesi oli merkitsevästi syvemmällä ja C:n merkitsevästi ylempänä kuin muiden ( $P<0,001$ ).



Kuva 4.10. Pohjavedenpinnan korkeudet (manuaalisten mittausten keskiarvot, B:llä ja D:llä n=5, A:lla n=12 ja C:llä n=12) sekä sadesummat mittausajankohdittain (mittausväli noin yksi viikko) tutkimusjaksolla 5.6.2008-27.9.2009. Sadesumma sisältää sekä vetenä että lumena tulleen sadannan.

Loppukesän ja syksyn 2009 aikana pohjavesi pysytteli syvällä vaikka elokuu oli sateinen. 28.8.2009 mitattu sade kuitenkin nosti vedenpintaa kaikilla alueilla B:tä lukuun ottamatta. Loppukesällä ja syksyllä alue A erosi C:stä ja D:stä ( $P=0,01$ ) ja B melkein merkitsevästi D:stä ( $P<0,10$ ). A:n pohjavesi oli syvimmällä ja D:n korkeimmalla.

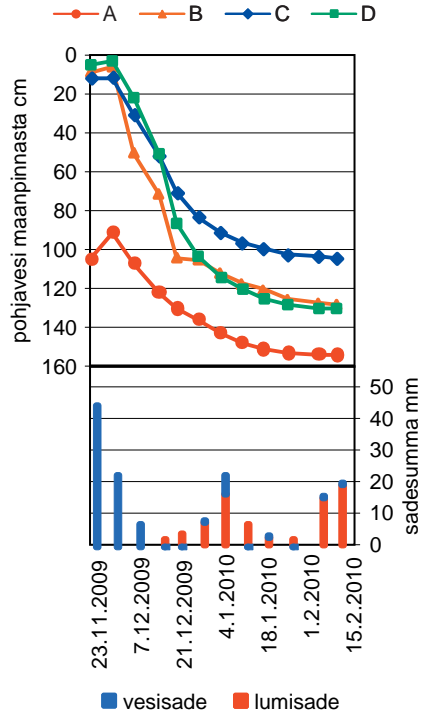
Automaattisesti mitatut pohjavedenpinnan korkeudet pisteistä A6 ja C5 on esitetty liitteessä 22. Kunkin alueen manuaalisten mittausten keskiarvot ja keskihajonnat on esitetty liitteessä 23 ja 24.

Tarkasteltaessakoko tutkimusjaksoa A- ja C-alueiden ojituksesta A-alueen kohotukseen asti voitiin todeta, että pohjavedenpinnan korkeus alueella A ei eronnut B:stä eikä C eronnut D:stä ( $P<0,001$ ). Muut erot olivat merkitseviä.

#### Ajanjakso A-alueen kohotukseen jälkeen

28.9.-1.10.2009 tehdyn A-alueen maan kohotuksen jälkeen (ja pohjavesiputkien takaisinasennuksen jälkeen) pohjavesi pysytteli lähellä maan pintaa marraskuun lopun vesisateiden ajan alueilla B, C ja D (kuva 4.11). Alueella A pohjavesi oli merkitsevästi syvemmällä ( $P<0,001$ ). Maa routaantui sateiden jälkeen, ja pohjavesi laski tasaisesti talven aikana salaojasyvyydelle tai sitä syvemmälle. Talven aikana alueet B ja D eivät eronneet toisistaan. A:lla pohjavesi oli merkitsevästi syvemmällä





Kuva 4.11. Pohjaveden pinnankorkeudet (manuaalisten mittausten keskiarvot, n=5-12) sekä sadesummat mittausväleillä (noin yksi viikko) tutkimusjaksolla sen jälkeen, kun alueelle A oli tehty maan kohotus.

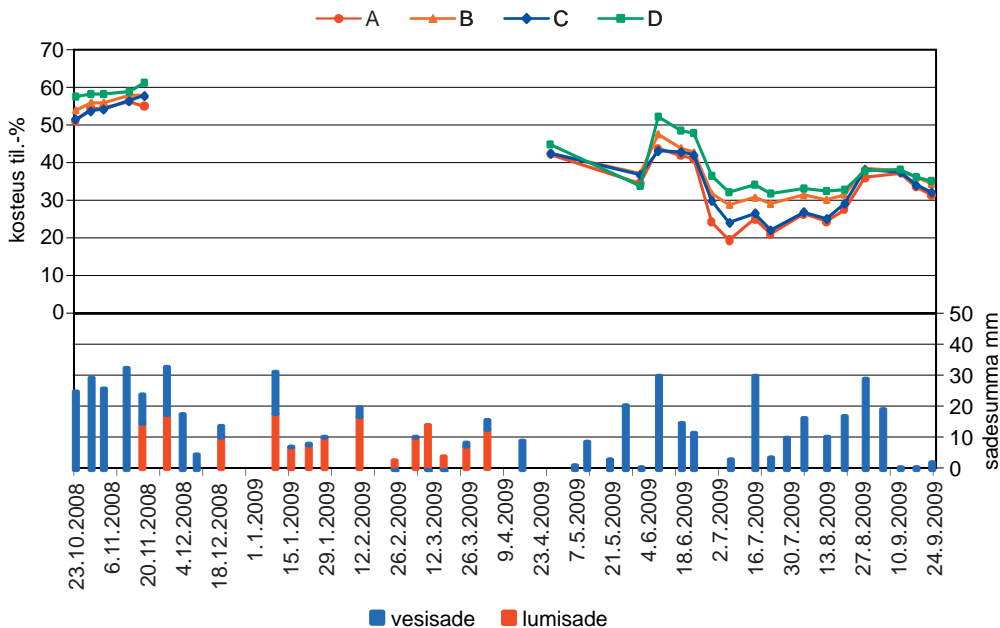
ja C:llä merkitsevästi korkeammalla kuin muilla alueilla ( $P < 0,001$ ). Koko kohotuksen jälkeistä aikaa tarkasteltaessa alue A erosi kaikista muista ( $P < 0,001$ ). Tulokset perustuvat kuitenkin hyvin lyhytaikaiseen mittausjaksoon.

### Maan kosteus

Kalibrointijakson ajan alueiden A-C (ojaväli 16 m) kosteudet 0–30 cm syvyydessä olivat olleet likimain samansuuruiset. Täydennysojitusten jälkeen alueiden välillä alkoi näkyä eroja; alueet A ja Colivat kuivempia kuin täydennysojittamaton alue B. Ero oli tilastollisesti merkitsevä ( $P < 0,01$ ). Erot näkyivät erityisesti kesän aikana, jolloin maa oli kuivimmillaan. Alueiden A ja C kosteudet eivät eronneet merkitsevästi toisistaan. Ero oli yleensä enintään yksi prosenttiyksikkö. Kesällä alue A (6 m ojaväli, suodatinkangas) oli pitkän vähäsateisen jakson jälkeen enimmillään kuusi prosenttiyksikköä kuivempi kuin alue C (perinteinen täydennysojitus). Alue D, jonka ojaväli oli 32 m, oli jatkuvasti muita kosteampi. Sen kosteus erosi merkitsevästi täydennysojitetuista alueista A ja B ( $P < 0,01$ ), muttei vertailualueesta B. Sateiden jälkeen alueiden väliset erot olivat pienimmillään kuten kalibrointijaksollakin. Tutkimusjaksolla mitatut maan kosteudet (0–30 cm) on esitetty kuvassa 4.12

### Sadon määrä ja laatu

Koekentän satomäärät noudattivat kumpanakin mittausvuonna (2008 ja 2009) järjestystä parhaasta sadosta huonoimpaan: B (vertailualue, ojaväli 16 m), C (täydennysojitusmenetelmä I, ojaväli 8 m), A (täydennysojitusmenetelmä II, ojaväli 6 m), D (vertailualue, ojaväli 32 m). Tilastollisesti koekentän satomäärissä ja sadon laadussa oli joitain alueiden välisiä eroja. Kun tarkasteltiin vuosien 2008 ja 2009 keskiarvoja, havaittiin seuraavia tilastollisesti merkitseviä eroja: Alueiden A, B ja C kuiva-ainesato oli suurempi kuin alueen D (vertailualue, ojaväli 32 m). Lisäksi alu-



Kuva 4.12. Maan kosteus 0-30 cm:n syvyydessä tutkimusjaksolla 10/2008-9/2009 alueilla A-D. Käyrän jokainen piste muodostuu alueilla B ja D 10, alueella A 24 ja alueella C 18 mittauksen keskiarvosta.

een B (vertailualue, ojaväli 16 m) kuiva-ainesato oli suurempi kuin alueen A. Täydennysojitusalueiden A (ojaväli 6 m, suodatinkangas) ja C (perinteinen täydennysojitus, ojaväli 8 m) satomäärät eivät eronneet toisistaan. Koalueiden A ja C välillä ei ollut merkitseviä eroja sadon typpipitoisuudenkaan suhteen. Vertailualueen B typpipitoisuus oli merkitsevästi näitä alhaisempi, ja D:n puolestaan C:täkin alhaisempi. Typpisadon suhteen muiden alueiden välillä ei ollut eroja, mutta D:n typpisato oli merkitsevästi alhaisempi kuin muiden. Tuhannen jyvän paino alueella C oli merkitsevästi muita suurempi. Alueiden A ja B välillä ei ollut eroa, mutta vertailualueen D tuhannen jyvän paino oli merkitsevästi pienempi kuin muiden. Hehtolitrapainon suhteen alueiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Satotiedot on esitetty taulukossa 4.36.

Taulukko 4.36. Nummelan koekentän sadon määrä ja laatu vuosina 2008 ja 2009 alueilla A-D. Suluisissa oleva luku kertoo keskihajonnan, n=4.

	Kuiva-ainesato		Typpipitoisuus		Typpisato		Hehtolitrapaino		1000 jp	
	kg/ha		% kuiva-aineesta		kg/ha		kg		g	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
<b>A</b>	4389 (461)	4405 (150)	1,61 (0,04)	1,66 (0,09)	71 (6,2)	73 (4,0)	55,5 (1,4)	68,2 (0,3)	33,1 (1)	46,4 (0,6)
<b>B</b>	4643 (179)	4865 (241)	1,57 (0,02)	1,50 (0,05)	73 (3,6)	73 (6,0)	55,2 (0,2)	67,6 (0,4)	33,4 (0,5)	46,0 (0,9)
<b>C</b>	4406 (282)	4610 (293)	1,50 (0,06)	1,74 (0,03)	66 (6,8)	80 (5,6)	55,6 (1)	67,6 (1)	33,8 (1,1)	48,7 (1,2)
<b>D</b>	4106 (282)	4090 (391)	1,56 (0,04)	1,40 (0,03)	64 (5,7)	57 (6,4)	55,6 (0,7)	66,3 (0,3)	33,4 (0,8)	42,7 (0,4)

## 4.11 Tulosten tarkastelu

Nummelan peltoalueella Jokioisissa mitattiin valuntaa ja valumavesien laatua neljällä salaojitetulla koealueella (A, B, C ja D). Alueilla mitattiin myös pohjaveden pinnan syvyyttä ja maankosteutta sekä sadon määrää ja laatua. Alueet oli ensiojitettu 1950-luvulla tiiliputkin ja niistä kaksi (alueet A ja C) täydennysojitettiin tutkimuksen aikana. Lisäksi alueella A maa kohotettiin (jankkurointiin) runsas vuosi täydennysojituksen jälkeen.

Koealueilla tehtiin mittauksia noin vuoden ajan (kalibrointijakso) ennen täydennysojitusta alueiden välisen luonnollisen vaihtelun selvittämiseksi. Kesäkuun alussa 2008 tehtyjen täydennysojitusten jälkeen alkoi varsinainen tutkimusjakso. Täydennysojitusten vaikutuksia valuntaan, vesistökuormitukseen ja satoon arvioitiin ns. vertailualue menetelmällä, jossa täydennysojitettujen alueiden A ja C käyttäytymistä verrattiin alueeseen B ja tilanteeseen ennen täydennysojitusta. Ennen täydennysojitusta kaikkien kolmen alueen ojaväli oli 16 m. Täydennysojituksen jälkeen alueen A ojaväli oli 6 m (putkien ympärillä ohut suojakangas Fibrella 2160) ja alueen C 8 m (ympärysaineena sora ja sorasilmäkkeet). Tulosten tarkastelussa hyödynnettiin mittaustuloksia myös alueelta D, jossa ojaväli on 32 metriä.

Koekentällä ei ollut mahdollista järjestää käsittelyistä kerranteita, koska mittaukset tehtiin peltolohkon/salaojaston mittakaavassa 1,3–3,4 hehtaarin suuruisilla alueilla. Koealueiden suuresta pinta-alasta johtuen niitä ei eristetty toisistaan esimerkiksi muoviseinämällä, vaan pohjavesi pääsi virtaamaan alueella luonnolliseen tapansa. Alueiden välillä ei ollut myöskään suojavyöhykkeitä.

Kullakin koealueella oli oma kokoojaputkensa salaojavalunnan mittausta ja näytteenottoa varten. Mittauslaitteisto toimi hyvin tutkimuksen aikana, ja havaintosarjoissa oli vain muutamia lyhyitä katkoksia. Pintakerrosvalunnan mittausta varten kunkin koealueen pinnalta ja pintakerroksesta tulleet valumavedet koottiin noin 0,4 metriä syvän kaivannon (sora ja salaojaputki Ø 50 mm) ja matalan vallin avulla ja johdettiin mittausasemalla. Mittaussysteemi toimi kohtuullisen hyvin kalibrointijaksolla, jolloin talvi oli poikkeuksellisen lauha, mutta ongelmia esiintyi tutkimusjakson ensimmäisenä keväänä lumen sulaessa ja maan olleessa roudassa. Tällöin pintakerrosvalunnan mittaukset olivat epätarkkoja eikä koko vuoden valunnan määrästä eikä kuormituksista saatu luotettavaa kuvaa. Myös pintavaluntakeräimien valuma-alueiden pinta-aloissa oli epätarkkuutta, mikä vaikutti laskettuihin valuntarvoihin. Alueiden B ja C pintavalunnan mittaamisessa oli eniten ongelmia johtuen keräimien sijainnista ja alueiden muodosta.

Koealueiden maakerrokset olivat lajitekoostumukseltaan ja rakenteeltaan melko samanlaisia. Maa oli kauttaaltaan aitosavea. Orgaanisen aineksen määrä muokkauskerroksessa vaihteli välillä 5,7–7,2 % ja sen alapuolisessa kerroksessa (20–35 cm) 5,3–6,6 %. Muokkauskerroksen kemiallisissa ominaisuuksissa oli enemmän vaihtelua. Kalsiumin määrä oli suurin alueella C (3147 mg/l maata) ja pienin alueella D (2106 mg/l maata). Maan helpkoliukoisen fosforin määrä muokkauskerroksessa vaihteli keskimäärin välillä 2,9–11,6 mg l<sup>-1</sup> maata. Pienin fosforimäärä oli alueella D. Alueen A fosforimäärä oli 5,5 ja alueen B 7,8 mg l<sup>-1</sup> maata. Alueen C muokkauskerros oli selvästi muita fosforipitoisempaa. Nummelan fosforimäärät olivat selvästi pienempiä kuin Gårdskullan koealueilla. Kunkin alueen rinnakkaisnäytteiden ja eri alueiden välisen suuren vaihtelun vuoksi maan ominaisuuksien eroista koealueiden välillä ei voi tehdä luotettavia johtopäätöksiä.

Tämän lyhyen tutkimushankkeen aikana ei vielä pystytty selvittämään, vaikuttaako täydennysojitusmenetelmä maan ominaisuuksiin. Kentän seurantaa jatketaan, ja havaintoja maan ominaisuuksien kehittymisestä voidaan tehdä muutaman vuoden kuluttua tehtävien määritysten jälkeen.

Kalibrointijakson mittaukset osoittivat, että 16 metrin ojavälin koealueen A valunta ja valumavesien pitoisuudet (erityisesti typpipitoisuudet) ja siten kuormitukset poikkesivat alueista B ja C jo ennen täydennysojituksiakin, vaikka viljelykasvit, lannoitus ja muokkausmenetelmät olivat olleet vuosikausia samoja koko 9 hehtaarin peltoalueella. Koealueiden pinta-alat olivat käytännön syistä johtuen erisuuruiset ja niiden maanpinnan korkeustasojen ja kaltevuuksien välillä on jonkin verran eroja, mikä vaikuttaa veden liikkeisiin ja pohjavedenpinnan korkeuden vaihteluun koealueiden välillä.

Alueen D muista alueista poikkeavat valunta-, pitoisuus- ja kuormitusarvot olivat odotettavissa sen suuremmasta ojavälistä johtuen. Ojaväli vaikuttaa maan kosteuteen ja lämpötilaan, jotka puolestaan säätelevät monia biologisia ja kemiallisia reaktioita ja siten maaveden pitoisuuksia. Alueen D pohjamaassa ei mittausten mukaan esiintynyt lainkaan juurikanavia kuten muilla alueilla ja sen vedenjohtavuus oli huono, mikä saattaa johtua maan märkyydestä. Sen kemialliset ominaisuudet poikkesivat jonkin verran muista alueista.

Pohjavedenpinnan korkeus vaihteli havaintoputkien välillä samallakin koealueella mittaussajakohdittain, mutta kunkin alueen keskimääräiset pinnankorkeudet vaihtelivat loogisesti. Kalibrointijakson perusteella vaikuttaa siltä, että 16 metrin ojaväleihin ojitetuista alueista B:n pohjavesi on luontaisesti syvemmillä kuin muiden niin märkinä kuin kuivina kausina. Alueella C pohjavesi puolestaan on korkeammalla kuin muilla alueilla. Pohjavedenpinnan havaintoputkia oli vain yhdessä linjassa kullakin koealueella. Tarkemman kuvan saaminen pohjavedenpinnan vaihtelusta edellyttäisi havaintoputkien asentamista eri puolille peltoaluetta myös salaajien linjassa.

Alueilla A ja C pohjavesi nousi kalibrointijakson märkinä aikoina yhtä lähelle maan pintaa kuin alueella D. Ainoastaan alueella B pohjavesi pysyi aina selvästi maanpinnan alla. Täydennysojitusten jälkeen tapahtui muutos eikä pohjavesi enää noussut maanpintaan alueilla A ja C. Alueella A ero kalibrointijaksoon oli suurempi kuin alueella C. Alueella A pohjavesi oli merkittävästi alempana kuin muilla alueilla heti syksyllä 2009 tehdyn maan kohotuksen jälkeen.

Mittaustulosten mukaan ojitus muutti maan kosteustilaa pintakerroksissa. Myös kosteusmittaukset osoittivat, että täydennysojitettut alueet olivat kuivempia kuin vertailualue B. Ennen ojitusta 16 metrin ojavälin alueiden pintakerrosten kosteudet olivat likimain samanlaiset. 32 metrin ojavälin alue D oli muita aina märempi kuten oli odotettua.

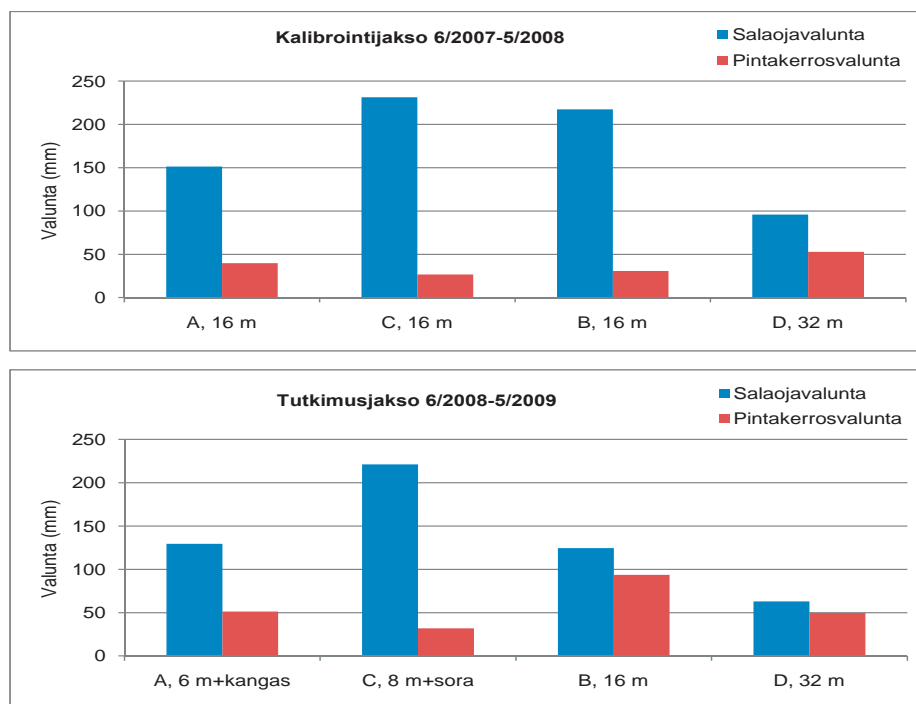
Sadon määrässä ja laadussa oli eroja koealueiden välillä täydennysojituksen jälkeen. Mittaustuloksista ei saada kuitenkaan yksikäsitteisesti selville sitä, johtuivatko erot täydennysojituksista vai jostain muusta syystä. Vaikka koko kenttää on vuosikymmenet viljelty samalla tavalla ja maalaji on kauttaaltaan samanlainen, alueiden fysikaalisissa, kemiallisissa ja biologisissa ominaisuuksissa oli eroja. Myös ne ovat voineet vaikuttaa satoon ja sadon laatuun.

Valtaosa valunnasta sekä ravinne- ja kiintoainekuormituksesta alueilta A, B ja C tuli salaajien kautta, vaikka otetaan huomioon puutteelliset pintakerrosvalunnan mittaukset. Harvan ojavälin alueella D kuormitusta tuli salaajavalunnan lisäksi

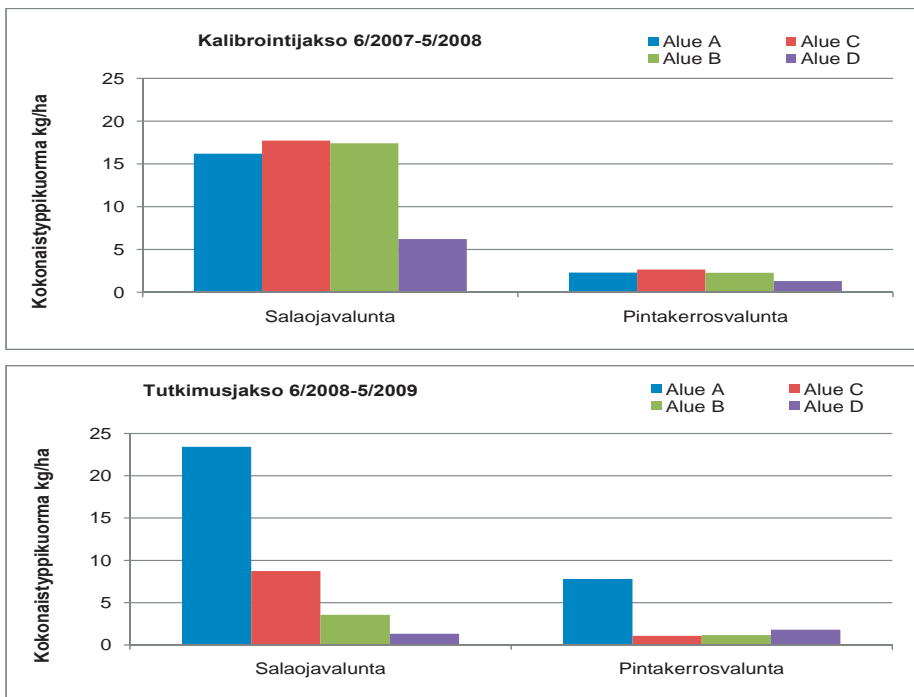
pintakerrosvalunnan mukana. Kalibrointijaksolla kaikkien kolmen 16 metrin ojavälin alueen kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforihuuhtoumat (myös liukoinen epäorgaaninen fosfori) salaojista käyttäytyivät samalla tavalla suhteessa toisiinsa. Eniten kuormitusta tuli alueelta C, mutta alueiden A ja B huuhtoumat olivat alueen C tuntumassa. Eniten kiintoainetta kulkeutui puolestaan alueelta B, seuraavina alueilta C ja A. Vähiten kuormitusta sekä kalibrointi- että tutkimusjaksolla tuli alueen D salaojavesien mukana.

Täydennysojituksen jälkeen alueen C (8 m ojaväli, sora ympärysaineena ja sora-silmäkkeet) salaojavalunta kasvoi selvästi suhteessa vertailualueeseen B ensimmäisen vuoden aikana. Tämän jälkeen, syys-joulukuussa 2009, ero pieneni. Ojavälin pienentäminen puoleen lisäsi salaojavaluntaa, mikä oli odotusten mukaista. Myös alueella A, jonka täydennysojitus tehtiin kuuden metrin ojavälillä ja ohutta suoja-kangasta (Fibrella 2160) käyttäen, salaojavalunta lisääntyi suhteessa alueeseen B. Maan kohotuksen jälkeisellä mittausjaksolla, loka-joulukuussa 2009, valunta alueilta A kuitenkin väheni oleellisesti alueeseen B verrattuna.

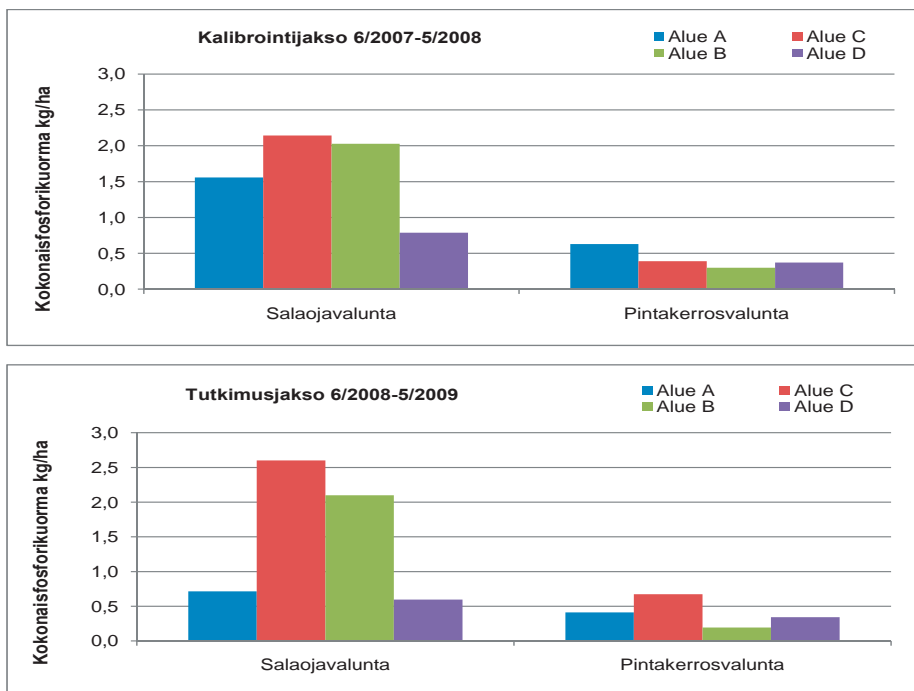
Selvä muutos ravinnekuormituksissa täydennysojituksen jälkeen oli alueella A tyyppikuormituksen kasvu ja fosforikuormituksen väheneminen salaojavesissä. Myös alueen C salaojastosta tuleva tyyppikuormitus kasvoi täydennysojittamattomaan alueeseen B verrattuna, ja myös kokonaisfosforin kuormitus lisääntyi jonkin verran. Kuormitusmuutokset alueella A johtuivat lähinnä salaojavesien pitoisuuksien muuttumisesta, kun taas alueella C kuormituksen kasvu johtui pääosin lisääntyneestä salaojavalunnasta. Täydennysojitusmenetelmien vaikutuksien arviointia ravinnepitoisuuksiin hankaloittaa se, että kalibrointijakson aikana syksyllä 2007



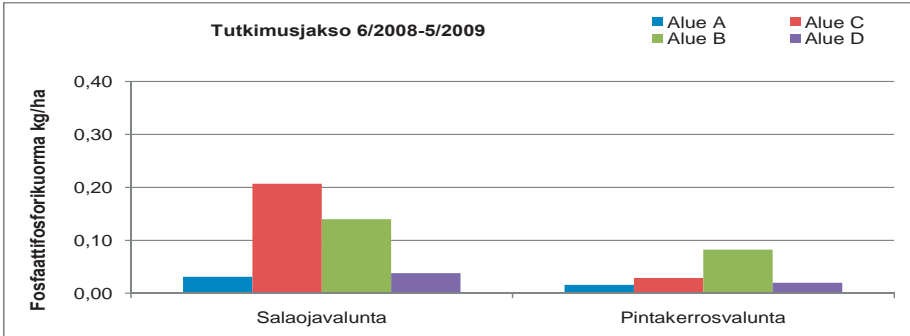
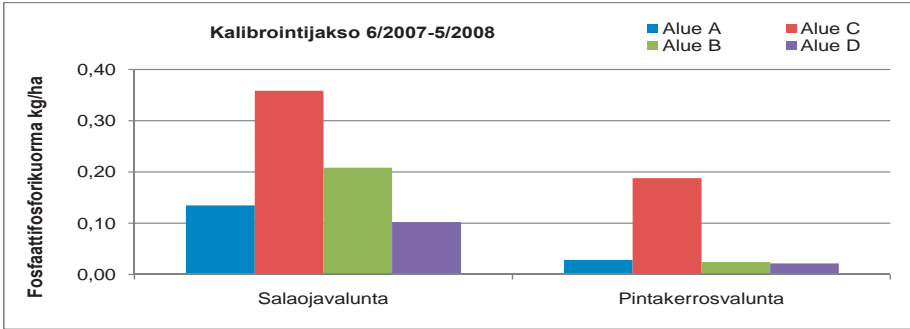
Kuva 4. 13. Kalibrointi-jaksolla ja täydennysojituksen jälkeisellä tutkimusjaksolla mitatut salaoja- ja pintakerrosvalunnat Nummelan koalueilta. Vuoden 2009 pintakerrosvalunnan mittaukset ovat puutteelliset.



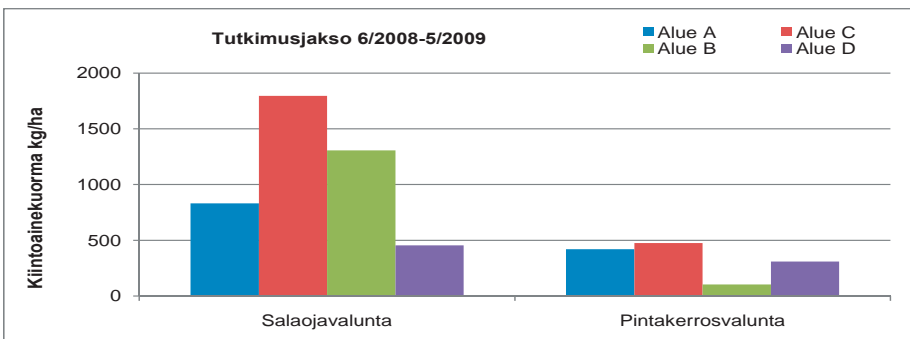
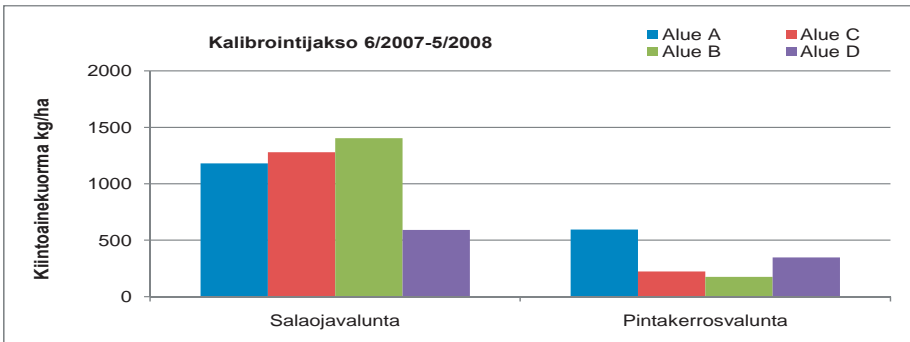
Kuva 4.14. Kalibroitajaksolla ja täydennysojituksen jälkeisellä tutkimusjaksolla mitatut kokonaistyyppiuhoumat salaaja- ja pintakerrosvalunnan mukana Nummelan koealueilta. Vuoden 2009 pintakerrosvalunnan huuhtouma-arvot ovat puutteelliset.



Kuva 4.15. Kalibroitajaksolla ja täydennysojituksen jälkeisellä tutkimusjaksolla mitatut kokonaifosforiuhoumat salaaja- ja pintakerrosvalunnan mukana Nummelan koealueilta. Vuoden 2009 pintakerrosvalunnan huuhtouma-arvot ovat puutteelliset.



Kuva 4.16. Kalibrintijaksolla ja täydennysojituksen jälkeisellä tutkimusjaksolla mitatut liukoisin fosforin (ortofosfaatti) huuhtoumat salaoja- ja pintakerrosvalunnan mukana Nummelan koalueilta. Vuoden 2009 pintakerrosvalunnan huuhtouma-arvot ovat puuttelliset.



Kuva 4.17. Kalibrintijaksolla ja täydennysojituksen jälkeisellä tutkimusjaksolla mitatut kiintoaineen (haihdutusjännös) kuormat salaoja- ja pintakerrosvalunnan mukana Nummelan koalueilta. Vuoden 2009 pintakerrosvalunnan kuormitusarvot vuonna 2009 ovat puutteelliset.

ja keväällä 2008 juuri ennen tutkimusjakson alkua koealueille levitettiin lietelantaa. Tutkimusjaksolla lietelantaa ei käytetty, vaan pelkästään kivennäislannoitteita. Kuvissa 4.13–4.17 on esitetty koealueiden vuotuiset valunnat ja ainekuormat kalibrointijaksolla ja tutkimusjaksolla.

Kalibrointijakso kesti vain vuoden ja se oli talveltaan poikkeuksellisen lauha. Pidempi kalibrointijakso olisi antanut koealueiden välisistä eroista tarkemman kuvan, mutta se ei ollut mahdollista tutkimushankkeen aikataulusta johtuen. Samoin varsinainen tutkimusjakso jäi lyhyeksi. Täydennysojitusten jälkeen kestää jonkin aikaa ennen kuin maaperä palautuu stabiilimpaan tilaan, joten 1,5 vuotta kestäneiden mittausten perusteella ei voida vielä tehdä luotettavia johtopäätöksiä eri täydennysojitusmenetelmien toiminnasta.

Seuraavassa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin pohjavesihavaintojen sekä valunta- ja pitoisuusmittausten tuloksia ja niistä laskettuja ravinne- ja kiintoainekuormituksia kalibrointijaksolla (6/2007–5/2008) ja tutkimusjaksoilla 6/2008–5/2009 ja 6/2009–12/2009. Pintakerrosvalunnan tuloksia tutkimusjaksolta ei tässä yhteydessä juurikaan käsitellä johtuen mittauksien epäluotettavuudesta.

### Pohjavedenpinnan korkeus

Kalibrointijakso ja tutkimusjakso olivat olosuhteiltaan hyvin erilaiset, mutta pohjavesiputkista mitatut vedenkorkeudet käyttäytyivät yleisesti eri tilanteissa samaan tapaan, ja vaihtelut olivat yleensä selitettävissä; sateet nostivat pohjavedenpintaa sitä enemmän, mitä korkeammalla vedenpinta oli ennestään ja mitä runsaampi sade oli; maan ollessa roudassa vedenpinta laski, samoin sulan maan aikana kuivien jaksojen aikana; roudan sulaessa pohjavedenpinta nousi hetkellisesti, todennäköisesti sekä roudasta ja lumesta vapautuvan veden että routaa sulattavien vesisateiden ansiosta.

Alueiden väliset erot muuttuivat kalibrointi- ja tutkimusjaksojen välillä seuraavasti:

Samana alueen pohjavesilukemien hajonta oli jatkuvasti suurinta alueella B ja pienintä alueella C. Hajonta vaikutti hieman pienenevän ojituksen jälkeen alueilla A ja C. Saattaa olla, että pienempi ojaväli tasaa alueen pohjavedenpintaa, ja vierekkäisistä pohjavesiputkista saadaan tasaisempia lukemia.

Märkinä aikoina pohjavesi oli kaikkein lähimpänä maanpintaa vertailualueella D, jossa on 32 metrin ojaväli. Pohjavesi oli kaikkein syvimmällä vertailualueella B, jossa on 16 metrin ojaväli. Nämä alueet erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi sekä kalibrointi- että tutkimusjaksolla, joskaan tutkimusjakson syksyllä 2009 ero ei ollut merkitsevää.

Alueilla A ja C pohjavesi nousi kalibrointijakson märkinä aikoina yhtä lähelle maan pintaa kuin alueella D. Ainoastaan B:llä pohjavesi pysyi aina selvästi maanpinnan alla. Tutkimusjaksolla tapahtui muutos eikä pohjavesi enää noussut maanpintaan alueilla A ja C. A:lla ero kalibrointijaksoon oli suurempi kuin C:llä. Alueella A pohjavesi oli merkitsevästi alempana kuin muilla alueilla heti syksyllä 2009 tehdyn maan kohotuksen jälkeen.

Sulan maan kuivina aikoina sekä roudan alla pohjavesi laski kalibrointijakson aikana syvimmälle alueella B ja pysyi korkeimmalla tasolla alueella C. Näiden alueiden ero oli tilastollisesti merkitsevää kaikkina kalibrointijakson mittausajankohtina. Alueiden A ja D pohjavedenpinnan korkeudet pysyttelivät yleensä B:n ja C:n välillä eivätkä eronneet tilastollisesti toisistaan kuin kalibrointijakson alussa. Kalibrointijakson alussa alueiden A ja B pohjavedenkorkeudet eivät eronneet toisistaan.



Tutkimusjaksolla pohjavesi pysyi alueella C kuivina kausina edelleen muita korkeammalla tasolla. Ero oli tilastollisesti merkitsevä aina muulloin paitsi loppukesällä 2009, jolloin pohjavesi oli D-alueella korkeammalla kuin C:llä. Suurin muutos kalibrointi- ja tutkimusjaksojen välillä oli alueen A pohjavedenpinnan lasku kuivina aikoina. Kalibrointijaksolla alueen B pohjavesi oli ollut syvimmillä, mutta tutkimusjaksolla alueen A pohjavesi laski B:tä syvemmälle. Tutkimusjaksolla alue A erosi muista alueista tilastollisesti merkitsevästi kuivina aikoina muulloin paitsi loppukesällä 2009. Tällöin A erosi C:stä ja D:stä muttei B:stä eli tilanne oli sama kuin kalibrointijakson alussa. Kun tutkimusjaksolla A ja C erottautuivat tilastollisissa testeissä muista, niin väliin jäävät B ja D eivät eronneet toisistaan kuin loppukesällä 2009.

Kuivien ajanjaksojen erot eivät kuitenkaan välttämättä johdu ojaväleistä tai ojitusmenetelmästä, sillä pohjavesi laski kuivina kausina salaojasyvyyden alapuolelle. Erot johtuivat siten luontaisista eroista alueiden välillä. Kalibrointijakson mittauksiin ei sisällynyt kuivaa kesäkautta, minkä takia vertailu kalibrointi- ja tutkimusjakson välillä on epävarmaa. Vertailua kalibrointi- ja tutkimusjaksojen välillä haittaa yleisestikin se, että niillä oli niin vähän samantyyppisiä olosuhteita.

Pohjavesi saattaa olla alueella C muita korkeammalla tasolla sen takia, että se sijaitsee tasaisimmalla paikalla ja kauempana valtaojasta kuin muut alueet. A ja D sijaitsevat puolestaan osittain rinteessä, mikä vaikuttaa pohjavesipinnan korkeuteen.

Tähänastisista tuloksista voidaan tehdä pohjavesitulosten perusteella vasta yksi melko luotettava johtopäätös: kumpikin ojitusmenetelmä alueilla A ja C tehostaa kuivatusta ja estää pohjaveden nousun maan pintaan sateisina kausina.

## Valunta

Kalibrointijaksolla (1.6.2007–31.5.2008) kaikilla koealueilla salaojavalunnan summakäyrät olivat dynamiikaltaan hyvin samanlaiset, mutta salaojavalunnan kokonaisuudessa oli eroja alueiden välillä. Vierekkäisillä koealueilla B ja C salaojavalunta muodostui lähes yhtä paljon (217 mm ja 231 mm). Molemmilla alueilla noin 90 % valunnasta tuli salaojien kautta. Alueella A, jonka ojaväli oli 16 metriä samoin kuin alueilla B ja C, pinta- ja salaojavalunnan summa oli noin 25 % vähemmän kuin alueilla B ja C. Alueen A salaojavalunta oli noin 65 % alueiden B ja C salaojavaluntojen keskiarvosta. Harvan ojavälin (32 m) alueella D kokonaisvaluntaa mitattiin vähiten, vajaa 60 % alueiden B ja C keskiarvosta. Alueella D salaojavaluntaa muodostui noin 65 % alueen A ja 43 % alueiden B ja C keskimääräisestä salaojavalunnasta.

Nummelan koealueet ovat suhteellisen tasaisia, joten pintavaluntaa muodostuu luonnostaan vähän. Kalibrointijaksolla sää oli poikkeuksellisen lämmin eikä lumipeitettä ja routaa juurikaan muodostunut, mikä myös selittää pintakerrosvalunnan pientä osuutta kokonaisvalunnasta. Alueiden A ja D maanpinta viettää jyrkemmin Raiskionojaa kohti kuin alueiden B ja C, mikä todennäköisesti synnyttää enemmän pintakerrosvaluntaa alueilla A ja D. Alueen A pienempi salaojavalunta verrattuna alueisiin B ja C johtuneen osittain koealueen sijainnista koekentän laidalla, joka jatkuu jyrkästi viettävänä suojavyöhykkeenä kohti Raiskionojaa. Samoin alue D sijaitsee ojan töyräällä. Todennäköisesti alueilla A ja D muodostuu enemmän syvää pohjavesivaluntaa kuin alueilla B ja C. Alueella C pohjavedenpinta oli keskimäärin korkeammalla kuin muilla alueilla ja alueella B syvimmillä. Alueen D pienempi salaojavalunta ja suurempi pintavalunta alueisiin A, B ja C nähden selittyy näitä alueilta suuremmalla ojavälillä.

Vedellä kyllästyneen maan hydraulinen johtavuus oli alueiden A ja D muokkaus-

kerroksessa selvästi pienempi kuin alueilla B ja C, mikä saattaa lisätä pintavalunnan määrää alueilla A ja D. Hydraulisen johtavuuden arvioiminen yksittäisten laboratorionäytteiden perusteella, varsinkin savimaissa, on kuitenkin epätarkkaa, sillä johtavuuden on todettu vaihtelevan paljon eri määrittämenetelmien ja myös vuodenaikojen välillä (esim. Messing 1993). Alueiden maaprofiilit olivat melko samanlaisia lajitekoostumukseltaan ja multavuudeltaan. Selviä eroja ei esiintynyt koalueiden välillä kokonaishuokoisuudessa, liero- ja juurikanavien määrässä eikä isojen (makro-) huokosten (läpimitta > 30 µm) tilavuusosuudessa, jolla on suuri vaikutus veden virtaukseen savimaissa.

Täydennysojitusten jälkeisellä vuoden pituisella tutkimusjaksolla, 6.6.2008–31.5.2009, salaojavalunta eri alueilta vaihteli välillä 63–221 mm. Pintavaluntaa mitattiin 32–94 mm. Pintavaluntamittaukset sulannan aikaan (30.3–17.4.2009) olivat kuitenkin epätarkkoja, mikä vaikeuttaa vuotuisten pinta- ja kokonaisvaluntojen vertailua sekä alueiden että eri ajanjaksojen välillä.

Kesä-joulukuussa 2009 mittauksia saatiin myös pintavalunnasta. Tällöin alueilla A, B ja C pintavaluntaa ei juurikaan muodostunut, mutta alueelta D sitä mitattiin 16 mm. Se oli noin kolmannes kokonaisvalunnasta (pinta- ja salaojavalunnan summa). Salaojavalunnan määrä vaihteli välillä 24–57 mm.

Täydennysojitusten jälkeen selvimmin muuttuivat alueen C valuntaolot suhteessa vertailualueeseen B. Kalibrointijaksolla alueiden C ja B salaojavalunnat olivat lähes yhtä suuret. Ensimmäisen vuoden aikana täydennysojituksen jälkeen alueen C salaojavalunta oli lähes 80 % suurempi kuin vertailualueella B. Kesä-joulukuussa 2009 vastaava ero oli vajaa 20 %. Ojavälin pienentäminen puoleen (sora ympärysaineena ja sorasilmäkkeet) lisäsi salaojavaluntaa, mikä oli odotusten mukaista. Alueen C suurempaan salaojavaluntaan vaikutti myös se, että pohjavesi oli siellä luonnostaan korkeammalla. Tutkimusjakson ensimmäisen vuoden aikana pohjavedenpinta pysyi lähes koko ajan salaojitusvyöhyden yläpuolella, kun se esimerkiksi alueella B painui selvästi salaojien alapuolelle.

Alueella A, jolla käytettiin kuuden metrin ojaväliä ja ympärysaineena ohutta kangasta (Fibrella 2160), muodostui lähes sama määrä salaojavaluntaa kuin alueella B. Kalibrointijaksolla alueen A salaojavalunta oli kuitenkin 30 % pienempi kuin alueella B, joten täydennysojitus näytti lisänneen salaojavalunnan määrää. Syys-lokakuun vaihteessa 2009 tehdyn maan kohotuksen (jankkuroinnin) jälkeen alueen A salaojavalunta kuitenkin väheni noin 50 % alueeseen B nähden. Kohotuksen jälkeen alueen A pohjavedenpinnan syvyys oli alempana muihin alueisiin nähden verrattuna ennen kohotusta vallinneeseen tilanteeseen.

Alueiden D ja B salaojavaluntojen suhde kesä-joulukuussa 2007 ja 2008 oli 0,5, mutta kesä-joulukuussa 2009 alueella D muodostui melko paljon salaojavaluntaa ja suhdeluku nousi 0,7:ään.

Pohjois-Karjalassa sijaitsevalla Liperin koekentällä, joka on tasaista salaojitettua savipeltoa, salaojavalunnan osuus vuotuisesta kokonaisvalunnasta (salaoja- ja pintavalunnan summa) oli keskimäärin yli 90 % (ks. taulukko 3.2). Kotkanojan koalueella Jokioisissa ajanjaksolla 6/2007–5/2008 pinta- ja salaojavaluntaa muodostui erilaisissa käsittelyissä (tavanomainen kylvömuokkaus, suorakylvö) keskimäärin 302 mm (Lemola 2009). Kotkanojan salaojien etäisyys oli keskimäärin 16 metriä. Nummelan vastaavan ojavälin koalueilla (A, B ja C) mitattu kokonaisvalunnan määrä jäi 40–110 mm pienemmäksi kuin Kotkanojalla. Kotkanojalla salaojavalunnan osuus kokonaisvalunnasta oli 66 %. Se on lähes sama kuin leutojen vuosien keskimääräinen osuus (69 %), joka on laskettu koekentän useiden vuosien mittaustuloksista (ks.

taulukko 3.2). Koekenttä on Nummelan koekenttää kaltevampi, mikä osaltaan selittää pintavalunnan suurempaa osuutta.

Kotkanojan koekentällä kokonaisvalunta ajanjaksolla 6/2008–5/2009 oli 329 mm, josta salaojavaluntana tuli 218 mm (Lemola 2009). Nummelan kokonaisvalunnat vastaavalta ajanjaksolta olivat 76–216 mm pienempiä kuin Kotkanojan valunta. Koealueelta C mitattu salaojavalunta oli yhtä suuri kuin Kotkanojan salaojavalunta ja kokonaisvalunta noin 75 % Kotkanojan arvosta. Maalis-toukokuussa 2009 Kotkanojalla mitattiin pintavaluntaa keskimäärin 56 mm, kun Nummelassa sen määräksi saatiin 0–89 mm koealueesta riippuen.

Täydennysojituksen vaikutuksesta valuntasuhteisiin ei ole Suomessa tutkimustuloksia, mutta uusintaojituksen jälkeen Kotkanojan savipellolla pintavalunnan osuus oli 10–50 %. Ennen uusintaojitusta se oli 60–90 % (Turtola ja Paajanen 1995, Turtola 2000, Alakukku ja Turtola 2010). Avo-ojitetun pellon salaojittaminen vähensi selvästi pintavaluntaa Hovin peltoalueella. Ensimmäisen seitsemän vuoden aikana pintavaluntaa tuli 23% vuosivalunnasta (Sauna ja Kauppi 1981). Seuraavan vuosikymmenen aikana pintavalunnan osuus on kasvanut noin 60%:iin (Seuna 2004; Vakkilainen ym. 2008).

## Valumavesien ravinne- ja kiintoainepitoisuudet

### Typipitoisuudet

Jo kalibrointijaksolla Nummelan tutkimusalueiden salaojavalunnan kokonaistyyppipitoisuudet poikkesivat toisistaan. Alueiden viljelytoimenpiteet olivat samanlaiset eikä maan fysikaalisissa ominaisuuksissa ollut suuria eroja. Maaperän tyypimääristä koealueilta ei ollut mittauksia, mutta muissa kemiallisissa ominaisuuksissa oli eroja (ks. taulukko 4.5b).

Salaojavedestä korkeimmat kokonaistyyppipitoisuudet mitattiin alueelta A sekä kalibrointi- että tutkimusjaksolla. Kalibrointijaksolla alueen A keskipitoisuus (12,1 mg l<sup>-1</sup>) oli noin 1,7-kertainen muiden koealueiden keskiarvoon nähden. Tutkimusjaksolla pitoisuusero kasvoi entisestään, sillä alueen A keskipitoisuus kasvoi ja muiden alueiden pitoisuudet pienivät kalibrointijaksosta. Alueen A maan pitoisuus (17,7 mg l<sup>-1</sup>) oli alueen B pitoisuuteen nähden viisinkertainen ja alueen C pitoisuuteen nähden kolminkertainen. Alueen A maan kohotuksen (jankkuroinnin) jälkeen syksyllä 2009 siellä oli edelleen korkeimmat pitoisuudet, mutta ero muihin alueisiin oli selvästi pienentynyt. Alueen C pitoisuus (5,8 mg l<sup>-1</sup>) oli tutkimusjaksolla 1,8-kertainen alueeseen B verrattuna, kun kalibrointijaksolla niiden pitoisuudet olivat yhtä suuret.

Myös alueen A pintakerrosvalunnassa todettiin muita alueita korkeammat kokonaistyyppipitoisuudet tutkimusjaksolla kesäkuu 2008–toukokuu 2009. Kesä-joulukuussa 2009 ero oli pienentynyt. Keskimääräiset tyypipitoisuudet sekä salaoja- että pintakerrosvalunnassa olivat pienimmät harvan ojavälin alueella D. Pintakerrosvalunnan keskipitoisuus on kuitenkin epäluotettava, sillä osasta valuntaa ei saatu näytteitä.

Nummelan mittausten perusteella näyttää siltä, että täydennysojitus lisäsi huuhtoutumisaltiin typen mobilisointumista maaperästä ainakin ojitusta seuraavan 1,5 vuoden aikana. Vastaavia tuloksia on saatu ensi- ja uusintaojitusten yhteydessä sekä Suomessa että ulkomailla. Esimerkiksi Jokioisissa Kotkanojan koekentällä uusintaojitus lisäsi typen määrää salaojavesissä (Turtola ja Paajanen 1995, Turtola 2000). Ensiojituksen jälkeen Hovin peltoalueella Vihdissä todettiin salaojavedessä korkeita tyypipitoisuuksia, jotka aikaa myöten selvästi pienivät (Seuna ja Kauppi 1981, Seuna 2004).

### Fosforipitoisuudet

Kalibrointijaksolla salaojavesien keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa (0,76–0,96 mg l<sup>-1</sup>) kaikilla koealueilla. Tutkimusjaksolla 6/2008–5/2009 vaihtelu oli suurempaa, 0,57–1,41 mg l<sup>-1</sup>. Tällöin korkein keskipitoisuus oli vertailualueella B. Täydennysojitusten jälkeen kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo alueen A salaojavedessä (0,57 mg l<sup>-1</sup>) oli noin 40 % ja alueen C keskipitoisuus (0,99 mg l<sup>-1</sup>) 70 % alueen B pitoisuudesta. Alueen A kohotuksen jälkeen kokonaisfosforipitoisuuksien väliset suhteet eivät juurikaan muuttuneet ensimmäisen vuoden tutkimusjaksosta.

Täydennysojitusalueen A salaojavalunnan kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvo oli tutkimusjaksolla 40 % kalibrointijakson keskiarvoa alempi, mutta alueella C pitoisuus pysyi samana tutkimusjaksollakin. Vertailualueella B tutkimusjakson keskipitoisuus oli puolestaan lähes kaksinkertainen kalibrointijakson keskipitoisuuteen verrattuna. Alueella D kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo ei muuttunut kalibrointijaksolta tutkimusjaksolle. Alueen B keskipitoisuuden kasvu johtuu suuremmasta kiintoaineen määrästä salaojavedessä. Syytä kiintoaineen kulkeutumisen kasvuun ei vielä ole pystytty löytämään.

Pintakerrosvalunnan keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat kalibrointijaksolla alueilla A ja C likimain yhtä suuret (1,42 ja 1,38 mg l<sup>-1</sup>). Alueiden B ja D vastaavat pitoisuudet olivat alueiden A ja C pitoisuuksia 40–60 % pienempiä. Tutkimusjaksolla selvästi suurin keskipitoisuus pintakerrosvalunnassa oli alueella C. Alueen A pitoisuus oli 40 % alueen C pitoisuudesta. Alueen B pitoisuus oli 20 % ja alueen 37 % alueen C pitoisuudesta.

Liukoisen epäorgaanisen fosforin pitoisuuden osuus kokonaisfosforin pitoisuudesta vaihteli välillä 11–20 % salaojavalunnoissa ja 4–16 % pintavalunnoissa kalibrointijaksolla. Tutkimusjaksolla täydennysojitusalueiden salaojavesissä osuus oli pienentynyt.

Osa fosforipitoisuuksien eroista selittyy maan helppoliukoisen fosforin määrällä, joka vaihteli jopa nelinkertaisesti koealueiden välillä. Toisaalta Nummelan koealueiden muokkauskerroksen fosforimäärät olivat selvästi pienempiä kuin Gårdskullan koealueella 2, mutta salaojavesien keskimääräisissä pitoisuuksissa ei ollut kovin suuria eroja alueiden välillä (ks. taulukot 5.13–5.16).

Nummelan mittausten perusteella näyttää siltä, että täydennysojitus tiheää oja-väliä ja ohutta suojakangasta käyttäen vähensi selvästi kokonaisfosforin ja liukoisen epäorgaanisen fosforin pitoisuuksia salaojavedessä.

### Kiintoainepitoisuudet

Kalibrointijaksolla koealueiden salaojavalunnan keskimääräiset kiintoainepitoisuudet olivat melko samanlaisia, 558–668 mg l<sup>-1</sup>. Suurin keskipitoisuus esiintyi alueen A salaojavesissä, mutta muiden alueiden pitoisuudet olivat lähellä toisiaan. Tutkimusjaksolla vaihteluväli oli hieman suurempi, 643–948 mg l<sup>-1</sup>. Tällöin suurin keskipitoisuus oli alueella B. Täydennysojitusalueiden A ja C pitoisuuskeskiarvot olivat käytännössä yhtä suuret, 700–720 mg l<sup>-1</sup>. Alueen A keskipitoisuus ei ollut juurikaan muuttunut kalibrointijaksosta. Alueella C keskipitoisuus oli noussut 22 %, alueella B 70 % ja alueella D 13 %. Syytä kiintoainepitoisuuden suureen nousuun alueella B ei pystytty tässä tutkimuksessa osoittamaan.

Pintakerrosvalunnan keskimääräiset kiintoainepitoisuudet vaihtelivat kalibrointijaksolla välillä 553–1179 mg l<sup>-1</sup>. Korkeimmat pitoisuudet olivat alueen A näyt-

teissä samoin kuin salaojavesien kohdalla. Tutkimusjaksolla pintakerrosvalunnan keskimääräiset kiintoainepitoisuudet olivat 210–1360 mg l<sup>-1</sup>. Suurin keskipitoisuus esiintyi alueen C näytteissä ja pienin alueella B.

Pintakerrosvalunnasta näytteitä saatiin kaiken kaikkiaan vähän ja kevään 2009 näytteenotossa oli puutteita, joten esitetyt keskipitoisuudet sekä kiintoaineen että ravinteiden osalta ovat epätarkempia kuin salaojaveden keskipitoisuudet.

Nummelan koekentän valumavesien pitoisuuksia on verrattu Gårdskullan ja muiden koekenttien pitoisuuksiin Gårdskullan tulosten tarkastelun yhteydessä kohdassa 5.3.

## Ravinne- ja kiintoainekuormitus valtaojaan

### Typykuormitus

Kalibroitijaksolla kokonaistypykuormitus 16 metrin ojavälin alueilta A, B ja C oli samaa suuruusluokkaa, 18,5–20,4 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Harvan (32 m) ojavälin alueen D kokonaistyppihuuhtouma (7,5 kg ha<sup>-1</sup>) oli vajaa 40 % em. alueiden keskiarvosta. Pintakerrosvalunnan osuus kokonaiskuormituksesta oli 16 metrin ojavälin alueilla likimain yhtä suuri 12–13 %. Alueella D pintakerrosvalunnan kuormituksen osuus oli näitä hieman suurempi, 17 %. Alueen A salaojista tuli lähes saman verran kuormitusta kuin alueiden B ja C salaojista pienemmästä valunnasta huolimatta, sillä alueen A salaojaveden tyypipitoisuudet olivat 60–70 % korkeampia kuin alueiden B ja C pitoisuudet. Alueen D pienempi kokonaiskuormitus johtui pienemmästä valunnasta ja myös pintakerrosvalunnan pienemmistä pitoisuuksista muihin alueisiin verrattuna.

Tutkimusjaksolla kokonaistyppihuuhtoumat salaojavalunnan mukana vaihtelivat huomattavasti, 1,3–23,4 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, koealueiden välillä. Suurin kuormitus tuli tiheän ojavälin alueelta A ja pienin harvan ojavälin alueelta D. Alueen C (8 m ojaväli) kuormitus (8,7 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) oli 2,4-kertainen alueen B (16 m ojaväli) kuormitukseen (3,6 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) verrattuna. Alueiden D ja B typpikuormitusten suhde säilyi samana sekä kalibroi- että tutkimusjaksolla; alueen D kuormitus oli noin 35 % alueen B kuormituksesta. Salaojien typpikuormitus siis kasvoi ojavälin tihentyessä. Alueella A kasvu johtui ennen kaikkea korkeista typpipitoisuuksista, mutta alueella C myös suuresta salajavalunnan määrästä vertailualueeseen B nähden.

Koealue A oli ainoa alue, jonka salaojavalunnan kokonaistypykuormitus oli tutkimusjaksolla suurempi kuin kalibroitijaksolla. Tutkimusjakson typpikuormitus oli kalibroitijaksoon nähden noin 1,4-kertainen. Alueella C salaojavalunnan typpihuuh- touma oli tutkimusjaksolla puolet kalibroitijakson huuhtoumasta. Alueiden B ja D kuormitukset tutkimusjaksolla olivat noin 20 % kalibroitijakson kuormituksesta.

Keskimääräiseksi kokonaistypen kuormitukseksi Suomen peltoalueilta on arvioitu 15 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Vuorenmaa ym. 2002). Erilaisista sääolosuhteista, viljelykasveista ja maaperän ominaisuuksista johtuen kuormitus voi vaihdella muutamasta kilogrammasta useisiin kymmeniin kiloihin. Kotkanojan, Hovin ja Liperin tutkimusalueilla (salaojitettu savimaa) keskimääräinen typpihuuh- touma vaihteli välillä 3–26 kg ha<sup>-1</sup> (ks. kuva 3.3). Kotkanojalla kuormituksesta yli 90 % tuli keskimäärin salaojien kautta, kun taas Hovissa salaojien osuus oli pienempi, 40–50 %. Sjöskullan koealueella sala- ojien osuus vuotuisesta typpikuormituksesta vaihteli välillä 40–90 % (Paasonen-Kive- käs ym. 2008). Kotkanojan koekentällä uusintaajituksen jälkeen typen kokonaishuu- htouma kasvoi noin 70 % uusintaajitusta edeltäneeseen tilanteeseen verrattuna, ja lisäksi tuli lähes kokonaan salaojien kautta (Turtola ja Paa- jananen 1995). Typen huuhtoutumi- sen on havaittu lisääntyneen myös ensiojituksen jälkeen. Hovin peltoalueella vuotui-

nen lisäys oli suurimmillaan nelinkertainen heti ojituksen jälkeisinä vuosina, mutta pieni selvästi aikaa myöten (Seuna ja Kauppi 1981, Seuna 2004).

### Fosforikuormitus

Kaikkien kolmen 16 metrin alueen (A, B ja C) kokonaisfosforihuuhtoumat kalibrointijaksolla olivat lähellä toisiaan. Kuormitus vaihteli välillä 2,2–2,5 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, josta salaojien kautta tuli 1,6–2,1 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Harvan (32 m) ojavälin alueen D kokonaisfosforihuuhtouma oli puolet em. alueiden keskiarvosta. Pintakerrosvalunnan osuus kokonaiskuormituksesta alueella D oli 30 %. 16 metrin ojavälin alueista alueen A salaojista tuli noin 20 % vähemmän kuormitusta kuin alueilta B ja C. Tämä johtui pääosin alueen A pienemmästä salaojavalunnan määrästä. Alueen D pienempi kokonaiskuormitus johtui pienemmästä valunnasta ja myös pintavalunnan pienemmistä pitoisuuksista muihin alueisiin verrattuna.

Tutkimusjaksolla 6/2008–5/2009 kokonaisfosforihuuhtouma täydennysojitusalueen A salaojista oli 0,7 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ja täydennysojitusalueen C salaojista 2,6 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Alueen B vastaava huuhtouma oli 2,1 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ja alueen D 0,6 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Alueen A fosforikuorma salaojavalunnan mukana oli vajaa puolet kalibrointijakson kuormituksesta. Alueen C kuorma oli tutkimusjaksolla 1,3-kertainen kalibrointijaksoon verrattuna. Vertailualueen B kuorma oli molemmilla jaksoilla saman suuruinen (2,0–2,1 kg ha<sup>-1</sup>), mutta kuormituksen syyt olivat erilaiset. Kalibrointijaksolla kuormitusta aiheutti ennen kaikkea runsas salaojavalunta, kun taas tutkimusjaksolla suuret pitoisuudet saivat aikaan saman kuormituksen puolta pienemmällä valunnan määrällä. Alueen D kokonaisfosforikuorma oli tutkimusjaksolla vajaat 80 % kalibrointijakson kuormasta.

Alueen A salaojavalunnan kokonaisfosforikuorma oli selvästi pienentynyt vertailualueeseen B ja toiseen täydennysojitusalueeseen C nähden. Tutkimusjaksolla alueen C salaojien fosforikuormitus oli vajaa neljännes korkeampi kuin alueen B kuormitus, kun taas kalibrointijakson kuormitukset olivat käytännössä yhtä suuret. Alueen A pienempi kuorma täydennysojituksen jälkeen johtuu pienemmistä kokonaisfosforin pitoisuuksista salaojavedessä vertailualueeseen B verrattuna, sillä salaojavaluntaa tuli molemmilta alueilta yhtä paljon. Alueen C suhteellisen suuri kuormitus täydennysojituksen jälkeen selittyy suurella salaojavalunnan määrällä, sillä alueen C salaojavesien pitoisuudet olivat pienempiä kuin alueen B pitoisuudet.

Nummelassa liukoisen fosforin kuormitus oli 7–22 % kokonaisfosforin kuormituksesta kalibrointijaksolla. Suurin osuus oli alueella C, jonka muokkauskerroksessa oli eniten helppoliukoista fosforia. Alueella A liukoisen fosforin osuus oli pieni. Tutkimusjaksolla vastaava osuus vaihteli välillä 5–10 %. Alueella C osuus oli pienentynyt noin 7%:iin, muilla alueilla osuudet olivat melko samoja kuin kalibrointijaksolla.

Keskimääräiseksi kokonaisfosforin kuormitukseksi Suomen peltoalueilta on arvioitu 1,1 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Vuorenmaa ym. 2002). Suurimmillaan kuormitusta on mitattu yli 5 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> viettävillä savimailla sateisina vuosina ja talvien ollessa leutoja. Kokonaisfosforin vuotuisesta kuormasta esimerkiksi Kotkanojan koalueella on tullut salaojien kautta 70–90 % ja Hovin peltoalueella vajaa neljännes (ks. Luku 3). Myös Sjökillan peltoalueella Kirkkonummella salaojavesien mukana tuli paljon partikkelimaista fosforia (Paasonen-Kivekäs ym. 2008). Kokonaisfosforin kuorma noudatti kaikilla tutkimusalueilla pitkälti kiintoainekuormitusta, sillä valtaosa fosforista kulkeutuu eroosioaineksen mukana.

Kotkanojan koalueen uusintaojitus vähensi partikkelimaisen fosforin kokonaishuuhtoumaa noin 15 % ja liukoisen fosforin huuhtoumaa 25 % uusintaojitusta edel-

täneeseen tilanteeseen verrattuna. Hovin peltoalueen ensiojituksella ei ollut selvää vaikutusta fosforikuormitukseen (Seuna ja Kauppi 1981).

### Kiintoainekuormitus

Kalibrointijaksolla koealueiden A, B ja C kiintoainekuormat olivat melko lähellä toisiaan, 1504–1774 kg ha<sup>-1</sup>. Alueen D kuormitus oli muita alueita pienempi, 948 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Kaikilta koealueilta tuli salaojien kautta (591–1403 kg ha<sup>-1</sup>) enemmän kiintoainetta kuin pintavalunnan mukana. Salaojavalunnan osuus kiintoainekuormasta oli alueilla B ja C 85–90 %. Alueella A osuus oli 67 % ja alueella D 62 %. Eniten kiintoainetta 16 metrin ojavälin alueista tuli alueelta B (1403 kg ha<sup>-1</sup>) ja vähiten alueelta A (1180 kg ha<sup>-1</sup>). Ero johtui salaojavalunnan määrästä, sillä alueiden kiintoainepitoisuudet olivat hyvin samanlaiset.

Tutkimusjaksolla alueiden A, B ja C salaojastoista tuleva kiintoainekuorma vaihteli välillä 831–1796 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Suurin kuormitus tuli täydennysojitusalueelta C ja pienin täydennysojitusalueelta A. Harvan ojavälin alueen D kuorma salaojavalunnan mukana oli 454 kg ha<sup>-1</sup>. Sen osuus 16 metrin ojavälin alueen B kuormasta oli 35 % eli hieman pienempi kuin kalibrointijaksolla (osuus 42 %).

Suurimmat muutokset salaojien kautta kulkeutuvissa kiintoainekuormissa tapahtuivat tutkimusjaksolla alueilla A ja C verrattuna kalibrointijaksoon. Tutkimusjaksolla täydennysojitusalueen C kiintoainekuormitus salaojien kautta oli kalibrointijaksoon nähden 1,4-kertainen. Alueen A vastaava kuormitus oli noin 70 % kalibrointijakson kuormituksesta. Alueen B tutkimusjakson kiintoainekuorma oli 93 % kalibrointijakson kuormasta. Alueen D kiintoainekuorma oli vajaat 80 % kalibrointijakson kiintoaineen kuormasta. Alueen C kuormituksen muutos johtuu pitkälti kasvaneista kiintoainepitoisuuksista, sillä salaojavalunnan määrissä kalibrointi- ja tutkimusjakson välillä ei ollut suurta eroa.

Useiden mittausvuosien keskimääräiset kiintoainehuuhtoumat salaojitetuilta savimailta ovat vaihdelleet välillä 100–2500 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> koealueesta, sääoloista, viljelykasvista ja muokkausmenetelmästä riippuen (ks. kuva 3.1). Salaojien kautta kulkeutuva kiintoainekuorma on Kotkanojalla ollut 70–90 % ja Hovissa vajaa neljännes kokonaiskuormituksesta, eli osuudet ovat samansuuruisia kuin kokonaisfosforikuormituksissa. Sjököllän koealueen salaojastosta kulkeutuneeksi kiintoainemääräksi arvioitiin 105–1900 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Paasonen-Kivekäs ym. 2008).

## 5. Gårdskulla Gårdin koekenttä Siuntiossa

Gårdskullan koekentällä tavoitteena oli mitata kahdelta isolta peltolohkolta tulevien pintakerros- ja salaojavaluntavesien määrää ja laatua. Lisäksi seurattiin Kirkkojoen veden laatua kahdessa pisteessä, jotka sijaitsivat koekenttään nähden ylä- ja alavirtaan noin 4 kilometrin etäisyydellä toisistaan.

### 5.1 Toteutus

#### Yleiskuvaus

Kaksi lohkotason seurantakohtetta sijaitsivat Gårdskullan tilalla Siuntiossa. Tilan peltojen halki virtaa Siuntiojoen vesistöön kuuluva Kirkkojoki. Valuma-alueeltaan noin 140 km<sup>2</sup> suuruisen Kirkkojoen pääuoma kuuluu Natura 2000 -alueisiin.

Valuma-alueen pinta-alasta noin 40 % on peltoja, ja ne rajoittuvat monin paikoin Kirkkojokeen ja sen sivuhaaroihin. Peltoalueilta tuleva kuormitus muodostaakin arvioiden mukaan merkittävän osan jokeen tulevasta ihmisen toiminnan aiheuttamasta ravinnekuormituksesta (Vento 2007).

PVO-hankkeen koealueet sijaitsevat Kirkkojoen molemmin puolin, ja alueiden suojavyöhykkeet rajoittuvat jokeen. Koelohkojen viljelypinta-alat ovat 5,7 (Alue 1, Kullängen) ja 4,7 (Alue 2, Rikullen) hehtaaria. Koealueet on esitetty liitekartassa 1. Alueen 1 keskkikaltevuus Kirkkojokeen on noin yksi ja alueen 2 noin viisi prosenttia. Lohkojen salaojitukset on tehty 1940-luvulla, ja sen jälkeen on tehty joitakin korjauksia. Ojavälit ovat molemmilla alueilla 16 metriä, ja salaojavedet purkautuvat suoraan Kirkkojokeen. Koealueilla viljeltiin tutkimusvuosina kevät- ja syysviljoja kivennäislannoitteita ja tavanomaisia muokkausmenetelmiä käyttäen.

Koealueilla mitattiin jatkuvatoimisesti salaoja- ja pintakerrosvaluntavesien sekä sadannan määrää. Valumavesien laatua analysoitiin automaattisesti otetuista kokoomanäytteistä. Valumavesien mukana kulkeutuneet ravinne- ja kiintoainekuormat laskettiin vesimäärä- ja pitoisuusmittausten avulla.

Kirkkojoesta otettiin näytteitä manuaalisesti kahdesta pisteestä, noin kaksi kilometriä Gårdskullan koekentästä ylä- ja alavirtaan. Joen veden laatua oli seurattu vuosina 2005–2006 TKK:n vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorion toimesta (Nurminen ym. 2007).

### Laitteisto ja mittaukset

Gårdskullan koealueille rakennettiin mittausasemat loppusyksystä 2007. Molemmilla alueilla mittausasemina toimivat noin kahden metrin syvyiset betonirengaskaivot, joihin asennettiin siivikkomittarit pintakerrosvalunta- ja salaojavesien määrän mittausta ja näytteenottimet kokoomanäytteiden keruuta varten. Pintakerrosvalunnan mittausta varten pellon pinnalta ja pintakerroksesta tulleet valumavedet koottiin noin 0,4 metriä syvän kaivannon (sora+salaojaputki Ø 50 mm) ja matalan vallin avulla ja johdettiin betonirengaskaivoon. Kaivosta vedet purkautuivat putkea pitkin Kirkkojokeen. Vesimäärää mitattiin kaivoon tulleeseen putkeen asennetulla siivikkomittarilla 15 minuutin välein.

Taulukossa 5.1 on viljelyalat, joilta mittausasemille tullut salaojavalunta koottiin ja joilta reiälliset putket keräsivät pintakerrosvaluntaa (Vakkilainen ym. 2008). Samoin kuin Nummelan koekentän yhteydessä käytetään myös tässä luvussa termiä pintakerrosvalunta, koska noin 0,4 metrin syvyydessä olevat reikäputket keräsivät valuntavesiä myös pellon pinnan alapuolelta.

Dataloggeri ohjasi näytteenottoa vesimäärään perustuen samoin kuin Nummelan koekentällä Jokioisissa (Vakkilainen ym. 2008). Vesinäytteistä analysoitiin TKK:n vesilaboratoriossa seuraavat pitoisuudet: kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, nitraatti+nitriittityppi, kokonaisfosfori, liukoinen fosfori (ortofosfaatti) sekä kuiva-aine (haihdutusjännös), joka kuvasi kiintoaineen pitoisuutta. Vesinäytteiden analysoinnissa käytetyt menetelmät on esitetty taulukossa 5.2.

Taulukko 5.1. Gårdskullan koealueiden pinta-alat (ha).

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	5,7	4,7
Pintakerrosvalunta	3,3	3,0



Taulukko 5.2. Analyysimenetelmät.

Tutkittava ominaisuus	Menetelmä	Laite
Kokonaistyyppi	SFS-EN-ISO 11905-1 v.1998 + Standard Methods (v.2005) 4500 B. Ultraviolet Spectrofotometric Screening Method + laiteohje Ganimede N	Lange: Ganimede N
Kokonaisfosfori	Hapetus SFS-EN ISO 6878 v. 2004, mittaus SFS-EN-ISO 15681-1, fia tekniikalla v. 2005	Foss: FIAstar 5000 Analyzer
Fosfaattifosfori <sup>1)</sup>	SFS-EN ISO 15681-1 v. 2005 tinakloridimenetelmä	Foss: FIAstar 5000 Analyzer
NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> <sup>1)</sup>	SFS-EN ISO 13395 v. 1997, fiatekniikka	Foss: FIAstar 5000 Analyzer
Ammoniumtyppi <sup>1)</sup>	ISO 11732 v. 2005, fia-tekniikka	Tecator 5012 Analyzer, 5042 Detector
Kuiva-aine	SFS 3008 v. 1990	

<sup>1)</sup> Määritys tehty suodatetusta näytteestä. Suodatintyyppi: Whatman ME24, (0,2 µm)

Taulukko 5.3. Näytemäärät vuosina 2008 ja 2009.

	Vuosi 2008		Vuosi 2009	
	Alue 1	Alue 2	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	34	26	22	15
Pintakerrosvalunta	11	15	7	7
Yhteensä	45	41	29	22

Koealueiden näytemäärät vuosina 2008 ja 2009 on esitetty taulukossa 5.3. Koealueilta Kirkkojokeen kulkeutuneet ravinne- ja kiintoainemäärät laskettiin kunkin näytteenottovälin ainepitoisuuksien ja vesimäärän tulona.

Dataloggeri keräsi myös sadantatiedot koealueen 1 mittauskaivon kannelle sijoitetulta automaattiselta sademittarilta. Loggeri lähetti keräämänsä tiedon TKK:n vesitekniikan laboratorioon GSM-yhteyden avulla kerran vuorokaudessa. Alueella 1 oli lisäksi sadetta mittaava astiamittari, jonka keräämä sademäärä mitattiin aina kenttäkäyntien yhteydessä. Lumen syvyyttä mitattiin koekentän lumikepeistä ja roudan syvyyttä routaputkista.

Koealueille asennettiin keväällä 2008 noin kahden metrin syvyyteen yltävät pohjavesiputket. Kummallekin koealueelle asennettiin kolme pohjavesiputkea rinteeseen suunnassa noin 50 metrin välein. Putkien sijainnit on merkitty liitekarttaan 1. Pohjaveden korkeudet mitattiin manuaalisesti jokaisen koekentällä käynnin yhteydessä eli noin kerran viikossa.

### Maaperän ominaisuudet

Gårdskullan kummaltakin koealueelta otettiin maanäytteet kolmesta kohdasta rinteeseen suunnassa. Kustakin kohdasta näytteitä otettiin neljästä kerroksesta 0–100 cm:n profiilista. Näistä näytteistä määritettiin maan lajitekoostumus, orgaaninen hiili ja orgaanisen aineksen määrä. Lisäksi pintakerroksesta (0–20 cm) määritettiin maan

pH ja sähkönjohtokyky sekä liukoisten ravinteiden (Ca, K, Mg ja P) määrä. Määrittelyt tehtiin samoilla menetelmillä kuin Nummelan tutkimuksessa (ks. kohta 4.2). Maa-analyysien tulokset on esitetty taulukoissa 5.4a–c.

Taulukko 5.4 a. Gårdskullan koalueiden maan orgaanisen hiilen ja orgaanisen aineksen määrä sekä maalaji.

	Syvyys cm	ALUE 1			ALUE 2		
		Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 1	Piste 2	Piste 3
Org. C %	0-20	2,71	3,14	3,36	2,46	2,29	2,19
	20-40	1,63	3,03	2,11	0,59	1,55	1,86
	40-80	0,57	1,45	0,58	0,42	0,47	0,64
	80-100	0,6	0,85	0,75	0,37	0,23	0,27
Org. aines %*	0-20	4,7	5,4	5,8	4,2	3,9	3,8
	20-40	2,8	5,2	3,6	1,0	2,7	3,2
	40-80	1,0	2,5	1,0	0,7	0,8	1,1
	80-100	1,0	1,5	1,3	0,6	0,4	0,5
Multavuus*	0-20	m	m	m	m	m	m
	20-40	vm	m	m	vm	vm	m
	40-80	vm	vm	vm	vm	vm	vm
	80-100	vm	vm	vm	vm	vm	vm
Maalaji	0-20	HeS	HeS	HeS	HeS	HeS	HeS
	20-40	HsS	HeS	HeS	HsS	HsS	HeS
	40-80	HsS	HeS	HeS	HsS	HsS	HeS
	80-100	AS	HeS	HeS	AS	AS	HeS

\*Laskettu org. C:n perusteella

Taulukko 5.4b. Gårdskullan koalueiden maan kemiallisia ominaisuuksia.

	Syvyys cm	ALUE 1			ALUE 2		
		Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 1	Piste 2	Piste 3
pH	0-20	7,12	6,71	6,63	6,56	6,58	6,51
	20-40	6,33	6,28	6,16	6,68	6,76	6,51
	40-80	6,29	6,06	6,4	6,89	6,86	6,67
	80-100	6,27	6,6	6,51	7,09	7,14	7,07
Johtokyky 10 <sup>-4</sup> s/cm	0-20	5,05	2,02	1,83	7,16	2,37	3,15
	20-40	1,05	1,15	0,98	0,67	1,36	1,1
	40-80	0,88	0,82	0,81	0,88	0,97	0,98
	80-100	0,9	0,64	0,93	1,21	0,89	0,98
Ca mg/l	0-20	6013	4624	4259	3816	3006	2997
K mg/l	0-20	271	238	197	347	281	289
Mg mg/l	0-20	396	448	359	406	301	316
P mg/l	0-20	28,7	17,9	12,3	25,0	28,6	26,6s

Taulukko 5.4c. Gårdskullan koelueiden maan lajitekoostumus.

	Syvyys cm	ALUE 1			ALUE 2		
		Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 1	Piste 2	Piste 3
Sa %	0-20	46,6	50	50,9	44,2	38,6	40,4
	20-40	50,8	50,3	52,1	46,9	43,9	37,2
	40-80	56,2	51,3	53,4	55,2	56,9	57,2
	80-100	60,4	56,44	53,4	86,1	64,9	55,2
HHs %	0-20	15,7	15,5	16,7	15,7	16,2	17,5
	20-40	15,8	16,1	19,5	15,4	15,9	15,1
	40-80	16,1	13,7	17,2	14,4	14,8	15,3
	80-100	22,2	14,1	15,8	8	12,9	15,9
KHs %	0-20	14,4	15,1	15,8	18,1	20,1	19,2
	20-40	16,8	15,3	17,2	19,3	17,6	17,9
	40-80	15,3	15,2	16,2	15,5	14,8	13,6
	80-100	12,8	15,4	18,9	2,7	11,5	13,3
HHt %	0-20	9,4	9	10,1	13,8	16,2	14,3
	20-40	11,4	10,6	7,8	13,8	15	17,4
	40-80	10	13,5	10	10,5	11,4	10,3
	80-100	12	10,3	10,1	2,5	7,5	11,6
Kht %	0-20	3,9	2,8	3	5,1	5,1	4,3
	20-40	2,3	6,1	1,5	3,7	4,8	7,2
	40-80	1,7	2,7	2,1	3,1	1,8	2,6
	80-100	2,3	3,3	1,6	0,6	2,4	1,6
HHk %	0-20	6,1	3,5	2	1,8	2,4	2,6
	20-40	1,8	1	1,4	0,7	1,8	3,3
	40-80	0,4	1,6	0,8	0,8	0,3	0,7
	80-100	0,2	0,4	0,2	0,1	0,6	0,3
KHk %	0-20	3,9	4,1	1,5	1,3	1,4	1,7
	20-40	1,1	0,6	0,5	0,2	1	1,9
	40-80	0,3	2	0,3	0,5	0	0,3
	80-100	0,1	0,1	0	0	0,2	0,1
HSr %	0-20	0	0	0	0	0	0
	20-40	0	0	0	0	0	0
	40-80	0	0	0	0	0	0
	80-100	0	0	0	0	0	0
KSr %	0-20	0	0	0	0	0	0
	20-40	0	0	0	0	0	0
	40-80	0	0	0	0	0	0
	80-100	0	0	0	0	0	0

## Viljely- ja muokkaustoimenpiteet

Gårdskullan molemmilla koealueilla viljeltiin tutkimuksen alkaessa syksyllä 2007 syysvehnää. Tätä ennen alueella 1 oli kasvanut kevätvehnää ja alueella 2 syysvehnää. Elokuun 2008 vehnäsato ( $4,8 \text{ t ha}^{-1}$ ) jäi tilan keskimääräistä satoa pienemmäksi. Alue 2 kynnettiin ja uusi syysvehnä kylvettiin elokuun lopussa. Syksyllä 2008 alue 1 kynnettiin ja jätettiin paljaaksi. Keväällä 2009 alueelle 1 kylvettiin mallasohra. Mallasohran satotaso oli noin  $5,5 \text{ t ha}^{-1}$ . Puinnin jälkeen peltoa muokattiin kevyesti ja sinne kylvettiin syysvehnä syyskuussa 2009. Koealue 2 kynnettiin sadonkorjuun jälkeen syksyllä 2009. Gårdskullan koealueiden viljelytoimenpiteet vuosina 2007–2009 on tarkemmin esitetty taulukossa 5.5.

## Kirkkojoen vesinäytteet

Maaliskuusta 2008 lähtien otettiin manuaalisia vesinäytteitä kahdesta Kirkkojoen pisteestä, K1 ja K3. Piste K1 sijaitsee Gårdskullan koekentästä noin kaksi kilometriä ylävirtaan ja piste K3 saman verran alavirtaan. Vesinäytteet otettiin koekentällä käyntien yhteydessä, noin kerran viikossa. Näytteenottpisteet ovat samoja (ja nimetty samoin) kuin TKK:n vesitalouden ja vesilaboratorion Kirkkojoen veden laadun seurantatutkimuksessa vuosilta 2005–2006 (Nurminen ym. 2007). Vesinäytteitä saatiin kaikkiaan 14 kappaletta vuonna 2008 ja kuusi vuonna 2009. Näytteistä tehtiin samat analyysit kuin koealueiden valumavesinäytteistä (ks. taulukko 5.2).

Kirkkojoen vedenpinnan korkeutta mitattiin vuonna 2005 perustetussa havaintopisteessä K2, joka sijaitsee koealueiden välissä. Virtaamamittauksia eri vedenkorkeuksilla oli tehty pisteessä K2 vuosina 2005–2006 (Nurminen ym. 2007).

## Tutkimuskauden sääolosuhteet

### Vuosi 2008

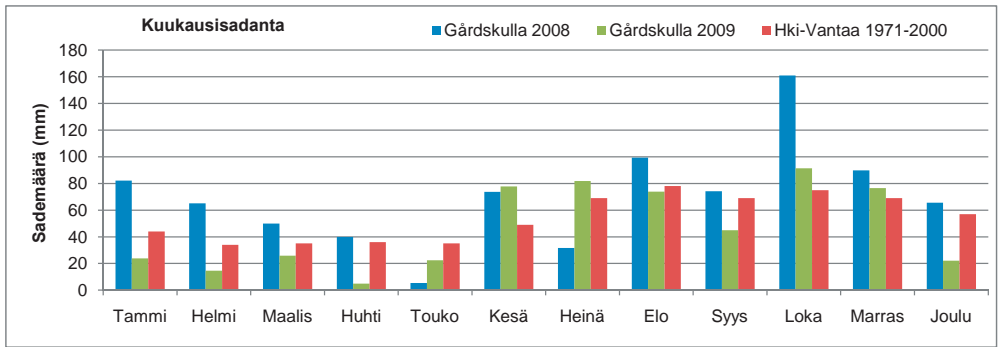
Vuosi 2008 oli Gårdskullan koekentällä verrattain sateinen. Koekentän vuosisadanta 838 mm (korjattu arvo) oli Ilmatieteen laitoksen Helsinki-Vantaan mittausaseman pitkän ajan (1971–2000) keskiarvoon verrattuna noin 1,3-kertainen. Vuoden sateisin kuukausi oli lokakuu (160 mm). Muita runsassateisia kuukausia olivat elokuu (99 mm) ja marraskuu (90 mm). Pitkän ajan kuukausikeskiarvoihin (Hki-Vantaa) verrattaessa sateisia kuukausia olivat loka-, tammi- ja helmikuu, joiden sademäärä oli keskiarvoon nähden noin kaksinkertainen. Vähäsateisia kuukausia olivat heinäkuu (32 mm) ja etenkin toukokuu, jolloin sadetta Gårdskullassa saatiin vain 5 mm. Talvikuukausien aikana maa oli lumen peitossa vain lyhyitä jaksoja maaliskuussa, eikä lumen sulannan aiheuttamaa valuntaa juuri syntynyt. Kuukausisadannot on esitetty kuvassa 5.1.

Sateinen vuosi 2008 oli myös verrattain lämmin, varsinkin vuoden alku- ja loppukuukaudet olivat leutoja. Koska koealueilla ei ollut ilman lämpötilan mittausta, käytetään tässä Ilmatieteen laitoksen Helsinki-Vantaan mittausaseman tietoja. Vuonna 2008 Helsinki-Vantaalla vain tammi- ja maaliskuun keskilämpötilat olivat niukasti nollan alapuolella. Leudon talven aikana maa oli jäässä vain kahden lyhyen jakson ajan, ensin helmikuun ja sitten maaliskuun lopulla. Pitkän ajan (1971–2000) keskiarvoista tammi-, helmi- maaliskuu- ja joulukuun keskilämpötilat ovat olleet pakkasen puolella. Kylmin on ollut yleensä helmikuu, jonka pitkän ajan keskilämpötila on  $-5,7 \text{ °C}$ . Asteissa mitattuna eniten pitkän ajan keskiarvoista poikkesivat helmikuu (ero  $+6,0 \text{ °C}$ ) ja tammikuu (ero  $+4,8 \text{ °C}$ ). Keskimääräistä hieman viileämpiä kuukau-

sia olivat kesä-, elo- ja syyskuu, ero pitkän ajan keskiarvoihin oli korkeintaan puoli astetta. Vuoden 2008 kylmin kuukausi oli maaliskuu (keskilämpötila -0,6 °C).

Taulukko 5.5. Gårdskullan koealueiden viljelytoimenpiteet vuosina 2007–2008.

	Vuosi 2007 Alue 1	Vuosi 2007 Alue 2	Vuosi 2008 Alue 1	Vuosi 2008 Alue 2	Vuosi 2009 Alue 1	Vuosi 2009 Alue 2
Kevätmuokkaus						
Kevätkylvö	Kevätvehnä 16.5.2009					
Kevätlannoitus	130 kg/ha N, 10 kg/ha P, 15 kg/ha K, 16.5.2007	Suomensalpietari, 143 kg/ha N, 10.4.2007	Suomensalpietari, 135 kg/ha N, 21.4.2008	Suomensalpietari, 135 kg/ha N, 21.4.2008	Mallasohra 28.4.2009 80 kg/ha N, 6 kg/ha P, 9 kg/ha K, kylvön yhteydessä 28.4.2009	Suomensalpietari: 100 kg/ha N 22.4.2009 ja 50 kg/ha N 18.6.2009
Torjunta-ainekäsittely	2.6.2007 ja 26.6.2007	12.4.2007 ja 7.6.2007				
Puinti		12.8.2008	14.8.2008	14.8.2008	21.8.2009	19.8.2009
Syysmuokkaus		Kyntö loka-marraskuun vaihteessa	Kyntö 20.8.2008	Kyntö 20.8.2008	Kevyt muokkaus	Kyntö
Syyskylvö	Syysvehnä	Syysvehnä		Syysvehnä 29.8.2008	Syysvehnä 13.9.2009	
Syyslannoitus				30 kg/ha N, 14 kg/ha P, kylvön yhteydessä 29.8.2008	50 kg/ha N ja 5 kg/ha P, kylvön yhteydessä 13.9.2009	



Kuva 5.1. Gårdskullan kuukausisadannat (korjattu) vuosina 2008-2009 ja Ilmatieteen laitoksen Helsinki-Vantaan kuukausisadantojen keskiarvot (korjaamaton) vuosilta 1971-2000 (Ilmastokatsaus 2008-2009).

### Vuosi 2009

Vuosi 2009 oli Gårdskullan koekentällä selvästi edellistä vuotta vähäsateisempi. Vuosisadanta (korjattu) oli 560 mm, mikä on noin 85 % Ilmatieteen laitoksen Helsinki-Vantaan mittausaseman pitkän ajan (1971–2000) keskiarvosta. Vuoden 2009 viisi ensimmäistä kuukautta olivat pitkän ajan keskiarvoa (Hki-Vantaa) vähäsateisempia, erityisen kuiva oli huhtikuu (sadanta 5 mm). Kesäkuu oli keskiarvoa selvästi (1,6-kertaa) sateisempi kuukausi. Hieman pitkän ajan keskiarvoa sateisempia kuukausia olivat heinä-, loka- ja marraskuu. Elo- ja syyskuu olivat hieman ja joulukuu selvästi (40 %) keskiarvoa kuivempia. Koalueet olivat lumen peitossa tammikuun puolivälistä huhtikuun alkupäiviin asti. Keväällä 2009 lumet sulivat muutamassa päivässä aiheuttaen runsaasti pintakerrosvaluntaa. Joulukuussa 2009 sade tuli lähes kokonaan lumena ja vuodenvaihteessa lumipeitteen paksuus oli koalueilla lähes 30 cm. Kuukausisadannat on esitetty kuvassa 5.1.

Vuosi 2009 oli kokonaisuudessaan hieman keskimääräistä lämpimämpi. Vuoden ensimmäisellä puoliskolla Helsinki-Vantaan pitkän ajan (1971–2000) kuukausikeskiarvoa viileämpi oli vain kesäkuu (ero -0,4 °C). Vuoden kolmen ensimmäisen kuukauden keskilämpötilat olivat nollan alapuolella ja maa oli koalueilla jäässä yhtäjaksoisesti tammikuun alusta huhtikuun alkupäiviin asti. Syvimmillään, maaliskuun puolivälissä, routa ulottui noin 55 cm:n syvyyteen. Kesäkuukausien lämpötilat olivat lähellä pitkän ajan keskiarvoja. Lämmintä syyskuuta (ero keskiarvoon +2,8 °C) seurasi viileä lokakuu (ero -1,9 °C). Joulukuun puolivälissä sää viileni, ja kuukaudesta tuli vuoden toiseksi kylmin. Vuoden 2009 kylmin kuukausi oli helmikuu (keskilämpötila -5,0 °C)

### Roudan ja lumen syvyys

#### Talvi 2008

Kummankin koalueen suojavyöhykkeelle asennettiin tammikuun 2008 lopussa kolmesta noin 30 metrin välein sijoitetusta lumikepistä koostuva lumilinja. Lumen syvyys mitattiin koekentällä käyntien yhteydessä.

Talvi 2008 oli vähäluminen. Lumikepeistä lukemia saatiin vain kaksi kertaa, 5. ja 28. maaliskuuta. Lumen syvyydet vaihtelivat maaliskuun 5. päivänä molemmilla lumilinjoilla välillä 8–13 cm. Maaliskuun lopulla (28.3.) alueella 1 oli hieman paksumpi kerros lunta (15–16 cm) kuin alueella 2 (10–13 cm). Seuraavalla havaintokerralla 2.4. lumet koalueilta olivat jo sulaneet.

Tammikuun 2008 lopussa koealueille asennettiin talven ajaksi myös routaputket (3 kpl/alue), jotka oli täytetty metyyliisillä. Metriniin syvyyteen ulottuneet putket sijaitsivat tasavälein linjassa koko koelohkon pituudelta. Havaintoja roudan syvyydestä tehtiin käyntien yhteydessä noin kerran viikossa.

Lauhan ja kostean talven 2008 aikana varsinaisia routalukemia saatiin putkesta riippuen joko kaksi tai kolme kertaa. Routa eteni syvimmillään vain noin 20 cm pellon pinnan alapuolelle. Koska lyhyitä pakkasjaksoja seurasi aina leuto jakso, sulii jäätyneet maa melko pian. Roudan syvyydet eri mittauspisteissä ja molemmilla alueilla olivat kullakin havaintokerralla varsin lähellä toisiaan.

### Talvi 2009

Talvi 2009 oli edeltäjänsä kylmempi ja lumisempi. Ensimmäisen kerran lunta satoi mitattavaksi asti jo marraskuun 2008 lopulla. Tällöin peltoalueiden lumipeitteen paksuus oli 15–20 cm. Tosin tämä lumi sulii jo muutaman päivän kuluttua. Maa jäätyi tammikuun 2009 alkupäivinä ja pitempään säilynyt lumi satoi tammikuun lopulla. Paksuimmillaan lumipeite oli 13,3, jolloin lumen syvyys mittauspisteissä vaihteli 20 ja 26 cm:n välillä. Koealueet pysyivät lumen peitossa maaliskuun lopulle asti.

Tammikuun 2009 ensimmäisen viikon aikana maa jäätyi koealueilla selvästi syvemmälle (35 cm) kuin koko edellisen talven aikana. Kuun puolivälin tienoilla oli muutamien päivien pituinen leuto jakso, jolloin routa sulii pinnasta noin 10 cm:n syvyyteen. Tämän talven ainoan myös hieman pintakerrosvaluntaa aiheuttaneen jakson jälkeen maa koealueilla oli pinnasta asti jäässä maaliskuun loppuun asti. Tammikuun lopulta maaliskuun loppuun keskimääräinen roudan syvyys oli alueella 1 45 cm ja alueella 2 48 cm. Huhtikuun alussa routa alkoi sulaa alhaalta ja ylhäältä siten, että 16.4. maa oli sula. Lumen vesi-arvo (55 mm) määritettiin kertaluontoisesti 18.3.2009.

## 5.2 Tulokset

### Valunta

Valunta- ja sadantamittaukset käynnistyivät Gårdskulla Gårdin koekentällä täysipainoisesti 23.11.2007. Seuraavissa taulukoissa on esitetty salaoja- ja pintakerrosvalunnat sekä sadannat kalenterivuosilta 2008 ja 2009. Marras-joulukuun 2007 tulok-

Taulukko 5.6. Salaoja- ja pintakerrosvalunta (mm) ja sadanta (mm) vuonna 2008

	Alue 1	Alue 2	Alue 2
Salaojavalunta	509	358	
Pintakerrosvalunta	11	41	
Yhteensä	520	399	838

\* Korjattu sadanta

Taulukko 5.7. Salaoja- ja pintakerrosvalunta (mm) ja sadanta (mm) vuonna 2009

	Alue 1	Alue 2	Sadanta*
Salaojavalunta	196	98	
Pintakerrosvalunta	13 **	7 ***	
Yhteensä	209	105	560

\* Korjattu sadanta

\*\* Sulannan aikaisesta pintakerrosvalunnasta puuttuu osa, ks. kohta Valunta 2009

\*\*\* Sulannan aikainen pintakerrosvalunta puuttuu, ks. kohta Valunta 2009

sia on esitetty PVO-hankkeen väliraportissa (Vakkilainen ym. 2008).

Vuoden 2008 aikana kertyneet salaoja-, pintakerrosvalunta- ja sadantasummat on esitetty taulukossa 5.6 ja vuoden 2009 taulukossa 5.7. Valuntoja laskettaessa käytettiin taulukossa 5.1 esitettyjä valuma-alueiden pinta-aloja.

### Valunta 2008

Vuonna 2008 alueella 1 valunnan (salaoja+pintakerrosvalunta) osuus oli 62 % sadannasta. Pintakerrosvalunnan osuus kokonaisvalunnasta oli noin 2 %. Alueella 2 pintakerros- ja salaojavaluntaa muodostui 48 % sateen määrästä ja mitatusta valunnasta noin 10 % tuli pintakerrosvaluntana. Koealueiden pintakerros- ja salaojavaluntojen sekä sadannan summakäyrät vuodelta 2008 on esitetty liitteessä 2.

Rankimpien valuntatapahtumien aikana osa pintakerrosvalunnasta virtasi pintakerrosvalunnan keruujärjestelmän ohi. Talvella ja keväällä 2008 kaltevamman koealueen 2 pintakerrosvaluntakourun kaivumaista tehtyä vallia jouduttiin paikkaamaan muutaman kerran. Alueella 1 jälkiä keruujärjestelmän ohi menneestä pinta-virtailusta havaittiin pari kertaa.

### Valunta 2009

Keväällä 2009 lumet sulivat koealueilta noin viikossa. Sulanta ajoittui maaliskuun vaihteeseen. Sulamisen alkaessa ja aikana maa oli vielä jäässä noin 0,5 metrin syvyyteen. Lumen sulamisen aikainen pintakerrosvalunta saatiin alueella 1 mitattua vain osittain, sillä osa pintakerrosvalunnasta virtasi keräimen yli (kuva 5.2). Jyrkemmällä (I ~ 5 %) koealueella 2 pintakerrosvalunta meni kokonaisuudessaan vielä jäässä olleen pintakerrosvaluntakeräimen yli (kuva 5.3).

Taulukossa 5.8 on esitetty sulannan aikana mitatut valunta- ja sadesummat. Koealueiden pinta- ja salaojavaluntojen sekä sadannan summakäyrät vuodelta 2009 on esitetty liitteessä 3.

Koska koealueilla 3.4.2009 tehtyjen havaintojen mukaan huomattava määrä vettä virtasi pellon pintaa pitkin keräinten yli, tehtiin sulamisen aikaisesta pintakerrosvalunnasta arviot (ala- ja yläarvo). Nämä valunta-arviot on esitetty taulukoissa 5.9 ja 5.10.



Kuva 5.2. Gårdskullan alue 1, osa sulantavedestä virtaa pintakerrosvaluntakeräimen yli 3.4.2009.



Kuva 5.3. Gårdskullan alue 2, sulantavedet valuvat vielä jäässä olleen pintakerrosvaluntakeräimen yli 3.4.2009.



Taulukko 5.8. Mitattu salaoja- ja pintakerrosvalunta (mm) ja sadanta (mm) 30.3.-7.4.2009

	Alue 1	Alue 2	Sadanta
Salaojavalunta	35	10	
Pintakerrosvalunta	10	0	
Yhteensä	45	45	12

Taulukko 5.9. ALA-ARVIO salaoja- ja pintakerrosvalunnasta (mm) 30.3.-7.4.2009

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	35	10
Pintakerrosvalunta, mitattu	10	0
Lisätty, arvio	5	20
Pintakerrosvalunta, yhteensä	15	20
Yhteensä	50	30

Taulukko 5.10. YLÄARVIO salaoja- ja pintakerrosvalunnasta (mm) 30.3.-7.4.2009

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	35	10
Pintakerrosvalunta, mitattu	10	0
Lisätty, arvio	10	30
Pintakerrosvalunta, yhteensä	20	30
Yhteensä	55	40

Pintakerrosvaluntakeräinten yli virranneiden vesimäärien arvioinnissa on käytetty apuna 18.3.2009 mitattua lumen vesiarvoa, 55 mm, sekä sulamisjakson sade-summaa, 12 mm.

Koalueiden pintakerrosvaluntakeräimiä kunnostettiin syksyllä 2009. Pintakerrosvaluntaa keräävän salaojaputken yläpuolella ollut savi ja osa salaojasorasta kaivettiin pois ja korvattiin salaajasepelillä. Kaivumassoilla tuettiin kaivannon reunaan, alarinteen puolelle asennettua muovilevyä.

### Valumaveden laatu

Ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien ajallinen vaihtelu vuonna 2008 on esitetty liitteissä 4 ja 5 (salaojat) sekä liitteissä 6 ja 7 (pintakerrosvalunta). Vastaavat kuvat vuodelta 2009 ovat liitteissä 8–11. Taulukoihin 5.11–5.18 on koottu Gårdskullan koalueiden salaoja- ja pintakerrosvaluntanäytteiden ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot vuosilta 2008 ja 2009.

Vuonna 2008 alueen 2 salaojavesinäytteiden kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvo oli alueeseen 1 nähden noin 1,3-kertainen. Pintakerrosvaluntavesien kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvot olivat koalueilla yhtä suuret, mutta suurimmat mitatut pitoisuudet olivat alueella 2 noin kaksinkertaiset alueen 1 maksimiin verrattuna.

Vuonna 2009 kokonaistyyppipitoisuudet olivat alueelta 2 tulevissa valumavesissä selvästi aluetta 1 korkeampia. Salaojaveden kokonaistyyppipitoisuus oli keskimäärin noin 3,5-kertainen alueen 1 vastaavaan verrattuna. Pintakerrosvalunnan kohdalla vastaava suhde oli 2,5.

Taulukko 5.11. Kokonaistyyppipitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (mg l<sup>-1</sup>) vuonna 2008.

	Alue 1 min / ka. / max	Alue 2 min / ka. / max
Salaojavalunta	2,1 / 4,8 / 7,8	3,9 / 6,0 / 8,8
Pintakerrosvalunta	2,6 / 5,6 / 8,1	3,0 / 5,5 / 16,0

Taulukko 5.12. Kokonaistyyppipitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (mg l<sup>-1</sup>) vuonna 2009.

	Alue 1 min / ka. / max	Alue 2 min / ka. / max
Salaojavalunta	1,0/ 3,5 /10,7	2,2/ 12,1 / 22,2
Pintakerrosvalunta	2,2 / 7,6 /10,7	3,4 / 19,0 / 27,2

Taulukko 5.13 Kokonaisfosforipitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (mg l<sup>-1</sup>) vuonna 2008.

	Alue 1 min / ka. / max	Alue 2 min / ka. / max
Salaojavalunta	0,01 / 0,11 / 0,52	0,29 / 0,81 / 2,24
Pintakerrosvalunta	0,07 / 0,55 / 1,23	0,30 / 1,28 / 2,97

Taulukko 5.14. Kokonaisfosforipitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (m l<sup>-1</sup>) vuonna 2009.

	Alue 1 min / ka. / max	Alue 2 min / ka. / max
Salaojavalunta	0,02 / 0,07 / 0,27	0,16 / 0,42 / 0,79
Pintakerrosvalunta	0,10 / 0,53 / 1,26	0,28 / 1,30 / 3,85

Taulukko 5.15. Liukoisien fosforin pitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (µg l<sup>-1</sup>) vuonna 2008.

	Alue 1 min / ka. / max	Alue 2 min / ka. / max
Salaojavalunta	0 / 8 / 21	58 / 194 / 306
Pintakerrosvalunta	0 / 50 / 361	103 / 218 / 499

Taulukko 5.16. Liukoisien fosforin pitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (µg l<sup>-1</sup>) vuonna 2009.

	Alue 1 min / ka. / max	Alue 2 min / ka. / max
Salaojavalunta	0 /14 / 28	72 /180 / 490
Pintakerrosvalunta	24 / 66 / 94	14 / 150 / 220

Taulukko 5.17. Kiintoainepitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (mg l<sup>-1</sup>) vuonna 2008.

	Alue 1 min / ka. / max	Alue 2 min / ka. / max
Salaojavalunta	160 / 253 / 436	307 / 536 / 1490
Pintakerrosvalunta	286 / 460 / 810	324 / 800 / 2240

Taulukko 5.18. Kiintoainepitoisuuksien minimi-, keski- ja maksimiarvot (mg l<sup>-1</sup>) vuonna 2009.

	Alue 1 min / ka. / max	Alue 2 min / ka. / max
Salaojavalunta	90 /200 / 330	121 /376 / 613
Pintakerrosvalunta	60 /430 / 930	390 /960 / 2900

Ero koalueiden valuntavesien kokonaisfosforipitoisuuksissa oli vuonna 2008 huomattava. Salaojavalunnan fosforipitoisuuksien keskiarvo oli alueella 2 yli 7-kertainen alueen 1 vastaavaan arvoon verrattuna. Myös alueen 2 pintakerrosvaluntavedessä oli fosforia alueen 1 pintakerrosvaluntaa enemmän, mitattujen kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvo oli noin kaksinkertainen.

Kokonaisfosforipitoisuudet olivat vuonna 2009 alueen 2 valumavesissä selvästi alueen 1 pitoisuuksia suurempia samoin kuin vuonna 2008. Alueen 2 salaojaveden fosforipitoisuudet olivat keskimäärin lähes kuusinkertaisia alueen 1 pitoisuuksiin verrattuna. Pintakerrosvalunnan osalta alueen 2 kokonaisfosforipitoisuudet olivat alueen 1 pintakerrosvalunnan pitoisuuksiin nähden noin 2,5-kertaisia.

Myös liukoisen fosforin pitoisuudet olivat vuonna 2008 alueella 2 selvästi suurempia kuin alueella 1. Näin oli sekä salaoja- että pintakerrosvalumavesissä. Keskiarvot olivat alueelta 2 salaojavalunnan osalta yli 20-kertaisia ja pintakerrosvalunnan osalta noin nelinkertaisia.

Samoin kuin kokonaisravinnepitoisuudet myös liukoisen fosforin pitoisuudet olivat vuonna 2009 sekä pinta- että salaojavalunnassa alueella 2 aluetta 1 korkeampia. Salaojavalunnan keskipitoisuus oli alueella 2 peräti 12-kertainen alueen 1 keskiarvoon verrattuna. Pintakerrosvalunnan osalta vastaava suhde oli 2,3.

Vuonna 2008 salaojaveden kiintoainepitoisuuksien (haihdutusjäännös) keskiarvo oli alueella 2 noin kaksinkertainen alueen 1 keskiarvoon verrattuna. Pintakerrosvalunnan osalta ero alueiden välillä oli hieman pienempi, alueen 2 kiintoainepitoisuuden keskiarvo oli noin 1,7-kertainen alueen 1 vastaavaan nähden.

Ravinnepitoisuuksien tapaan myös vuoden 2009 valumavesien kiintoainepitoisuudet olivat alueella 2 aluetta 1 korkeampia. Sekä pinta- että salaojavalunnan osalta alueen 2 kiintoainepitoisuuden keskiarvo oli alueen 1 pitoisuuksiin nähden noin kaksinkertainen.

## Ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat

Koalueilta Kirkkojokeen kulkeutuneet ravinne- ja kiintoainemäärät laskettiin kukin näytteenottovälin ainepitoisuuksien ja vesimäärän tulona. Taulukoihin 5.19–5.26 on koottu koalueiden vuosien 2008 ja 2009 kokonaistyyppi-, kokonaisfosfori- ja kiintoainehuuhtoumat sekä liukoisen fosforin huuhtoumat.

Vuonna 2008 salaojavalunnan kokonaistyyppihuuhtouma oli alueella 1 noin 1,5-kertainen alueen 2 huuhtoumaan nähden. Osaltaan tähän vaikuttaa alueen 1 verrattain suuri valunta (62 % sadannasta). Pintakerrosvalunnan mukana kulkeutui kokonaistyyppiä puolestaan enemmän alueella 2, lähes kolme kertaa enemmän kuin alueella 1.

Päin vastoin kuin vuonna 2008 vuonna 2009 alueen 2 salaojavalunnan kokonaistyyppihuuhtouma oli alueen 1 vastaavaa suurempi. Mitatun pintakerrosvalunnan mukanaan tuoman kokonaistyyppien määrä oli puolestaan alueelta 1 aluetta 2 suurempi. Ongelmat kevään pintakerrosvalunnan mittauksessa vaikeuttavat vertailua.

Taulukko 5.19. Kokonaistyyppihuuhtoumat ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) vuonna 2008

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	29,2	18,9
Pintakerrosvalunta	0,6	1,8
Yhteensä	29,8	20,6

Taulukko 5.20. Kokonaistyyppiuhutoumat (kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) vuonna 2009

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	8,1	10,5
Pintakerrosvalunta	0,9	0,6
Yhteensä	9,0	11,1

Taulukko 5.21. Kokonaisfosforiuhutoumat (kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) vuonna 2008

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	0,9	3,9
Pintakerrosvalunta	0,06	0,4
Yhteensä	1,0	4,3

Taulukko 5.22. Kokonaisfosforiuhutoumat (kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) vuonna 2009

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	0,13	0,26
Pintakerrosvalunta	0,03	0,07
Yhteensä	0,16	0,33

Taulukko 5.23. Liukoisen fosforin huuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) vuonna 2008

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	0,04	0,7
Pintakerrosvalunta	0,01	0,09
Yhteensä	0,05	0,8

Taulukko 5.24. Liukoisen fosforin huuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) vuonna 2009

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	0,031	0,11
Pintakerrosvalunta	0,004	0,004
Yhteensä	0,03	0,11

Taulukko 5.25. Kiintoainehuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) vuonna 2008

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	1430	2430
Pintakerrosvalunta	45	233
Yhteensä	1475	2663

Taulukko 5.26. Kiintoainehuuhtoumat (kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) vuonna 2009

	Alue 1	Alue 2
Salaojavalunta	340	270
Pintakerrosvalunta	26	50
Yhteensä	370	320

Alueen 2 valuntavesien kokonaisfosforipitoisuudet olivat vuonna 2008 verrattain korkeita. Aluetta 1 selvästi pienemmästä salaojavalunnasta huolimatta kokonaisfosforihuuhtouma (salaoja + pintakerrosvalunta) alueelta 2 oli varsin suuri. Alueen 2 huuhtouma salaojista oli yli nelinkertainen ja pintakerrosvalunnan mukana tullut huuhtouma yli seitsemänkertainen alueen 1 huuhtoumiin nähden.

Vuonna 2009 alueen 2 salaojavalunta oli alle puolet alueen 1 vastaavasta. Salaojaveden kokonaisfosforipitoisuus oli kuitenkin niin korkea, että alueen 2 fosforihuuhtouma oli alueen 1 huuhtoumaan nähden kaksinkertainen. Vaikka alueen 2 pintakerrosvalunnan huuhtoumasta puuttuukin kevään sulamisvedet, on se silti yli kaksinkertainen alueen 1 pintakerrosvalunnan fosforihuuhtoumaan verrattuna.

Kuten kokonaisfosforia myös liukoista fosforia huuhtoutui alueelta 2 selvästi enemmän kuin alueelta 1. Yhteenlaskettu fosfaattifosforikuormitus vuonna 2008 oli alueella 2 yli 15-kertainen alueen 1 kuormitukseen verrattuna.

Kokonaisfosforin tapaan myös liukoista fosforia kulkeutui vuonna 2009 Kirkkojokeen alueelta 2 selvästi aluetta 1 enemmän. Salaojavesien huuhtouma oli alueelta 2 noin 3,5 -kertainen alueen 1 huuhtouman verrattuna.

Myös kiintoaineen kohdalla alueen 2 huuhtoumat olivat vuonna 2008 alueen 1 vastaavia suurempia. Salaojavalunnan mukana kulkeutui Kirkkojokeen alueelta 2 noin 1,7-kertainen määrä kiintoainetta alueen 1 vastaavaan verrattuna. Pintakerrosvaluntakuormituksen ero oli vielä suurempi, alueen 2 kiintoainehuuhtouma oli alueen 1 pintakerrosvaluntakuormitukseen nähden yli viisinkertainen.

Salaojavalunnan ravinnehuuhtoumista poiketen oli alueen 1 kiintoainehuuhtouma aluetta 2 suurempi vuonna 2009. Kevään sulamisen aikaisen pintakerrosvalunnan puuttumisesta huolimatta alueen 2 pintakerrosvalunnan kiintoainehuuhtouma oli alueen 1 vastaavaa suurempi.

## Pohjavedenpinnan korkeus 2008 ja 2009

### Vuosi 2008

Toukokuun puolivälissä 2008 havaintoputkia asennettaessa pohjaveden pinnan korkeudet olivat alueen 1 putkissa (P1/1, P2/1 ja P3/1), 150, 90, 100 cm maanpinnan tason alapuolella. Toukokuun puolivälistä elokuun puoliväliin kestäneellä mittausjaksolla pohjaveden pinta laski alueella 1 putkesta riippuen 0,6–0,8 metriä. Tosin kuivaa toukokuuta seuranneen kesäkuun loppupuolen melko runsaat sateet käänsivät pohjaveden pinnat alueella 1 parin viikon ajaksi lievään nousuun. Pohjavesiputkien irrotettavat yläosat poistettiin peltolohkoilta puintitöiden tieltä 12.8.2008. Mittaukset alueella 1 jatkuivat puinnin ja kyntötöiden jälkeen marraskuun alkupuolella. Alueen 1 pohjaveden korkeudet vuonna 2008 on esitetty liitteessä 12.

Pohjaveden pinnan korkeudet alueen 2 putkissa olivat toukokuun puolivälissä, Kirkkojoelta ylöspäin lukien (P1/2, P2/2 ja P3/2), 166, 100 ja 95 cm maanpinnasta alaspäin. Alueella 2 pohjavesi laski toukokuun puolivälistä elokuun puoliväliin. Pienin muutos oli lähimpänä Kirkkojokea sijaitsevassa putkessa (P1/2) ja suurin muutos ylimmässä putkessa (P3/2). Tosin pohjaveden pinta laski alimmassa putkessa jo heinäkuun viimeisinä päivinä putken pohjan alapuolelle (alle kahteen metriin), joten elokuussa tarkkoja mittaustuloksia ei saatu. Alueella 2 kesän mittausjakson aikainen pohjavedenpinnan aleneminen oli välillä 0,4–1,0 metriä. Pohjavesimitauksia jatkettiin puinnin ja syysvehnän kylvön jälkeen lokakuun lopulla. Vuoden 2008 pohjaveden korkeudet koealueella 2 on esitetty liitteessä 12.

Olosuhteet vuoden 2009 tammi-maaliskuu olivat koealueella verrattain talviset. Maa oli lumen peitossa lähes yhtäjaksoisesti tammikuun alusta maaliskuun loppuun asti, ja vuoden alkupäivinä jäänyt maa sulii huhtikuun alkupuolella.

Koealueella 1 vuoden ensimmäiset (7.1.) mitatut pohjaveden korkeudet olivat Kirkkojoelta ylöspäin (P1/1, P2/1 ja P3/1), -140 cm, -90 cm ja -95 cm. Talven ja alkukevään aikana alueen 1 pohjaveden korkeudet vaihtelivat melko vähän. Veden korkeudet kahdessa ylemmässä putkessa seurasivat toisiaan välillä -80– -100 cm. Alueen alimmassa putkessa (P1/1) pohjaveden pinta oli jatkuvasti 0,4–0,5 m alempana. Kuivan huhtikuun (sadanta 5mm) ja vähäsateisen toukokuun (sadanta 23 mm) aikana pohjaveden pinta laski ja 19.5. mitattiin vuoden alimmat lukemat alhaalta ylöspäin: -189, -136 ja 135 cm. Kesäkuun sateet nostivat pohjaveden pintaa toukokuun lukemista noin 0,5 m kaikissa mittauspisteissä. Heinäkuun aikana hieman painunut pohjavesi nousi elo-syyskuun aikana vähän ja lokakuun alkupäivien melko rankat räntä- ja vesisateet nostivat pohjaveden pinnan 8.10. vuoden korkeimpiin lukemiin (-118, -71 ja -64 cm). Lokakuun alun piikin jälkeen pohjaveden pinta laski viikossa mittausputkissa 15–25 cm ja seuranneet viikot eivät tuoneet muutosta pinnan korkeuksiin. Marraskuun kahden viimeisen viikon runsaat sateet (noin 60 mm) nostivat pohjavedenpintoja alueen 1 mittauspisteissä aluetta 2 vähemmän, 7–20 cm. Joulukuun pakkasten myötä pohjavedenpinnan korkeudet kääntyivät loivaan laskuun. Alueen 1 pohjaveden korkeudet vuonna 2009 on esitetty liitteessä 13.

Alueen 1 tapaan myös alueella 2 alimmassa, Kirkkojokea lähinnä olevassa putkessa pohjaveden pinta on ollut jatkuvasti kahta muuta putkea alempana. Tosin alueella 2 tämän eron vaihteluväli on ollut aluetta 1 selvästi suurempi, 0,2–1 m. Tammikuun 2009 alussa alueelta 2 havaitut pohjaveden korkeudet olivat, alhaalta ylöspäin (P2/1, P2/2 ja P2/3): -184 cm, -93 cm ja -93 cm. Veden korkeudet putkissa P2/2 ja P3/2 seurasivat toisiaan ja vuoden alusta maaliskuun loppuun pohjaveden pinta laski molemmissa putkissa reilut 0,5 m. Samalla jaksolla pohjaveden pinnan lasku oli alimmassa putkessa (P2/1) pienempi, noin 0,2 m. Lumen ja roudan sulamisen myötä kääntyi pohjaveden pinta huhtikuun alkupäivinä lyhytaikaiseen nousuun, mutta kuivan huhtikuun kuluessa nousu taittui. Kesäkuussa sateet nostivat pohjaveden pintaa kahdessa ylemmässä putkessa liki 0,5 m, mutta alimmassa putkessa veden pinta ei toukokuusta juuri muuttunut. Toisin kuin alueella 1 ei alueen 2 vuoden alimpia pohjavesipintoja mitattu toukokuussa, vaan elokuun 6. päivä. Putkessa P2/1 pohjaveden pinta oli heinä-elokuussa laskenut havaintosyvyyden alapuolelle. Syyskuussa pohjaveden pinta lähti alueella 2 nousuun ja lokakuun alun suuret sateet nostivat vedenpinnan kaikissa putkissa vuoden ylimpiin lukemiin. Pohjaveden pinta laski alimmassa putkessa (P2/1) varsin nopeasti ollen jo viikon päästä alkukesän lukemissa (noin -180 cm). Marraskuun loppupuolen sateiden aikana pohjaveden pinta nousi alueen 2 putkissa 0,4–0,5 m. Joulukuun ja maan jäätyminen käänsivät pohjaveden pinnat laskuun, ja jo 18.12. vedenkorkeudet kaikissa alueen 2 pohjavesiputkissa olivat laskeneet takaisin marraskuun alun lukemiin. Alueen 2 pohjaveden korkeudet vuonna 2009 on esitetty liitteessä 13.

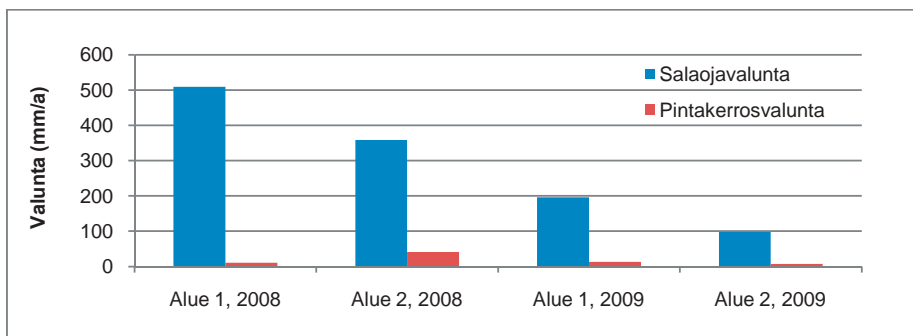
### Kirkkojoen ravinne- ja kiintoainepitoisuudet

Kevään 2008 ja kesän 2009 välillä Kirkkojoesta otettujen vesinäytteiden ravinne- ja kiintoainepitoisuudet on koottu liitteeseen 14.

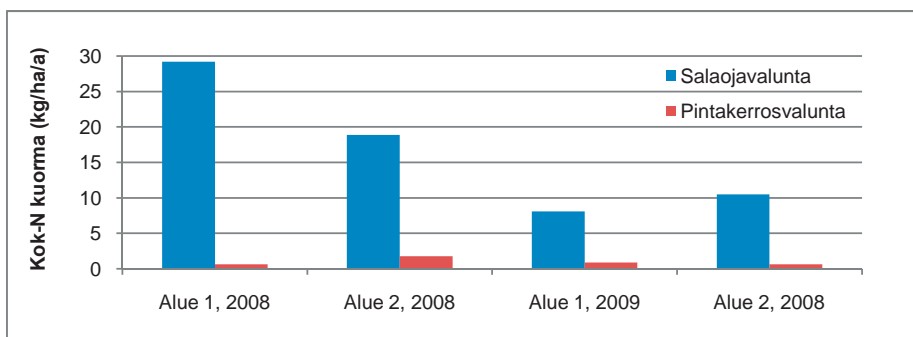
## 5.3 Tulosten tarkastelu

Siuntiossa Gårdskullan tilalla tehdyn tutkimuksen tavoitteena oli mitata pintakerros- ja salaojavaluntavesien määrää ja laatua ja niiden mukana tulevaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta. Tutkimusalueina olivat 5,7 ja 4,7 hehtaarin suuruiset salaojitetut viljelylohkot, jotka ovat savimaata. Tutkimusalueet poikkesivat näkyvimmin toisistaan kaltevuudeltaan. Maan kemiallisten ominaisuuksien osalta selvä ero koalueiden välillä oli muokkauskerroksen helppoliukoisen fosforin määrässä. Alueilla viljeltiin syys- tai kevätiljaa ja käytettiin pelkäästään kivennäislannoitteita.

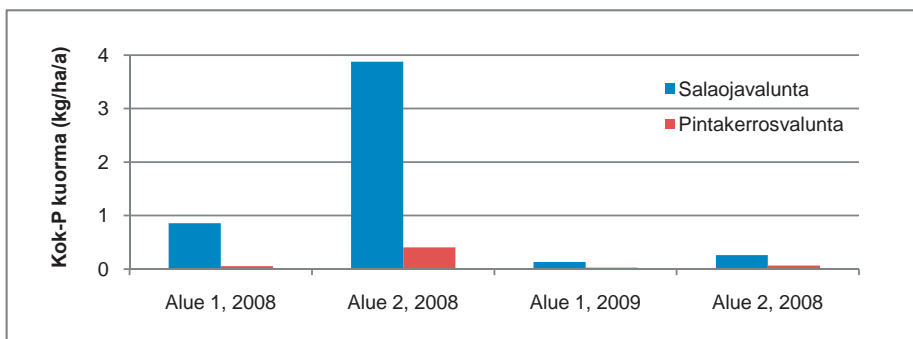
Vierekkäisten koalueiden valunnat ja valumavesien pitoisuudet ja siten kuormitukset poikkesivat huomattavasti toisistaan. Myös erot eri vuosien välillä olivat suuria. Erityisen kiinnostava tulos oli kokonaisfosforin ja kiintoaineen suuri huuhtouma salaojien kautta vuonna 2008 kaltevuudeltaan suhteellisen jyrkältä koelohkolta. Mittauksia tehtiin kuitenkin vain kahtena sääoloiltaan erilaisena vuonna ja pintakerrosvalunnan mittauksissa ja näytteenotossa oli katkoksia, joten kovin luotettavia johtopäätöksiä valuntasuhteista ja kuormitusreiteistä ei vielä pystytä tekemään. Kuvissa 5.4–5.8 on esitetty yhteenvetona mittaustuloksista lasketut valunnat ja ainekuormat vuosina 2008 ja 2009. Seuraavassa tarkastellaan yksityiskohdaisemmin valunta- ja pitoisuusmittausten tuloksia sekä niistä laskettuja ravinne- ja kiintoainekuormituksia.



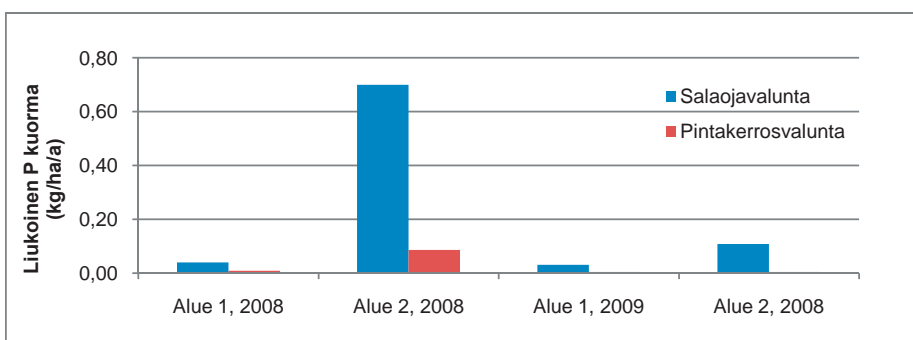
Kuva 5.4. Gårdskullan koalueiden salaoja- ja pintavalunnat vuosina 2008 ja 2009. Vuoden 2009 pintavaluntamittauksista puuttuu osa.



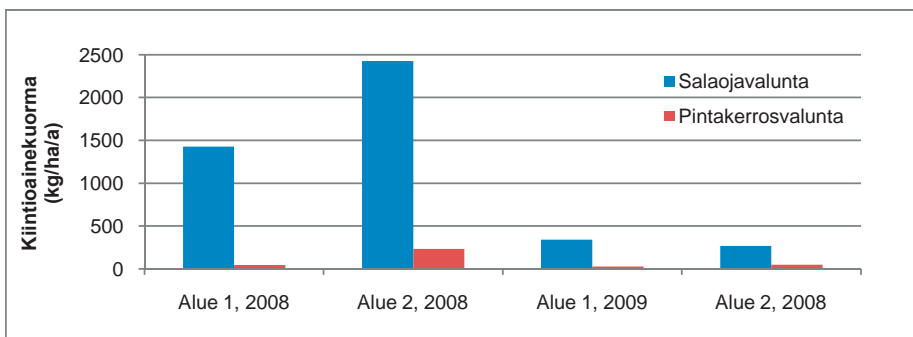
Kuva 5.5. Gårdskullan koalueiden kokonaistypen huuhtoumat salaoja- ja pintavalunnan mukana vuosina 2008 ja 2009. Vuoden 2009 pintavalunnan kuormituksesta puuttuu osa.



Kuva 5.6. Gårdskullan koalueiden kokonaisfosforin huuhtoumat salaoja- ja pintavalunnan mukana vuosina 2008 ja 2009. Vuoden 2009 pintavalunnan kuormituksesta puuttuu osa.



Kuva 5.7. Gårdskullan koalueiden liukoisen fosforin huuhtoumat salaoja- ja pintavalunnan mukana vuosina 2008 ja 2009. Vuoden 2009 pintavalunnan kuormituksesta puuttuu osa.



Kuva 5.8. Gårdskullan koalueiden kiintoainekuormat salaoja- ja pintavalunnan mukana vuosina 2008 ja 2009. Vuoden 2009 pintavalunnan kuormituksesta puuttuu osa.

## Valunta

Sateinen ja leuto vuosi 2008 (sadanta 838 mm) synnytti Gårdskullan koalueilla selvästi enemmän valuntaa kuin verrattain vähäsateinen ja talveltaan kylmempi vuosi 2009 (sadanta 560 mm). Ero näkyi etenkin salaojavalunnan määrässä. Alueella 1 salaojavaluntaa muodostui noin 2,5-kertaisesti ja alueella 2 3,5-kertaisesti vuoden 2009 valuntaan verrattuna. Pintakerros- ja kokonaisvaluntojen vertailua tutkimus-



vuosina hankaloittaa puutteet kevään 2009 pintavalunnan mittauksissa.

Molempien koalueiden vuotuisesta valunnasta huomattava osa tuli salaojien kautta. Vuonna 2008 alueella 1 pintakerrosvalunnan osuus oli 2 % ja alueella 2 10 % kokonaisvalunnasta (salaoja- ja pintakerrosvalunnan summa). Kenttähavaintojen perusteella pintavaluntaa muodostui suhteellisen paljon huhtikuussa 2009 lumen sulaessa, mutta mittausjärjestelmän toimivuusongelmien takia pintakerrosvalunnan kokonaisuus jäi sulannan aikana epäselväksi. Touko-joulukuussa 2009 pintakerrosvaluntaa muodostui molemmilla alueilla niukasti (3 mm ja 6 mm). On ilmeistä, että pintakerrosvalunnan osuus kokonaisvalunnasta oli ainakin alueella 2 vuonna 2009 suurempi kuin vuonna 2008. Pintakerros- ja salaojavalunnan mittauksissa oli joitakin katkoksia muinakin ajankohtina, mutta niillä ei oletettu olevan kovin suurta merkitystä vuotuisen kokonaisvalunnan määrään.

Salaojavaluntaa muodostui alueella 1 selvästi enemmän kuin alueella 2. Vuoden 2008 aikana salaojavalunta alueelta 1 oli lähes 1,5-kertainen ja vuonna 2009 2-kertainen alueen 2 salaojavaluntaan verrattuna. Sade- ja sulantatapahtumien aikana alueella 1 vettä alkoi virrata salaojaston laskuaukosta yleensä aiemmin ja virtaus kesti pidempään kuin alueella 2. Salaojastojen valuma-alueiden pinta-aloihin saattaa sisältyä epätarkkuutta varsinkin alueen 1 osalta, mikä vaikuttaa valunnan määrään. Alueen 1 runsaan salaojavalunnan oletettiin osittain johtuvan viereiseltä metsäalueelta peltoalueelle tulevista pohjavesistä, mutta koalueella tehdyt merkkiainemittaukset syksyllä 2008 eivät tukeneet tätä teoriaa (Vakkilainen ym. 2008).

Suurempi pintavalunnan määrä alueella 2 on luonnollista, sillä sen maanpinnan keskikaltevuus on neljä prosenttiyksikköä suurempi kuin alueen 1. Maakerrosten lajitekoostumuksessa ja orgaanisen aineksen määrässä koalueiden välillä ei ole suuria eroja. Maan rakenne ja makrohuokoisuus vaikuttavat keskeisesti veden virtaukseen savimaissa, mutta niistä ei toistaiseksi ole mittautietoa koalueilta. Silmä-määräisen tarkastelun perusteella syksyllä 2007 alueen 1 pohjamaassa oli pysyvää rakoilua ja sen rakenne oli prismamainen. Alueen 2 pohjamaan rakenne oli murumaisempi eikä selvää rakoilua havaittu. Alueiden viljelytoimenpiteet poikkesivat syksystä 2008 lähtien toisistaan, millä saattoi olla jonkin verran vaikutusta valunnan muodostumiseen ja valuntareitteihin.

Gårdskullan tulokset valunnan määrästä ja fraktioista eri tyyppisinä talvina 2008 ja 2009 ovat samansuuntaisia kuin Suomessa tehdyissä aiemmissa tutkimuksissa savimailla (ks. luku 3). Kaikilla tutkimusalueilla salaojavalunnan osuus kokonaisvalunnasta kasvoi leutoina talvina. Salaojavalunnan osuus mitatusta kokonaisvalunnasta Gårdskullan jyrkällä koalueella 2 oli kuitenkin huomattavan suuri, lähes 90 % runsassateisena syksynä 2008. Todellinen osuus on oletettavasti mitattua pienempi, sillä osa pintakerrosvalunnasta virtasi mittausjärjestelmän ohi. Samalla vesistöalueella sijaitsevalla Sjöskullan peltoalueella, joka on viettävää salaojitettua savimaata, sateisina syksyinä myös pintakerrosvaluntaa esiintyi runsaasti. Salaojavalunnan osuus oli 40–60 % kokonaisvalunnasta (Paasonen-Kivekäs ym. 2008). Vähäsateisena syksynä ja pellon olleessa syysviljalla pintavaluntaa muodostui Sjöskullassakin niukasti. Sjöskullan salaojitus on samantyyppinen kuin Gårdskullassa: kymmeniä vuosia vanha tiiliputkitus. Vihdissä sijaitsevalla Hovin peltoalueella (keskikaltevuus 2,4 %) salaojavalunnan osuus on vuosittain ollut keskimäärin runsas 40 % valtaojan valunnasta (ks. taulukko 3.2). Jokioisissa MTT:n Kotkanojan koalueella (keskikaltevuus 2 %) salaojavalunnan osuus on ollut keskimäärin 60 % kokonaisvalunnasta (salaojavalunta + pintakerrosvalunta) (ks. taulukko 3.2).

## Valumavesien ravinne- ja kiintoainepitoisuudet

### Typpipitoisuudet

Keskimääräiset kokonaistyppipitoisuudet Gårdskullan koealueiden 1 ja 2 salaojavesissä olivat samaa suuruusluokkaa (4,8 ja 6,0 mg l<sup>-1</sup>) vuonna 2008, samoin suurimmat mitatut pitoisuudet. Sitä vastoin vuonna 2009 alueen 2 keskipitoisuus kasvoi kaksinkertaiseksi, 12,1 mg:aan l<sup>-1</sup>, vuoteen 2008 nähden, kun taas alueen 1 pitoisuuteen jäi huomattavan pieneksi, 3,5 mg:aan l<sup>-1</sup>.

Vuoden 2009 suhteellisen suuri keskipitoisuus alueen 2 salaojavedessä johtui ennen kaikkea syksyn suurista pitoisuuksista. Syys-joulukuussa 2009 alueella 2 (kynnetty paljas maa) keskipitoisuus oli 17,9 mg l<sup>-1</sup>, mutta alueella 1 (syysvehnä) pitoisuus oli vain 5,5 mg l<sup>-1</sup>. Syys-joulukuussa 2008 alueiden välillä ei ollut juurikaan eroja: kynnetyn kasvipeitteettömän alueen 1 salaojavesien kokonaistyppipitoisuus oli 4,7 mg l<sup>-1</sup>, ja syysvehnää kasvaneen alueen 2 pitoisuus oli 4,4 mg l<sup>-1</sup>.

Keskimääräiset kokonaistyppipitoisuudet koealueiden 1 ja 2 pintakerrosvalunnassa olivat samansuuruiset (noin 5,5 mg l<sup>-1</sup>) vuonna 2008. Vuonna 2009 pintavaluntavesissä näkyi sama ilmiö kuin salaojavesissä: alueen 2 keskipitoisuus (19,0 mg l<sup>-1</sup>) oli 2,5-kertainen alueen 1 pitoisuuteen (7,6 mg l<sup>-1</sup>) verrattuna. Pintakerrosvalunnan keskimääräinen pitoisuus syys-joulukuussa 2009, jolloin valtaosa vesinäytteistä otettiin, oli alueella 2 lähes 25 mg l<sup>-1</sup>. Pitoisuus pysyi korkealla läpi syksyn vaihteluvälin ollessa 19,6–27,2 mg l<sup>-1</sup>. Keskipitoisuus syys-joulukuussa 2009 oli alueen 1 pintakerrosvalunnassa 8,3 mg l<sup>-1</sup> (4,3–10,7 mg l<sup>-1</sup>).

Vuonna 2008 pintakerrosvalunnan keskimääräiset kokonaistypen pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin salaojaveden pitoisuudet. Vuonna 2009 pintakerrosvalunnan pitoisuudet olivat selvästi suurempia kuin salaojavalunnan pitoisuudet. Pintavalunnan keskimääräinen pitoisuus alueella 1 oli yli 2-kertainen ja alueella 2 noin 1,5-kertainen salaojavalunnan pitoisuuksiin verrattuna.

Alueen 2 korkeat typpipitoisuudet salaoja- ja pintavaluntavesissä syksyllä 2009 johtunevat siitä, että maassa oli paljon huuhtoutumisaltista tyyppiä sadonkorjuun jälkeen. Se voi johtua muun muassa huonosta sadosta ja/tai suuresta orgaanisen typen mineralisaatiosta ja vähäisestä denitrifikaatiosta. Mineralisaatiossa vapautuvan typen määrä riippuu puolestaan sadonkorjuun jälkeen pellolle jäävän kasviaineksen koostumuksesta (esim. hiili-typpisuhde), maan muokkauksesta sekä maan kosteudesta ja lämpötilasta. Maan mineraali- ja kokonaistypen määrästä ei ole mittauksia koealueilta.

Alueen 1 salaojavesien suhteellisen pienen keskipitoisuus voi johtua mahdollisista peltoalueen ulkopuolelta tulevista pohjavesivirtauksista, joiden typpipitoisuus on yleensä pieni. Maan rakenne vaikuttaa myös typen kulkeutumiseen. Erityisesti muokauskerroksesta salaojiin muun muassa lieron reikien ja halkeamien kautta nopeasti tapahtuvien oikovirtausten on todettu vaikuttavan salaojaveden typpipitoisuuksiin (esim. Paasonen-Kivekäs ym. 2008). Pohjamaan rakenteessa oli silmämääräisesti havaiten eroja Gårdskullan koealueiden välillä, mutta maan makrohuokoisuudesta ja vedenjohtavuudesta ei ollut mittauksia.

Gårdskullan koealueen valumavesien kokonaistyppipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin Nummellan koekentällä. Kirkkonummella Sjäskullan peltoalueella (Paasonen-Kivekäs ym. 2008) sateisen vuoden 1998 salaojavesien keskipitoisuus oli 8,3 mg l<sup>-1</sup> eli vähän suurempi kuin Gårdskullassa vuonna 2008. Sjäskullan pintakerrosvalunnassa keskipitoisuus oli 4,5 mg l<sup>-1</sup> ja vaihteluväli 0,5–12,1 mg l<sup>-1</sup>. Arvot

olivat lähellä Gårdskullan vuoden 2008 pitoisuuksia. Sjöskullan näytteenotto poikkesi PVO-hankkeen koekentistä. Näytteet olivat joko manuaalisesti tai automaattisesti otettuja pistenäytteitä.

### Fosforipitoisuudet

Salaojavesien kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuuksissa oli huomattava ero koalueiden välillä. Alueella 2 salaojaveden keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli noin 6–7-kertainen alueen 1 arvoon nähden. Pitoisuudet vaihtelivat paljon myös vuosien 2008 ja 2009 välillä. Alueella 1 keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus vuonna 2008 oli 0,11 mg l<sup>-1</sup> ja alueen 2 0,81 mg l<sup>-1</sup>. Vuonna 2009 vastaavat arvot olivat 0,07 mg l<sup>-1</sup> ja 0,42 mg l<sup>-1</sup>. Alueen 2 salaojavesinäytteiden kokonaisfosforipitoisuus oli systemaattisesti korkeampi kuin alueen 1 vastaavien ajankohtien näytteiden molempina vuosina.

Vuonna 2008 kokonaisfosforipitoisuudet alueen 2 salaojavesissä olivat läpi vuoden korkeampia kuin vuonna 2009. Tammi-huhtikuussa 2008 alueen 2 pitoisuudet olivat lähes kaksinkertaisia ja syys-joulukuussa yli kolminkertaisia vastaaviin vuodenaikoihin 2009 verrattuna. Alueella 1 ei näin suuria eroja havaittu.

Liukoisen fosforin pitoisuuksissa oli vielä suuremmat erot koalueiden välillä kuin kokonaisfosforin pitoisuuksissa. Alueen 2 salaojaveden keskimääräinen pitoisuus oli vuonna 2008 (194 µg l<sup>-1</sup>) yli 20-kertainen ja vuonna 2009 (180 µg l<sup>-1</sup>) yli 12-kertainen alueen 1 pitoisuuteen verrattuna.

Liukoisen fosforin pitoisuus salaojavesissä oli keskimäärin 7–43 % kokonaisfosforin pitoisuudesta. Kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuuksien erotuksen oletettiin olevan kiintoaineeseen sitoutunutta partikkelimaista fosforia. Kun tarkasteltiin partikkelimaisen fosforin ja kiintoaineen pitoisuuksien suhdetta, niin sen perusteella alueen 2 salaojavesien kiintoaine oli keskimäärin 2–3-kertaa fosforipitoisempaa kuin alueen 1 salaojaveden kiintoaine.

Pintakerrosvalunnan kokonaisfosforipitoisuuksissa oli samanlainen ero alueiden välillä kuin salaojavesissä. Alueen 2 keskipitoisuus oli lähes 2,5-kertainen alueen 1 keskipitoisuuteen verrattuna molempina vuosina. Vuonna 2008 pintakerrosvalunnan kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo alueella 2 (1,28 mg l<sup>-1</sup>) oli likimain yhtä suuri kuin suurin alueelta 1 mitattu kokonaisfosforipitoisuus.

Syksyn runsaat sateet nostivat pintakerrosvalunnan kokonaisfosforipitoisuutta molemmilla koalueilla. Loka-joulukuun 2009 keskipitoisuus oli alueella 1 viisinkertainen edeltävän kevään pitoisuuksiin verrattuna. Alueella 2 syksyn fosforipitoisuudet olivat keskimäärin noin kolminkertaisia alkuvuoden kokonaisfosforipitoisuuksiin verrattuna.

Pintakerrosvalunnan liukoisen fosforin pitoisuuksissa koalueiden välillä ei ollut niin suurta eroa kuin salaojaveden vastaavissa pitoisuuksissa. Alueen 2 pintakerrosvalunnan keskimääräiset pitoisuudet vuosina 2008 ja 2009 (218 ja 150 µg l<sup>-1</sup>) olivat samaa suuruusluokkaa kuin salaojavalunnan pitoisuudet. Sitä vastoin alueen 1 pintakerrosvalunnan keskipitoisuudet (50 ja 66 µg l<sup>-1</sup>) olivat selvästi suurempia kuin salaojavalunnan pitoisuudet.

Koalueen 2 muokkauskerroksen fosforiluku (26,8 mg l<sup>-1</sup> maata) oli suurempi kuin alueen 1 (19,6 mg l<sup>-1</sup> maata), mikä osaltaan selittää alueen 2 suuremmat fosforipitoisuudet pinta- ja salaojavesissä. Alueella 2 eroosio oli myös suurempaa kuin alueella 1, mikä lisäsi fosforin kulkeutumista maa-aineksen mukana. Maan fosforimäärien erojen selvittäminen edellyttää tarkempia tutkimuksia muun muassa koe-

alueiden viljelyhistoriasta, maa-aineksen kemiallisesta koostumuksesta sekä fosforimäärien vaihtelusta koalueiden sisällä.

Gårdskullan koalueella 2 kokonaisfosforipitoisuus salaojavesissä vuonna 2008 oli keskimäärin  $0,8 \text{ mg l}^{-1}$ , joka on samaa suuruusluokkaa kuin Nummelan koalueiden keskipitoisuudet kalibrointijaksolla,  $0,8\text{--}1,0 \text{ mg l}^{-1}$ .

Myös pintakerrosvalunnan pitoisuudet olivat lähes yhtä suuret: Gårdskulla 2  $1,3 \text{ mg l}^{-1}$ , Gårdskulla 1  $0,6 \text{ mg l}^{-1}$ , Nummela  $0,5\text{--}1,4 \text{ mg l}^{-1}$ . Sjökullan koalueen salaojavesien kokonaisfosforipitoisuudet sateisena vuonna 1998 vaihtelivat välillä  $0,04\text{--}6,6 \text{ mg l}^{-1}$  (Paasonen-Kivekäs ym. 2008). Vuoden keskipitoisuus  $1,0 \text{ mg l}^{-1}$  oli yhteneväinen Gårdskullan ja Nummelan pitoisuuksien kanssa. Pintakerrosvalunnan pitoisuus oli keskimäärin  $1,9 \text{ mg l}^{-1}$  ja vaihteluväli  $0,2\text{--}6,7 \text{ mg l}^{-1}$ . Kotkanojan koekentän salaojavedessä kokonaisfosforin pitoisuus (kuukausikeskiarvo) oli suurimmillaan noin  $1,3 \text{ mg l}^{-1}$  (Uusitalo ym. 2007).

### Kiintoainepitoisuudet

Alueen 2 salaojavalunnan kiintoainepitoisuudet olivat alueen 1 pitoisuuksia korkeampia molempina vuosina. Vuonna 2008 kiintoainepitoisuuksien keskiarvo oli alueella 2 ( $536 \text{ mg l}^{-1}$ ) yli kaksinkertainen ja suurin mitattu pitoisuus yli kolminkertainen alueen 1 vastaaviin arvoihin verrattuna. Vuoden 2009 keskipitoisuus oli alueella 2 ( $376 \text{ mg l}^{-1}$ ) noin 1,7-kertainen alueen 1 pitoisuuteen verrattuna. Salaojavesien kiintoainepitoisuudet olivat molemmilla koalueilla syksyllä suurempia kuin vuoden alkupuolella.

Myös alueelta 2 tuleva pintakerrosvalunta sisälsi enemmän kiintoainetta kuin alueen 1 pintakerrosvalunta. Keskimäärin alueen 2 kiintoainepitoisuus oli alueeseen 1 nähden 1,7-kertainen molempina vuosina.

Salaojavesien tavoin kiintoainepitoisuudet olivat pintavalunnassa korkeampia syksyllä kuin keväällä. Lokakuun 2009 alun runsaiden sateiden myötä alueen 2 salaojaveden kiintoainepitoisuus ( $2900 \text{ mg l}^{-1}$ ) nousi vuoden muihin pitoisuuksiin verrattuna kuusinkertaiseksi.

Pintavaluntojen pitoisuuserot selittyvät osittain maanpinnan erilaisilla kaltevuuksilla, mikä vaikuttaa eroosion ja pintavalunnan muodostumiseen. Erot kiintoainepitoisuuksissa olivat suhteessa kuitenkin pienempiä kuin kokonaisfosforin pitoisuuksissa, mikä johtuu alueen 2 fosforipitoisemmasta pintamaasta.

Gårdskullan koalueella 2 keskimääräinen kiintoainepitoisuus salaojavedessä vuonna 2008 oli  $0,53 \text{ g l}^{-1}$ , joka on samaa suuruusluokkaa kuin Nummelan koalueiden pitoisuudet kalibrointijaksolla,  $0,56\text{--}0,67 \text{ g l}^{-1}$ . Myös pintakerrosvalunnan pitoisuudet olivat lähellä toisiaan: Gårdskullan alueella 2  $0,80 \text{ g l}^{-1}$  ja Nummelan koalueilla  $0,62\text{--}1,18 \text{ g l}^{-1}$ . Sjökullan koalueen salaojavesistä mitattiin suuria kiintoainepitoisuuksia varsinkin syksyisin; hetkelliset pitoisuudet nousivat noin  $6 \text{ mg:aan l}^{-1}$  (Paasonen-Kivekäs ym. 2008). Sateisen vuoden 1998 keskipitoisuus oli  $0,91 \text{ g l}^{-1}$  eli jonkin verran korkeampi kuin Gårdskullassa ja Nummelassa. Sjökullan pintakerrosvalunnan keskipitoisuus samana vuonna oli  $1,48 \text{ g l}^{-1}$ . Keskimääräistä kuivempänä vuonna Sjökullan salaojavalunnan keskipitoisuus oli samaa suuruusluokkaa kuin Gårdskullan alueella 1 vuonna 2009, alle  $0,3 \text{ mg l}^{-1}$ . Suhteellisen runsaasti kiintoainetta on havaittu myös Kotkanojan koekentän salaojavesissä. Kotkanojan koekentän salaojavesien kiintoainepitoisuudet olivat suurimmillaan noin  $1,5 \text{ g l}^{-1}$  (Turtola ym. 2007).

## Ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat

### Typpikuormitus

Gårdskullan koealueilta typpeä huuhtoutui pinta- ja salaojavalunnan mukana vuosittain 9–29 kg ha<sup>-1</sup> Kirkkojokeen. Vuoden 2009 kokonaishuuhtoumat ovat karkeita arvioita, koska kevään pintavaluntamittaukset puuttuivat. Tämän vuoksi huhtikuun ainekuormitusten arvioimiseksi tehtiin pintavalunnan osalta arvio (ylä- ja ala-arvo). Vuoden 2009 pienempi kokonaiskuormitus vuoteen 2008 nähden johtui pääosin pienemmästä kokonaisvalunnasta.

Vuonna 2008 pintavalunnan aiheuttaman typpihuuhtouman osuudeksi arvioitiin alueella 1 noin 2 % ja alueella 2 noin 9 % kokonaiskuormituksesta. Vuonna 2009 pintavalunnan osuudeksi arvioitiin noin 10 % alueella 1 ja noin 6 % alueella 2, mutta näihin arvoihin sisältyy paljon epätarkkuutta.

Salaojavalunnan kokonaistypen huuhtoumissa oli selvä ero koealueiden välillä vuonna 2008. Vuonna 2008 typpeä huuhtoutui alueelta 1 noin 30 % (10 kg ha<sup>-1</sup>) enemmän kuin alueelta 2. Tämä johtui alueen 1 suuresta salaojavalunnasta, sillä alueen 1 kokonaistypipitoisuudet olivat aluetta 2 jonkin verran pienempiä. Vuotuinen kuorma 2009 oli arvioiden mukaan alueilla samaa suuruusluokkaa (9–11 kg ha<sup>-1</sup>). Kuormituksen syyt olivat kuitenkin erilaiset: alueen 1 kuormitus johtui ennen kaikkea suuresta salaojavalunnasta, kun taas alueen 2 kuormitus johtui valumavesien korkeista typpipitoisuuksista.

Gårdskullan vuotuinen typpikuormitus oli samaa suuruusluokkaa kuin Nummelan koealueiden kuormitus. Nummelassa suurin typpihuuhtouma 31 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> syntyi täydennysojituksen jälkeen, kun sekä pinta- että salaojavalunnan typpitoisuudet nousivat. Gårdskullassa yhtä suuri kuormitus mitattiin 50 vuotta vanhasta ojustosta suurten valumien seurauksena. Nummelassa kuormituksesta tuli salaojien kautta arviolta 75 % ja Gårdskullassa 98 %. Sjäskullan koekentällä Kirkkonummella suurimmaksi vuotuiseksi kuormitukseksi mitattiin 22 kg ha<sup>-1</sup>, josta salaojien osuus oli 60 % (Paasonen-Kivekäs ym. 2008). Hovin valuma-alueella salaojien kautta on tullut keskimäärin yli puolet ja Kotkanojalla yli 90 % vuotuisesta kokonaistypen kuormituksesta (ks. kuva 3.3). Keskimääräinen typpikuormitus näiltä alueilta on vaihdellut 10–20 kg ha<sup>-1</sup> vuodessa sääoloista riippuen, mutta esimerkiksi Hovin peltoalueen huuhtoumaksi on mitattu suurimmillaan 30 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Vuorenmaa ym. 2002).

### Fosforikuormitus

Kokonaisfosforin huuhtouma Gårdskullan koealueilta Kirkkojokeen oli vuosittain 0,16–4,3 kg ha<sup>-1</sup>. Noin 80–90 % fosforikuormituksesta tuli salaojien kautta molemmilla alueilla ja molempina vuosina. Todellisuudessa osuus on jonkin verran pienempi, sillä osa pintavalunnan mukana tulevasta kuormituksesta jäi mittaamatta.

Vuonna 2008 alueen 2 kokonaisfosforikuorma oli noin nelinkertainen alueeseen 1 verrattuna. Vuonna 2009 kuormitusta alueelta 2 tuli noin puolet enemmän kuin alueelta 1.

Vuonna 2008 salaojavalunnan kokonaisfosforikuorma alueelta 2 oli huomattavan suuri, 3,9 kg ha<sup>-1</sup>. Siitä liukoista epäorgaanista fosforia oli 0,7 kg ha<sup>-1</sup> eli vajaa 20 %. Vuoden 2009 kuormitus oli alle 10 % vuoden 2008 kuormituksesta. Liukoisen fosforin osuus oli vuotta 2008 selvästi korkeampi, 42 %.

Suuri fosforihuhtouma alueelta 2 vuonna 2008 johtui ennen kaikkea salaojaveden suurista pitoisuuksista, mutta myös salaojavaluntaa muodostui runsaasti vuoteen

2009 verrattuna. Alueelta 1 tuli salaojavaluntaa kuitenkin molempina vuosina huomattavasti enemmän kuin alueelta 2, mutta sen fosforikuorma jäi selvästi pienemmäksi pienistä pitoisuuksista johtuen. Kokonaisfosforin suuri huuhtouma alueelta 2 selittyy pitkälti sen suuremmalla kiintoainekuormituksella ja fosforipitoisemmalla pintamaalla. Gårdskullan salaojavesien maa-aineksen ominaisuuksia ei tutkittu tässä yhteydessä, mutta aiemmin muilla savipelloilla on havaittu, että valtaosa salaojavesien kiintoaineesta on peräisin muokkauskerroksesta (Uusitalo ym. 2001).

Gårdskullan alueen 2 kokonaisfosforin huuhtouma salaojista vuonna 2008 oli selvästi suurempi kuin Nummelan koekentän huuhtoumat. Alueen 1 huuhtouma oli lähes yhtä suuri kuin Nummelan 32 m:n ojavälin alueen (D) salaojahuuhtouma ja noin puolet 16 m:n ojavälin alueiden (B ja C) huuhtoumista kentän kalibrointijaksolla.

Alueen 2 kokonaisfosforin huuhtouma vuonna 2008 oli samaa suuruusluokkaa kuin Sjöskullan peltoalueen huuhtouma sateisena vuonna 1998 (Paasonen-Kivekäs ym. 2008). Sjöskullassa noin 60 % kuormituksesta tuli pintakerrosvalunnan mukana, kun taas Gårdskullassa pääosa kuormituksesta tuli salaojavalunnan mukana. Sjöskullassa salaojien kautta kuormitusta tuli  $1,7 \text{ kg ha}^{-1}$ . Suhteellisen paljon kokonaisfosforia on huuhtonut salaojista myös Kotkanojan koekentällä (Uusitalo ym. 2007).

#### Kiintoainekuormitus

Gårdskullan koealueiden kiintoainekuorma pintakerros- ja salaojavalunnan mukana vaihteli vuosina 2008 ja 2009 välillä  $320\text{--}2663 \text{ kg ha}^{-1}$ . Alueen 2 kiintoainekuorma oli vuonna 2008 noin 1,8-kertainen alueen 1 kuormaan verrattuna. Kuten kokonaisravinnekuormituksesta myös kiintoaineesta valtaosa tuli salaojia pitkin. Pintakerrosvalunnan kuormituksen osuus kokonaiskuormituksesta oli vuonna 2008 alueella 1 noin 3 % ja alueella 2 noin 9 %.

Vuonna 2009 salaojavesien kiintoainekuorma oli vain 11 % ja 24 % vuoden 2008 vastaavasta kuormasta. Vuonna 2009 kiintoainekuormitusta muodostui alueella 1 vähän enemmän kuin alueella 2. Pääosa kiintoaineesta kulkeutui salaojaveden mukana, mutta alueella 2 pintavalunnan osuudeksi arvioitiin enemmän kuin alueella 1. Kuormitusosuuksiin sisältyy kuitenkin epätarkkuutta, varsinkin vuonna 2009, pintakerrosvalunnan puuttuvista mittauksista johtuen.

Nummelan koealueiden vuotuinen kiintoainekuorma salaojavesien mukana oli suurimmillaan samaa suuruusluokkaa kuin Gårdskullan alueen 1 kuorma vuonna 2008. Gårdskullan alueen 2 salaojista tuli vuonna 2008 kiintoainetta yli  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$  enemmän kuin Nummelan 16 metrin ojavälin alueilta kentän kalibrointijaksolla. Gårdskullan alueen 1 kiintoainekuorma salaojavalunnan mukana vuonna 2008 oli samaa suuruusluokkaa kuin Sjöskullan koealueella keskimääräistä sateisempina vuonna 2008 ( $1551 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Paasonen-Kivekäs ym. 2008). Gårdskullassa kuormitus oli suurempi kuin Kotkanojalla ja Hovissa mitatut keskimääräiset arvot (ks. kuva 3.1). Hovissa kiintoainetta kulkeutui salaojista keskimäärin  $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

# 6. Jankkurointikoe MTT:n Sotkamon koekentällä

MTT:n Sotkamon tutkimusasemalla sijaitsevassa kokeessa tutkitaan jankkuroinnin merkitystä salaojituksen tehostajana. Jankkuroinnin tavoitteena on saada 1) hyvä maan rakenne ja 2) mahdollisimman hyvä sato ja siten mahdollisimman paljon ravinteita pellolta pois sadon mukana. Tällöin ravinteet eivät jää huuhtoutumiselle alttiiksi. Kenttäkokeessa selvitetään myös, mikä merkitys on viljan ja nurmen viljelyllä jankkuroitujen ja ei-jankkuroitujen ruutujen maan rakenteelle. Oletus on, että vahvajuurinen nurmi lisää maan biologista aktiivisuutta (josta syntyy eliö- ja kasvin- tähteitä), mikä puolestaan edistää kestävämmän maan rakenteen muodostumista.

## 6.1 Koejärjestelyt

Jankkurointikokeessa on neljä koekäsittelyä:

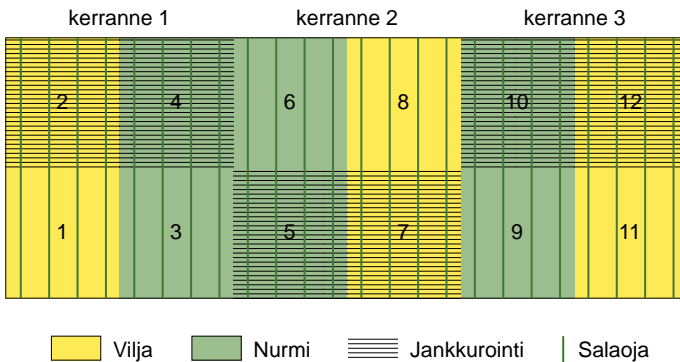
- vilja, ei jankkuroitu
- vilja, jankkuroitu
- nurmi, ei jankkuroitu
- nurmi, jankkuroitu

Koe perustettiin MTT:n Sotkamon tutkimusasemalle salaojituksen yhteydessä vuonna 2007. Koekentän järjestelyt on esitetty kuvassa 6.1.

Salaojitus tehtiin 4.10.2007 vanhan tehottomaksi käyneen ojituksen päälle. Uusien ojien ojaväli on 8 m, ja putken ympäröivä alue on ohut suodatinkangas. Kaikki imuojat yhdistettiin samaan uuteen kokoojaan.

Puolet koalueen pinta-alasta jankkuroitiin koesuunnitelman mukaisesti 6.6.2008, kun kenttä oli kuivahtanut talven jälkeen. Jankkurointi tehtiin yksiteräisellä jankkurilla (kuva 6.2) siten, että jankkuroidut urat tulivat traktorinleveuden päähän toisistaan (180 cm). Maa ei siten tullut jankkuroiduksi kauttaaltaan vaan kaistoittain. Jankkuri rikkoi maata noin 40 cm:n syvyyteen (kuva 6.3).

Kenttäkoe MTT/Sotkamo 2007-



Kuva 6.1. MTT/Sotkamon koekentän järjestelyt



Kuva 41. Kokeessa käytetty jankkuri.



Kuva 42. Jankkuri rikkoi maata noin 40 cm:n syvyyteen.

Taulukko 6.1. Sotkamon koekentän viljelytoimet 2008-2009.

	2008	2009
viljaruutujen kevätmuokkaus	äestys S-piikkiäkeellä kahteen kertaan 9.6.	tasausäestys ja äestys S-piikkiäkeellä 21.5.
viljan kylvä	Voitto-ohra 197 kg/ha 9.6.2008	Voitto-ohra 214 kg/ha 21.5.2009
viljan kylvölannoitus	Pellon Y6(17-4-13) 350 kg/ha	Pellon Y3(21-3-9) 380 kg/ha
viljan torjunta-ainekäsittely	Expres 2 tabl./ha 3.7.	Ratio 2 tab/ha 23.6.
viljan puinti	23.9.2008	27.8.2009
viljaruutujen syysmuokkaus	Kyntö 13.10.2008	Kyntö 29.9.2009
nurmen kylvä	Voitto-ohra 140 kg/ha. Iki-timotei 25 kg/ha 9.6.2008	-
nurmen lannoitus	-	Pellon Y3(21-3-9) 470 28.5.; 2.lannoitus Nurmen NK2(20-0-15) 500 kg 2.7.
nurmen niitot	-	30.6 ja 13.8.

Jankkuroinnin jälkeen koko koalue kynnettiin (kyntösyvyys 22 cm) ja äestettiin kahteen kertaan S-piikkiäkeellä. Koeruuduille kylvettiin nurmi (suojaviljaan) ja ohra koesuunnitelman mukaisesti. Kaikki muokkaus- ja kylvyöt tehtiin 9.6.2008. Tämän jälkeen tehdyt viljelytoimet on esitetty taulukossa 6.1.

## 6.2 Mittaukset

Koekentän maan ominaisuudet määritettiin ojituksen yhteydessä tai heti sen jälkeen. Jokaisen ruudun keskeltä

- mitattiin pintamaan vedenjohtavuus infiltraatiomenetelmällä (Bouwer 1986)
- mitattiin pohjamaan vedenjohtavuus auger hole –menetelmällä (Beers 1979)
- otettiin häiriintymätön maanäyte (halkaisija 15 cm, pituus 60 cm) traktori-kairalla. Maanäyte katkaistiin laboratoriossa siten, että saatiin erilliset näytteet: 0–20 cm, 20–40 cm ja 40–60 cm. Maanäyteistä määritettiin
  - maan vedenjohtavuus vedellä kyllästetyssä tilassa Darcyn lain mukaisesti (Youngs 1991)



- maan kokonaishuokoisuus ja erikokoisten huokosten osuus maan kokonaistilavuudesta vedenpidätyksen desorptiomenetelmällä (water desorption; Danielson ja Sutherland 1986) ja osmoottisella menetelmällä (Williams ja Shaykewich 1969)
- tilavuuspaino lieriömenetelmällä (200 cm<sup>3</sup>; Blake ja Hartge 1986)
- juurikanavien ja lieronreikien määrä laskemalla (Alakukku 1996)
- otettiin maanäyte kairalla 10 cm:n välein 100 cm:n syvyyteen asti. Maanäytteistä määritettiin
  - maalaji mekaanisella maa-analyysillä (Elonen 1971)
  - orgaanisen aineksen pitoisuus kuivapolttomenetelmällä (Carr 1973)
  - pH ja johtoluku vesisuspensiosta (Vuorinen ja Mäkitie 1955)
  - liukoisten ravinteiden (Ca, Mg, K, P) pitoisuus (vain muokkauskerroksesta) happamalla ammoniumasettautiutolla (Vuorinen ja Mäkitie 1955)

Tässä hankkeessa maa-analyysyjä hyödynnettiin ainoastaan taustatietoina kentän toimintoja tarkasteltaessa. Tämän hankkeen lyhyen keston aikana maassa ei ehtinyt tapahtua juurikaan muutoksia, joten jankkuroinnin ja kasvilajin vaikutuksia maan rakenteeseen voidaan tutkia vasta muutaman vuoden kuluttua jatkohankkeessa.

Syksyllä 2008 sadonkorjuun jälkeen kentälle asennettiin yhteensä 36 pohjavesiputkea. Jokaiseen ruutuun tuli kolme putkea, yksi jokaiseen ojaväliin. Manuaalisia pohjavesimittauksia tehtiin viikoittain 24.10.2008–24.11.2009. Maan kosteus mitattiin jokaisen pohjavesiputken vierestä TDR-menetelmällä (Topp ym. 1980) kerran märkänä ja kerran kuivana aikana. Tutkimusasemalla seurataan myös sademäärää.

Jokaisesta koeruudusta otettiin sadonkorjuun yhteydessä kaksi satonäytettä 15 m<sup>2</sup>:n alalta sadon määrän ja laadun analysointia varten. Viljan laatua selvitetiin määrittämällä hehtolitraino ja 1000 jyvän paino virallisten lajikekokeiden suoritusohjeiden mukaan (anon.). Lisäksi määritettiin typpipitoisuus Kjeldahl-menetelmällä ja typpisato. Nurminäytteistä määritettiin sadon lisäksi typpipitoisuus ja typpisato.

Jankkuroinnin vaikutusta maan mekaaniseen vastukseen mitattiin penetrometrillä 11.6.2009. Mittaus tehtiin jokaisesta ruudusta kahdeksasta paikasta pohjavesiputkien ympäristöstä. Penetrometri mittaa kartion maahan painamiseen tarvittavaa voimaa 3,5 cm:n välein 52,5 cm:n syvyyteen asti (Anderson ym. 1980).

## 6.3 Tulokset

### Maan ominaisuudet

Koekentän maalaji oli kauttaaltaan multavaa hiesua, ja sen ominaisuudet olivat hiesulle tyypilliset (taulukko 6.2).

### Sadon määrä ja laatu

Koeruutujen sadot poikkesivat toisistaan hyvin vähän niin määrän kuin laadun suhteen (taulukko 6.3). Jankkurointi paransi hieman joitain ominaisuuksia mutta huononsi joitain. Tulokset testattiin myös tilastollisesti, mutta minkäänlaisia tilastollisia eroja ei löytynyt.

Taulukko 6.2. Sotkamon jankkurointikentän keskimääräiset maan ominaisuudet (n=12). Suluisissa oleva luku ilmoittaa keskijohdon.

Ominaisuus	0-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
Savespitoisuus %	16	(6)	14	(5)	18	(9)
Hiespitoisuus %	61	(3)	61	(3)	60	(10)
Hieta/hiekkapitoisuus %	23	(9)	25	(7)	21	(17)
Orgaaninen aines %	4,8	(2,5)	2,6	(2,6)	0,5	(0,6)
Maalaji	mHs		vmHs		vmHs	
Tilavuuspaino g/cm <sup>3</sup>	1,3	(0,1)	1,6	(0,1)	1,7	(0,1)
Kokonaishuokostila maan kokonaistilavuudesta %	52	(3,1)	42	(3,9)	40	(3,5)
Isoja huokosia (Ø > 30 µm) til-%	7	(1,7)	3	(0,9)	2	(0,5)
Keskikokoisia huokosia (0,02 µm < Ø < 30 µm) maan tilavuudesta %	12	(3,1)	25	(4,4)	16	(4,3)
Pieniä huokosia (Ø < 0,2 µm) til-%	28	(4,5)	11	(4,4)	13	(2,2)
Lierokanavien pinta-ala mm <sup>2</sup> /dm <sup>2</sup>	30	(27)	20	(10)	6	(5,5)
Juurikanavien määrä kpl/dm <sup>2</sup>	899	(89)	904	(151)	880	(114)
Maan vedenjohtavuus (laboratoriomittaus) cm/h	45	(42)	19	(29)	1,1	(2,5)
Maan vedenjohtavuus (kenttämittaus) cm/h	51*	(48)			0,43**	(0,2)
pH	6,2	(0,4)	6,3	(0,5)	6,4	(0,4)
Johtoluku 10-4 S/cm	0,6	(0,1)	0,4	(0,1)	0,4	(0,1)
Ca mg/l maata	910	(160)				
K mg/l maata	83	(28)				
Mg mg/l maata	165	(59)				
P mg/l maata	10,1	(4,8)				

\* infiltraatiomittaus maan pinnasta \*\* auger hole -mittaus noin 80-100 cm:n syvyydestä

Taulukko 6.3. Sotkamon jankkurointikokeen sadon määrä ja laatu vuosina 2008 ja 2009 jankkuroiduilla ja jankkuroimattomilla vilja- ja nurmi ruuduilla (n=6). Suluisissa oleva luku kertoo keskijohdon. Vuosi 2008 oli nummiruutujen kylvövuosi eikä nurmisatoa korjattu.

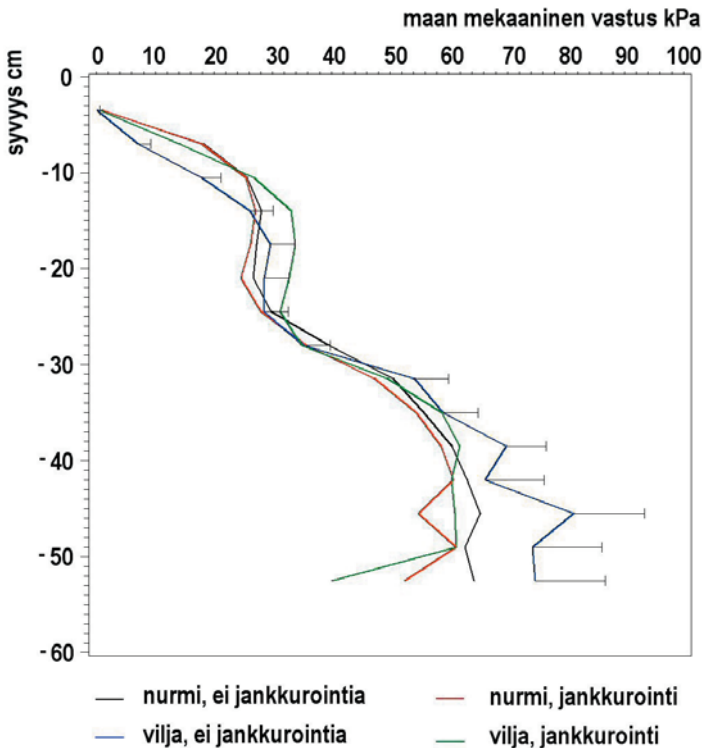
koekäsittely	kuiva-ainesato, kg/ha		typpipitoisuus, % kuiva-aineesta		typpisato, kg/ha		hehtolitrapaino, kg		1000 jp, g	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009
vilja ei jankkuroitu	2415 (354)	3698 (268)	2,01 (0,13)	1,75 (0,05)	48,5 (7,1)	64,6 (3,6)	40,1 (0,7)	65,4 (1,3)	25,2 (1,5)	43,5 (2,5)
vilja jankkuroitu	2493 (142)	3568 (285)	1,99 (0,16)	1,78 (0,05)	49,6 (5,2)	63,5 (6,4)	40,6 (2,6)	63,5 (2,4)	24,4 (0,4)	43,4 (2,2)
nurmi ei jankkuroitu		9143 (690)		1,90 (0,1)		170,0 (11)				
nurmi jankkuroitu		8755 (727)		2,00 (0,2)		173,0 (15)				

## Maan mekaaninen vastus

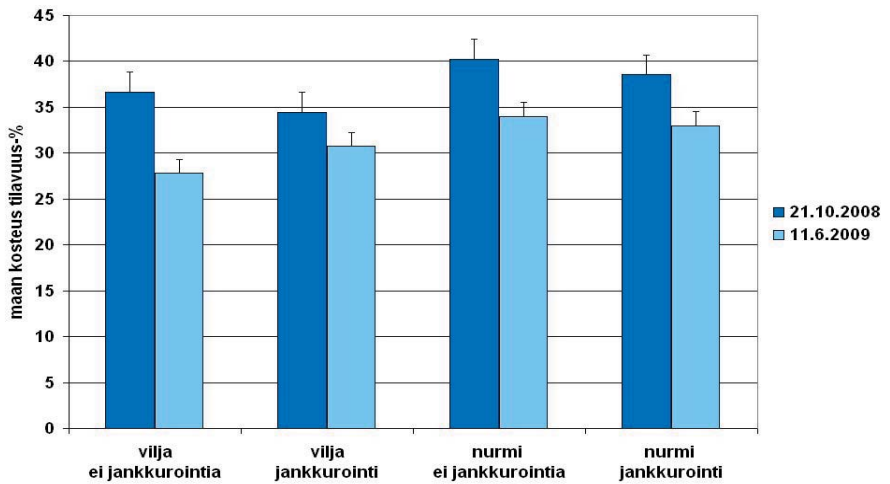
Maan mekaaninen vastus riippui selvästi syvyydestä ( $P < 0,001$ ), minkä lisäksi syvyyden vaikutus riippui käsittelystä ( $P < 0,01$ ). Neljän koekäsittelyn mekaanista vastuksista piirretyt käyrät (kuva 6.4) eivät siis ole samanlaisia. Mekaaninen vastus kasvoi syvemmälle mentäessä. Se kasvoi erityisesti 25–30 cm:n syvyydessä eli kyntökerroksen alapuolella kaikissa ruuduissa.

Maan mekaaninen vastus riippui syvyyden lisäksi kasvilajista. Viljojen käyrät erosivat selvästi nurmien käyristä ( $P < 0,001$ ). Kasvilaji vaikutti maan mekaaniseen vastukseen erityisesti kyntökerroksessa (0–22 cm) ( $P < 0,001$ ). Kylvömuokkauskerroksessa nurmiruutujen mekaaninen vastus oli viljaruutuja suurempi, mutta kyntökerroksen alaosassa tilanne oli päinvastoin eli nurmiruutujen mekaaninen vastus oli viljaruutuja pienempi. Tämä voi johtua erilaisesta muokkauksesta tai kosteuseroista.

Maan mekaaninen vastus riippui jonkin verran myös jankkuroinnista ( $P = 0,04$ ), vaikka neljän käyrän erilaisuus johtui suurimmaksi osaksi kasvilajista. Tilastollisessa tarkastelussa ei voitu osoittaa, että jankkuroinnin vaikutus olisi erilainen eri kasvilajeilla. Käyrien perusteella näyttäisi siltä, että jankkurointi pienentäisi maan mekaanista vastusta pohjamaassa kyntökerroksen alapuolella. Hajonta oli kuitenkin niin suurta, etteivät erot olleet tilastollisesti merkitseviä. Suuri hajonta voi joh-



Kuva 6.4. Maan mekaaninen vastus (kPa) koekentän neljässä koekäsittelyssä ( $n=24$ ) syvyyksillä 0–52,5 cm. Hajontajanat ilmoittavat keskiarvon keskivirheen eri syvyyksillä.



Kuva 6.5. Sotkamon koekentän maan kosteus (tilavuusprosentteina maan kokonaistilavuudesta) märkään (21.10.2008) ja kuivaan (11.6.2009) aikaan tehdyissä mittauksissa. Hajontajana ilmoittaa keskiarvon keskivirheen.

tua siitä, että maata ei jankkuroitu kauttaaltaan vaan kaistoittain, jolloin osa mittauksista sattui jankkuroiduille ja osa jankkuroimattomille kohdille.

### Maan kosteus

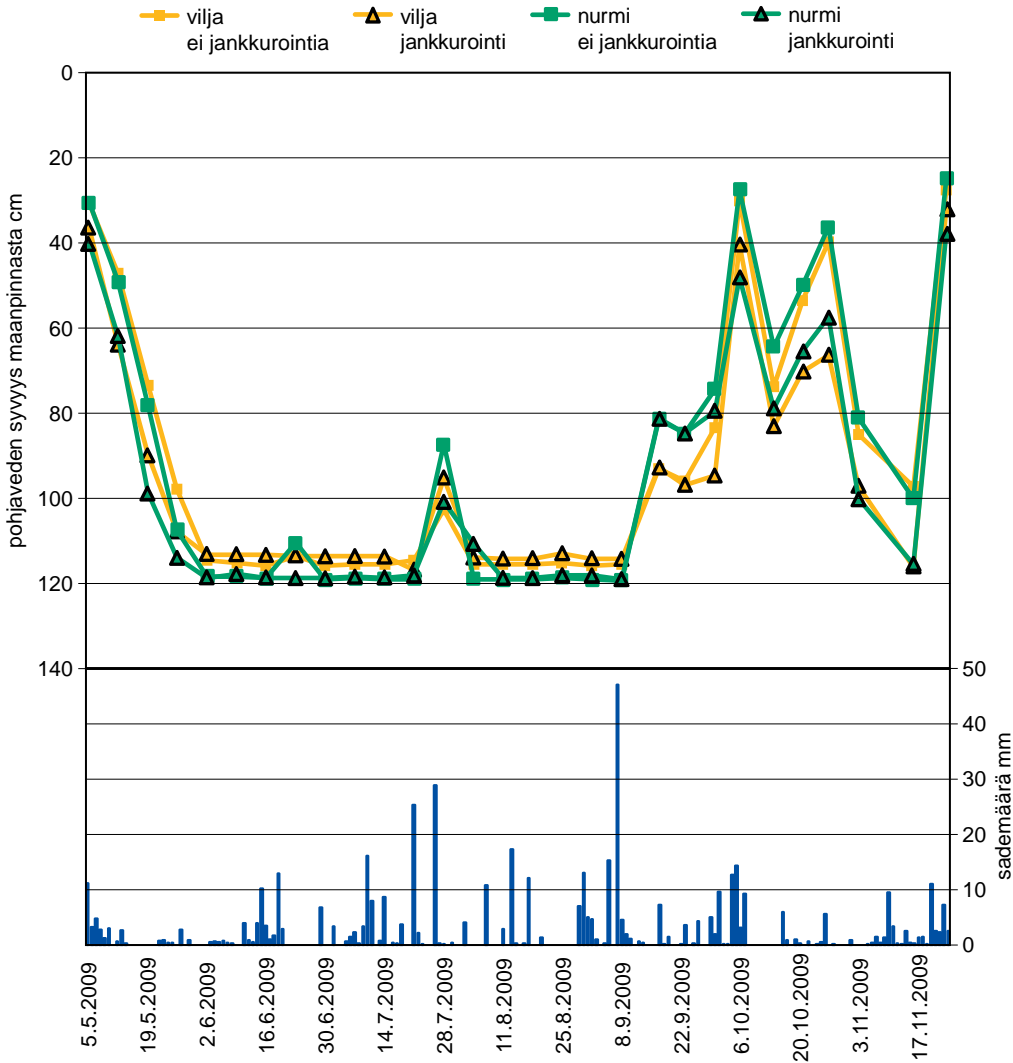
Jankkuroinnilla vaikutetaan maan rakenteeseen, ja maan rakenne vaikuttaa siihen, kuinka paljon maa varastoi vettä. Ensimmäisissä jankkuroinnin jälkeen tehdyissä kosteusmittauksissa jankkurointi ei vaikuttanut maan kosteuteen märissä (21.10.2008) eikä kuivissa (11.6.2009) oloissa (kuva 6.5). Tilastollisissa testauksissa tulivat esille vain ajankohtien välinen tasoero ( $P < 0,03$ ) ja kasvilajien välinen ero ( $P < 0,02$ ). Nurmiruodut olivat kosteampia kuin viljaruodut. Neljän käsittelyn välillä saattaa kuitenkin olla tilastollisesti merkitseviä eroja ( $P = 0,09$ ). Jos niitä on, ne saataneen esille jatkohankkeessa.

### Pohjavesimittaukset

Pohjavedet käyttäytyivät kentällä hyvin tasaisesti, mistä voi päätellä, että ojitus toimii koko kentällä. Märkinä aikoina pohjavesi oli jankkuroimattomissa ruuduissa lähempänä maan pintaa kuin jankkuroiduissa. Tämä on sopusoinnussa sen kanssa, että märissä oloissa jankkuroimattomat ruodut olivat kosteusmittauksenkin mukaan kosteampia. Kuivissa oloissa yhteys ei käynyt ilmi, eikä yhden kosteusmittauskerroksen perusteella muutenkaan voi tehdä varmoja johtopäätöksiä (kuva 6.6).

## 6.4 Johtopäätökset

Sotkamon jankkurointikenttää on tutkimushankkeen aikana seurattu kahden kasvukauden ajan eli hyvin lyhyen ajan. Jankkurointi näkyi maan mekaanisen vastuksen mittauksissa, mutta se ei kuitenkaan vaikuttanut maan kosteuteen, satoon eikä sadon laatuun. Kasvilaji vaikutti maasta mitattuihin ominaisuuksiin enemmän kuin jankkurointi. Koekentän seuranta jatketaan tulevinakin vuosina, jolloin havaintoja saadaan lisää, kentän olot vakiintuvat jankkuroinnin jälkeen, ja tuloksista saadaan luotattavampia.



Kuva 6.6. Pohjaveden korkeudet (n=9) ja sademäärä Sotkamon koekentällä vuonna 2009 eri käsittelyissä.

## 7. Tilakohtaiset seurantakohteet (VNA-kohteet)

Eri tiloilla tehdyn seurannan tavoitteena oli selvittää tavanomaisesta poikkeavien salaoitusmenetelmien toimintaa ja kuivatuksen pitkäaikaisia vaikutuksia maan rakenteeseen. Valtioneuvoston asetuksen (VNA 322/2006; Valtioneuvosto 2006) mukaan näihin kohteisiin viljelijöillä oli mahdollisuus hakea investointitukea, vaikka ojitus ei täyttänyt laatuvaatimuksia.

### 7.1 Toteutus

Hankkeessa oli mukana kymmenen yksityisillä tiloilla sijaitsevaa peltolohkoa, jotka on ojitettu käyttämällä tavanomaisesta poikkeavaa salaoitusmenetelmää. Ojitusmenetelmiä olivat

- 1) aurasalajakoneella tehty ojitus, jossa käytetään tiheää ojaväliä ja putken ympärillä ohutta suojakangasta,
- 2) ketjukaivinkoneella tehty ojitus, jossa salaojakaivanto on täytetty hakkeella. Ympäryksineenä oli joko kookoskuitu tai sora,
- 3) ketjukaivinkoneella tai aurasalajakoneella tehty ojitus, jossa on käytetty runsaasti soraa ja sorasilmäkkeitä ja
- 4) ketjukaivinkoneella tehty tavanomaista tiheämpi ja matalampi ojitus, jossa on käytetty tavallista vähemmän soraa.

Tilakohtaisten seurantakohteiden kokoaminen tähän tutkimukseen on kuvattu hankkeen väliraportissa (Vakkilainen ym. 2008). Väliraportin kohdassa 4.8 esitellyt Lill-Nägelsin tilan kaksi lohkoa käsitellään tässä raportissa yhdessä muiden tilakohteiden kanssa. Tilakohtaisten seurantakohteiden pinta-ala on yhteensä 75,5 ha. Tilakohtaisten seurantakohteiden taustatiedot on esitetty liitteessä 1.

Tutkimuslohkoilla seurataan ojituksen vaikutusta maan rakenteen kehittymiseen ja kerätään viljelijöiden kokemuksia menetelmistä. Kaikilla tutkimuksessa mukana olevilla tiloilla tehtiin maaperätutkimus syksyn 2007 aikana. Tutkimukseen sisältyivät peltomaan laatutestin ([www.agronet.fi](http://www.agronet.fi) > peltomaan laatutesti) kuoppahavainnot sekä pinta- ja pohjamaan vedenjohtavuuden määrittäminen (Bouwer 1986, Beers 1979). Lisäksi otettiin maanäytteitä 100 cm:n syvyyteen asti. Maanäytteistä analysoitiin maan lajitekoostumus mekaanisella maa-analyysillä (Elonen 1971), maan orgaanisen aineksen pitoisuus kuivapolttomenetelmällä (Carr 1973) ja viljavuus viljavuusanalyysillä (Vuorinen ja Mäkitie 1955). Maan rakenteen tutkimuksella haluttiin selvittää alkutilanne eli ominaisuudet ojituksen aikaan. Tilojen maalajitiedot käyvät ilmi liitteestä 1. Peltomaan laatutestin tulokset on esitetty hankkeen väliraportissa (Vakkilainen ym. 2008).

Viljelijöiltä kerättiin tietoja lohkon kuivatustilanteesta ennen ojitusta ja 2–3 vuoden kuluttua ojituksesta. Tällöin viljelijät kertoivat, millaisia havaintoja ja kokemuksia heille oli kertynyt valitsemastaan ojitusmenetelmästä ensimmäisten vuosien perusteella. Viljelijöiltä tiedusteltiin myös sitä, muuttuiko viljelytekniikka ojituksen aikaan. Näin voidaan saada selville, johtuvatko tulevaisuudessa mahdollisesti löytyvät maan rakenne-erot ojituksesta vai jostain muusta syystä. Tutkimuksessa koottiin myös tutkimuslohkojen salaojituskustannukset.

## 7.2 Tulokset

Viljelijöiden kokemukset kaikista ojitusmenetelmistä olivat erittäin hyviä ensimmäisten vuosien aikana (Taulukko 7.1). Märät alueet pelloilla olivat hävinneet, ja pellot kuivuivat entistä aikaisemmin ja tasaisemmin kylvökuntoon. Lohkoilla voitiin viljellä vaativiakin kasvilajeja, ja raskaat viljelytoimet kuten kalkitus olivat onnistuneet pitkästä ajasta sulan maan aikana.

Ensimmäisten vuosien havaintojen perusteella ei siis voida nähdä eroja ojitusmenetelmien toimivuudessa.

Viljelijöiltä tiedusteltiin myös sitä, muuttuiko viljelytekniikka ojituksen aikaan. Näin voidaan saada selville, johtuvatko tulevaisuudessa mahdollisesti löytyvät maan rakenne-erot ojituksesta vai jostain muusta syystä. Suurin osa viljelijöistä viljelee tutkimuslohkoa samalla tavalla kuin ennenkin. Yhdellä tilalla siirryttiin ojituksen yhteydessä suorakylvöön, ja jotkut siirtyivät viljelemään vaativampia kasvilajeja. Kaikki voivat tehdä viljelytoimet paremmissa oloissa kuin ennen.

Taulukko 7.1 Ojituksen toimivuus tutkimuksessa mukana olleilla tiloilla talvella 2009-2010 tehdyn haastattelun perusteella.

tila	uusi ojitusmenetelmä	ojituksen toimivuus	muutokset viljelytekniikassa
<b>Tiheä ojaväli, ympärysaineena ohut suojakangas</b>			
1	ojaväli 6 m, syvyys yli 1 m, kohotus	Ojitus toimii hyvin; lätäköt hävinneet; maa on hyvin muokattavaa; orastuminen onnistui; kasvu voimakasta.	Ei voi verrata entiseen; lohkon viljely alkoi ojituksen jälkeen pitkän viljelemättömän kauden jälkeen.
3	ojaväli 6 m, syvyys 0,8-1 m, kohotus	Ojitus toimii hyvin. Märkä kohta parantunut selvästi.	Sama viljelytekniikka. Muutoksia vain säätilan takia.
6	ojaväli 5 m, kohotus	Ojitus toimii hyvin.	Samaan aikaan siirretty suorakylvöön. Lohkoa ei ole kynnetty ojituksen jälkeen.
8	ojaväli 5 m, ei kohotusta	Ojitus toimii hyvin; pelto kylvökunnoosa aikaisin; viljelytoimet on voinut tehdä tehokkaasti ja oikea-aikaisesti; viljelty ruokaperunaakin, hyvä sato ja laatu.	Sama viljelytekniikka; syyskyntö, keväällä äestys.
<b>Salaajakaivannon täyttö hakkeella</b>			
9	ojaväli 16 m, kookosputki, kaivannon täyttö hakkeella	Ojitus toimii hyvin; loholla ei enää ole märkyshaittoja.	Sama viljelytekniikka; kyntö, äestys ja normaalikylvö.
10	täydennysojitus; vanhojen ojien väliin kookosputki, kaivannon täyttö hakkeella, nykyinen ojaväli 8 m	Ojitus toimii hyvin; loholla ei enää ole märkyshaittoja.	Sama viljelytekniikka; kyntö, äestys ja normaalikylvö.
4	ojaväli 8 m, sorastus 35-40 m <sup>3</sup> /ha, sorasilmäkkeet entisten avo-ojien risteyksissä, välien täyttö hakkeella 100 m <sup>3</sup> /ha	Ojitus toimii hyvin; lohko kuivuu selvästi paremmin kuin ennen; kasvu tasaista.	Sama viljelytekniikka; kevytmuokkaus, kylvö laahavantailla. Ojituksen jälkeen kynnettiin, lisäksi silloin tällöin juolavehnan takia.
<b>Runsas sorastus</b>			
2	ojaväli 12 m, runsas sorastus, sorasilmäkkeitä 9 m:n välein, latvahuuhdeltu	Ojitus toimii hyvin, lohko kuivuu tasaisesti keväällä; kasvusto melko tasainen. Kalkitus onnistui pitkästä aikaa sulan maan aikana.	Sama viljelytekniikka; kyntö, äestys. Jatkossa kultivointi/kyntö tarpeen mukaan.
7	ojaväli 10 m, syvyys tavanomaista matalampi; kokooja kaivettu, soraa 15 cm; imuojat auralla, soraa 20-30 cm; sorasilmäkkeet entisten avo-ojien risteyksissä ja imuojien lähdoissa	Ojitus toimii hyvin; säilörehunurmi kasvanut hyvin joskin pientä kirjavuutta pinnanmuotoilun takia.	Kasvilaji vaihtetaan (kesanto/säilörehunurmi > kumina).
<b>Pieni soraäärä</b>			
5	ojaväli 8 m, syvyys 95 cm, ketjukäivä, sorastus 4-8 cm = 3 m <sup>3</sup> /100 m, ei silmäkkeitä	Ojitus toimii hyvin; märkyys ei haitannut viljelytoimia sateisenakaan kesänä; painanteisiin ei tullut lätäköitä; tasainen kasvusto.	Sama viljelytekniikka; kyntö syksyllä, muokkaus keväällä.

## Ojituskustannukset

Tässä tutkimuksessa mukana olleilla tiloilla metrikohtaiset ojituskustannukset olivat pienimmät käytettäessä tiheää ojaväliä ja ympärysaineena ohutta esipäällystettä (taulukko 7.2). Hehtaarikohtaiset kustannukset puolestaan olivat pienimmät käytet-

**Taulukko 7.2.** Eri ojitusmenetelmien keskimääräiset metri- ja hehtaarikohtaiset ojituskustannukset tutkimuksessa mukana olleilla tiloilla. Kustannuksiin on laskettu salaojitus suunnitelma, urakoitsijan työ, tarvikkeiden kustannukset, sorakustannus sekä omien jälkitöiden arvo, jonka hintana on pidetty 40 €/h. Laskelmassa ei ole mukana omasta metsästä otetun hakepuun hintaa, mutta muut hakkeen käyttöön liittyvät kustannukset ovat mukana. Laskelmista on jätetty pois tilat, joilla oman työn osuus oli suuri.

Ojitusmenetelmä	€/m	€/ha
Aurasalaojakoneella tehty ojitus, jossa käytetään tiheää ojaväliä ja putken ympärillä ohutta suodatinkangasta	1,26	2342
Ketjukaivinkoneella tehty ojitus, jossa salaojakaivanto on täytetty hakkeella. Ympärysaineena oli joko kookoskuitu tai sora	3,17	2184
Ketjukaivinkoneella tai aurasalaojakoneella tehty ojitus, jossa on käytetty runsaasti soraa ja sorasilmäkkeitä	4,67	3608
Ketjukaivinkoneella tehty tavanomaista tiheämpi ja matalampi ojitus, jossa on käytetty tavallista vähemmän soraa	2,21	1982

täessä tiheää ojitusta ja pientä soramäärää. Kustannukset olivat kummallakin tavalla laskien suurimmat käytettäessä runsaasti soraa.

Esitetyt tulokset kertovat vain ko. tilojen kustannukset. Koska tiloja oli vain 1–4 kpl/ojitusmenetelmä, tulokset eivät kuvaa luotettavasti yleistä kustannustasoa. Eri-laisten salaojitusten kustannuksia yleisesti on käsitelty luvussa 9.

### Seuranta-kohteiden jatko

MTT jatkaa tilakohteiden seurantaa siihen asti, kunnes kahdeksan vuoden määräaika, jonka viljelijät ovat sitoutuneet olemaan mukana tutkimuksessa, päättyy. Ennen määräajan päättymistä lohkoilla tehdään maaperätutkimus uudelleen ja selvitetään, miten ojitus on vaikuttanut maan rakenteeseen ja kuivatustilaan. Lisäksi kerätään viljelijöiden havaintoja ojitusten toimivuudesta.

## 8. Tilakohtaiset selvitykset eri ympärysaineista aiemmin tehdyissä ojituksissa

PVO-tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli selvittää erilaisten ympärysaineiden toimivuutta. Erityisenä mielenkiinnon kohteena oli ohut esipäällyste, jonka ominaisuudet eivät vastanneet alan yleisten standardien vaatimuksia.

Hankkeessa selvitettiin ohuen esipäällysteen toimivuutta kaivamalla auki eri ympärysaineilla tehtyjä salaojituksia ja tarkistamalla putken ympärysaine ja putken liettyminen. Kohteiden maaperästä otettiin näytteet maalajimääritystä varten. Putken liettyminen tarkistettiin katkaisemalla salaoja ja tarkistamalla lietteen määrä. Näitä selvityksiä tehtiin Köyliön Vanhakartanon tilalla (kohta 8.1), Keski-Pohjanmaalla (kohta 8.2), Savossa (kohta 8.3) sekä Virossa (kohta 8.4).

### 8.1 Köyliön Vanhakartano

Tilakohtaisia kokemuksia ohuen esipäällysteen käytöstä yhdistettynä pieneen ojaväliin on muun muassa Köyliön Vanhakartanon tilalla Satakunnassa. Tilalla on noin 140 hehtaaria peltoa, ja tila on keskittynyt vihannesviljelyyn. Peltojen maalaji on



pääasiassa hietaa. Salaojitukset tilalla on tehty eri aikoina. Osassa on käytetty putken ympärysaineena soraa, osassa ohutta esipäällystettä ja osassa ei ole käytetty ympärysainetta lainkaan.

Liitteessä 1 on alueen salaojakartta, jossa mustalla on merkitty vanhat 1930-luvulla tehdyt ojitukset ja punaisella on merkitty uudet vuosina 1997 (lohko 10) ja 1999 (lohkot 6 pohjoisosassa, 7, 8) tehdyt ojitukset. Lohkon 9 ojitusta ei ole uusittu. Lohkon 6 pohjoisosassa ja lohko 7 on syväkuohkeutettu vuonna 2002. Vanhat ojitukset on tehty 18 metrin ojavälillä tiiliputkella ja ympärysaineena on käytetty soraa. Uudet ojitukset on tehty noin 6 m ojavälillä. Lohkolla 10 uudet ojitukset on tehty kokonaan ilman esipäällystettä ja lohkoilla 6, 7 ja 8 on käytetty ohutta esipäällystettä. Lohkojen 7–10 maalaji on hietaa ja lohkon 6 maalaji on savea. Alueet, joilla esiintyy kuivatusongelmia, on merkitty kartalle.

Kesäkuussa 2008 kaivettiin salaojaputket esille lohkoilla 7, 9, ja 10 (koepisteet 7a, 7b, 9, ja 10a). Syyskuussa 2008 sadonkorjuun jälkeen kaivettiin salaojaputket esille lohkoilla 6, 7, 8 ja 10 (koepisteet 6a, 6b, 6c, 7c, 8a, 8b, 10b ja 10c). Koekohdista selvitettiin maa-aineksen kertymistä putkiin ja ympärysaineen kuntoa. Kaivannoista tehtiin peltomaan laatutestin kuoppahavainnot ja otettiin maaperänäytteet, joista analysoitiin maan lajitekoostumus (Elonen 1971), maan orgaanisen aineksen pitoisuus (Carr 1973) ja viljavuus (Vuorinen ja Mäkitie 1955) (liite 2). Kaikissa esiin kaivetuissa kohteissa ohuella esipäällysteellä tehdyt salaojat olivat vanhan tiiliputkiojituksen yläpuolella. Ohuella esipäällysteellä tai kokonaan ilman esipäällystettä tehtyjen keskimäärin 10 vuotta vanhojen imuojien syvyys maanpinnasta oli 0,7–0,9 m ojaetäisyys on noin 6 m. Syvemmällä olevien sorastettujen tiiliputkiojien syvyys oli 1,0–1,1 m ja ojaväli 16–18 m. Niiden ikä on yli 70 vuotta.

Pisteessä 6c maalaji on savea ja ojituksen esipäällysteena on käytetty ohutta suojakangasta eikä maa-aineksen kertymistä putkiin esiinny. Pisteessä 7a maalaji on hietaa ja ohut suojakangas on haurastunut lähes olemattomiin (kuva 8.1). Muovi-putkeen oli kertynyt hieman maata. Vanhan tiiliputkiojituksen toimivuudesta ei ole varmaa tietoa, mutta se on todennäköisesti rikottu uutta salaojaa asennettaessa. Tii-



**Kuva 8.1.** Köyliön Vanhakartano, lohko 7, piste 7a. Maalaji on salaojasyvytydessä hieua ja savespitoisuus on 7,6 %. Esipäällyste on haurastunut kymmenessä vuodessa.



**Kuva 8.2.** Köyliön Vanhakartano, lohko 8, piste 8a. Maalaji on salaojasyvytydessä hiesua ja savespitoisuus on 11,8 %. Ympärysaineena on ohut esipäällyste ja putkiin on kertynyt maa-ainesta.

liputkessa pisteessä 7a ei ollut maata. Pisteissä 7c ja 8a, joissa maalaji on hietaa ja esipäällysteenä ohut suojakangas, oli kertynyt maa-ainesta (kuva 8.2). Vastaavasti 8b:ssä, joka on imuojan latvalla, ei ollut maa-ainesta. Lohkolla 10 uusintaajitus on tehty kokonaan ilman suojakangasta, ja maa-ainesta oli sedimentoitunut sekä imuojiin että kokoojaojaan. Imuojan latvaosa oli kuitenkin lähes puhdas.

Tehtyjen selvitysten mukaan ohut esipäällyste oli selvästi haurastunut niin, että siitä oli jäljellä vain harva verkkomainen rakenne. Niissä kohteissa, joissa putkessa oli runsaasti maata esipäällysteestä huolimatta, todennäköinen syy maan putkeen pääsyyn on ollut esipäällysteiden lahoaminen. Esipäällysteiden mahdollista vajaata asennusta putken ympärille ei voitu todeta.

Salaojasyvytydessä ei esiintynyt missään kohtaa poikkeuksellista märkyyttä, vaikka maan pinnalla esiintyi lätäköitä. Silmävaraisesti arvioiden saattaa olla, että kuivatusongelmat eivät johdu salaojista vaan muokkaukskerroksen maan rakenteesta ja siitä johtuvasta huonosta vedenläpäisevyydestä.

Kuvaan 8.12 on piiretty Köyliön kuvissa 8.1 ja 8.2 esitettyjen kohteiden maan rakeisuuskäyrät salaojasyvytydessä.

## 8.2 Keski-Pohjanmaa

Kalajokivarressa tehdyissä selvityksissä kaivettiin esiin kolmella tilalla (Alavieska, Kalajoki ja Reisjärvi) tehtyjä ojituksia, joissa oli mukana kokonaan ilman ympäryrsainetta tehtyjä salaojia sekä eri ympäryrsaineilla tehtyjä ojituksia. Kohteisiin sisältyi myös 1980-luvun innovaatio sahanpurun käytöstä esipäällysteellä sekä ohuen esipäällysteiden ja hakkeen yhdistelmä. Ohuen esipäällysteiden (Fibrella) osalta ojitukset olivat alle kymmenen vuotta vanhoja.

Havaintojen mukaan putkissa esiintyi maa-ainesta, mutta sen määrä ei ollut merkittävä. Sen sijaan alueelle tyypillinen ruosteongelma tuli selvästi esiin. Osa putkista oli huuhdeltu. Ohuen esipäällysteiden ja hakkeen yhdistelmässä kävi ilmi myös asennustekniikan mahdollinen vaikutus salaojien toimivuuteen (kuvat 8.3–8.7).

Kuvaan 8.12 on piiretty Keski-Pohjanmaan kohteiden maan rakeisuuskäyrät salaojasyvytydessä.



**Kuva 8.3.** Alavieska, kohde 1. Kymmenen vuotta vanha ensiojitus ohuella esipäällysteellä. Pintamaa on turvetta ja pohjamaa hiesusavea. Savespitoisuus on 32 %. Putkessa esiintyy ruostesaostumia.



**Kuva 8.4.** Alavieska, kohde 2. Viisitoista vuotta vanha ensiojitus esipäällysteellä kookoskuitu. Pohjamaa on hieua ja savespitoisuus 28 %.



**Kuva 8.5.** Alavieska, kohde 3. Ohut esipäälyste kymmenen vuotta vanhassa ensiojituksessa. Maalaji on ojitussyvydessä hiue ja putki on hyvin ruokamullalla suojattuna. Suojakangas on osittain haurastunut.



**Kuva 8.6.** Kalajoki. Viisi vuotta vanha täydennysojitus ohuella esipäälysteellä perunan viljelyssä olleella pellolla. Pintamaan maalaji on hietaa ja savespitoisuus 1 %. Salaojasyvydessä maalaji on hiesusavi ja savespitoisuus 51,7 %. Putkessa näkyy vain vähän ruostesaostumia.

**Kuva 8.7.** Reisjärvi. Viisi vuotta vanha ensiojitus uudisraiviolla, jossa salaojien asennussyvyys on turvemaan ja kivennäismaan rajapinnassa. Kivennäismaa on hiesusavea ja sen avespitoisuus on 34 %. Ympäryksineena on ohut esipäälyste, hake ja ruokamulta. Kuvassa mielenkiintoa herättää erityisesti saippuamaisen liejun maatuminen hakkeen ja ruokamullan ympärille. Ojitus oli toteutettu auratekniikalla ja sitä on täydennetty pellon märkyyden vuoksi kaivutekniikalla tehdyillä sorastetuilla salaojilla.



## 8.3 Savon kohteet

Savon Salaojan toimesta kaivettiin Joroisilla, Leppävirralla ja Maaningalla kolmella tilalla ohuella esipäälysteellä (Fibrella) ojitettuja kohteita esiin vuonna 2008. Ojitukset olivat alle viisi vuotta vanhoja. Näissä kohteissa ei putkissa todettu maainesta eikä ruostesaostumaa. Kuvissa 8.8–8.10 näkyy muutaman vuoden jälkeinen tilanne salaojituksesta.

Kuvaan 8.13 on piiretty Savon kohteiden maan rakeisuuskäyrät salaojasyvytyksessä.

## 8.4 Viron kohde

Tutkimuksen yhteydessä selvitettiin myös virolaisella Laheotsan tilalla saatuja kokemuksia täydennysojituksista. Tila oli muun muassa kansainvälisen 10<sup>th</sup> Drainage Workshopin retkikohteena 2008. Tila sijaitsee noin 50 km Tallinnasta länteen ja sen päätuotteina ovat peruna ja porkkana.

Tilalla on toteutettu vuosina 2006 ja 2007 noin 260 hehtaarin alalla täydennyssalaojituksia vanhoille Neuvostoliiton aikaisille tiiliputkella tehdyille salaojituksille.



**Kuva 8.8.** Esimerkki Joroisten kohteesta, jossa on käytetty ohutta suojakangasta (Fibrella). Maalaji on ojitussvyvydessä hieta ja maan savespitoisuus on 8 %. Ojitus on tehty vuonna 2007 eikä saostumia ole.



**Kuva 8.9.** Esimerkki Leppävirran kohteesta. Maalaji on ojitussvyvydessä hiesusavi ja maan savespitoisuus on 48 %. Ojitus on tehty vuonna 2005. Rautasaostumia näkyy salaojavedessä.



**Kuva 8.10.** Esimerkki Maaningan kohteesta, jossa on käytetty ohutta suojakangasta (Fibrella). Maalaji on ojitussvyvydessä hieta ja maan savespitoisuus on 10 %. Ojitus on tehty vuonna 2005. Putkessa on vain hieman ruostesaostumia.

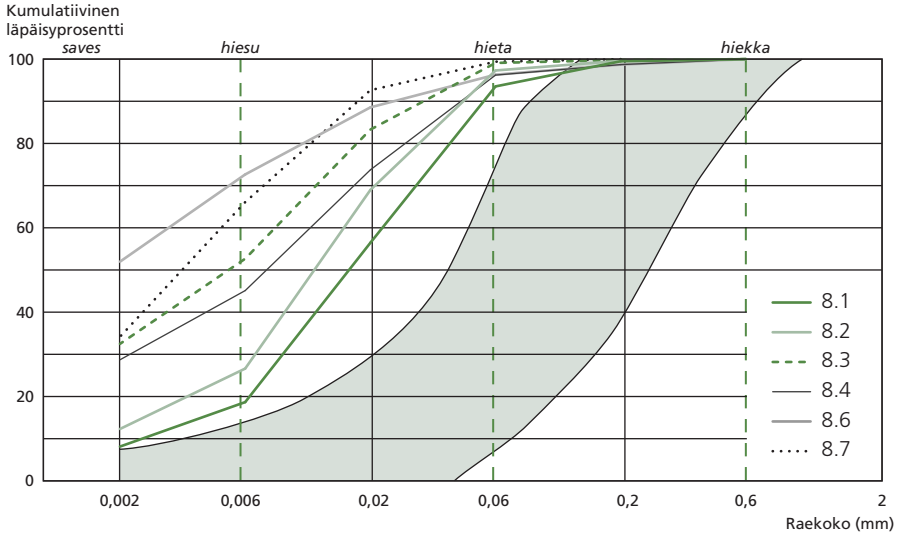


**Kuva 8.11.** Esimerkki Laheotsan kohteelta, jossa maalaji on karkea hieta ja ojitus on tehty ilman esipäällystettä. Ojitus on kaksi vuotta vanha ja siinä esiintyy saostumia.

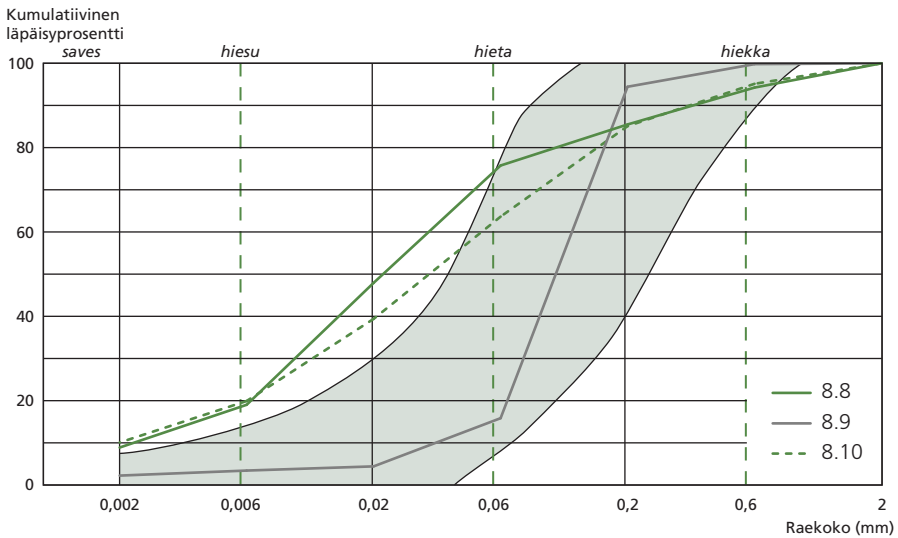
Täydennysojitukset on tehty pääosin ilman ympärysainetta ojavälillä 5 ja 6 m ja ojasyvyydellä 0,6 m. Ojitukset on tehty maanomistajan itse valmistamalla traktorivetoisella asennuslaitteella. Ojasyvyyden valinnan yhtenä kriteerinä oli täydennysojien käyttö kasteluun. Kohteen maalajit ovat muokkauskerroksessa pääosin hietaa ja salaojasyvytydessä osittain myös savea. Tämän hankkeen yhteydessä selvitetiin salaojien asennustarkkuutta sekä salaojaputkien liettymistä. Asennustarkkuus täytti Suomen tarkkuusvaatimukset. Ilman mitään esipäällystettä asennetuissa

putkissa esiintyi merkittävästi maa-ainesta ja sama ongelma oli todettu jo aiemmin myös maanomistajan toimesta (kuva 8.11.).

Kuvaan 8.12 on piiretty kuvien 8.1 ja 8.2 kohteiden maan rakeisuuskäyrä sala-ojasyvytydessä.



**Kuva 8.12.** Kuvaan on merkitty kuvissa 8.1...8.7 esitettyjen kohteiden pohjamaan rakeisuuskäyrät. Käyrien numerot viittavat kuvanumeroihin. Tummennetulla alueella on niiden maiden rakeisuuskäyrän alue, joilla sala-ojien suodattarve on suuri (Peltomaa 2009).



**Kuva 8.13.** Kuvaan on merkitty kuvissa 8.8...8.10 esitettyjen kohteiden pohjamaan rakeisuuskäyrät. Käyrien numerot viittavat kuvanumeroihin. Tummennetulla alueella on niiden maiden rakeisuuskäyrän alue, joilla sala-ojien suodattarve on suuri (Peltomaa 2009).

## 8.5 Tulosten tarkastelu

Eri peltoalueilla esiin kaivettujen salaojien perusteella voidaan todeta, että orgaaninen esipäällyste saattaa tietyissä olosuhteissa haurastua ajan myötä. Esimerkiksi Köyliön kohteessa, jossa ojitukset olivat kymmenen vuotta vanhoja ja pohjamaa oli hietaa, ohut suojakangas (Fibrella) oli selvästi haurastunut. Toisaalta Alavieskan kohteiden 1 ja 3 suojakangas sekä kohteen 2 kookosesipäällyste olivat säilyneet hyvinä 10 ja 15 vuotta. Maalajit Alavieskan kohteissa olivat hiesusavi ja hiue. Muut esiinkaivetut kohteet olivat 2–5 vuotta vanhoja ja niissä suojakangas oli säilynyt hyvänä.

Maalajeilla, joilla suodatintarve on suuri, esipäällysteen haurastuminen tai puutumisen saattaa aiheuttaa maa-aineksen liettymistä putkeen. Liettymistä oli tapahtunut Köyliön kohteessa ja Viron kohteessa.

Eri kohteiden pohjamaan rakeisuuskäyrät on piirretty kuviin 8.12 ja 8.13. Vaikka Köyliön kohteiden käyrät (käyrät 8.1 ja 8.2) ovat suodatintarvetta vaativan rakeisuusalueen ulkopuolella, salaojissa esiintyi liettymistä. Savon kohteiden käyrät (käyrät 8.8–8.10) osuvat suodatintarvetta vaativalle alueella, mutta niissä ei kuitenkaan ainakaan toistaiseksi esiinny liettymistä. Toisaalta ne ovat vasta 1 ja 3 vuotta vanhoja ojituksia. Joroisten ja Maaningan kohteiden savespitoisuudet ovat vain 8 % ja 10 %, mikä teorian mukaan lisää liettymisriskiä. Kirjallisuuden mukaan savespitoisuuden ollessa yli 30 % liettymisen riski on pieni.

## 9. Eri ojitusmenetelmien kustannukset

Ojavälin ja ympärysaineen vaikutusta salaojituksen kustannuksiin selvitettiin samalle lohkolle eri vaihtoehdoilla tehtyjen salaojitussuunnitelmien kustannusarvioiden perusteella. Laskelmien ympärysaineiksi valittiin sora ja ohut esipäällyste (Fibrella 2160). Lohkon muoto ja siihen suunnitellun salaojasuunnitelman periaate on esitetty liitteissä 1a ja 1b, jossa ovat ojavälien ääripäät.

Kohteen pinta-ala on 7,24 ha, mikä edustaa nykyistä keskimääräistä salaojitus-työmaan kokoa. Ympärysaineen lisäksi laskettiin myös ojavälin ja soran hinnan vaikutus kustannuksiin.

Soraa käytettäessä ojaväleiksi valittiin 10 ja 17 m, jotka vastaavat viime vuosien keskimääräisiä ojavälejä savi- ja hietamailla. Soran hinnan vaikutusta kustannuksiin verrattiin kahdella eri soran hinnalla, 8 ja 14 €/m<sup>3</sup>. Soran määrä oli 6 m<sup>3</sup>/100 m. Mitoitusvaluma oli 1 l/s/ha.

Ohuen esipäällysteen osalta kustannusarviot laadittiin ojaväleille 4, 6 ja 8 m. Kustannusarvioon ei sisälly esipäällysteen käytön yhteydessä suositeltavan jankkuroinnin kustannusta. Käytetyt kustannusarvion yksikköhinnat:

### Putket ja liitokset: vuoden 2009 hintataso

Asennuskustannus: sorastettu salaoja .....	1,30 €/m
Esipäällystetty salaojaputki.....	0,80 €/m
Liitosten teko .....	10,00 €/kpl

### Muut kustannukset:

Tarvikkeiden jakelu.....	0,08 €/m
Ojien täyttö ja ojien paikan tasaus.....	0,15 €/m
Yleiskustannukset 8 % välittömistä kustannuksista	

Muut käytetyt yksikköhinnat on esitetty taulukossa 9.1. Kustannusvertailut laati Seppo Hihnala Suomen Salaojakeskuksesta.

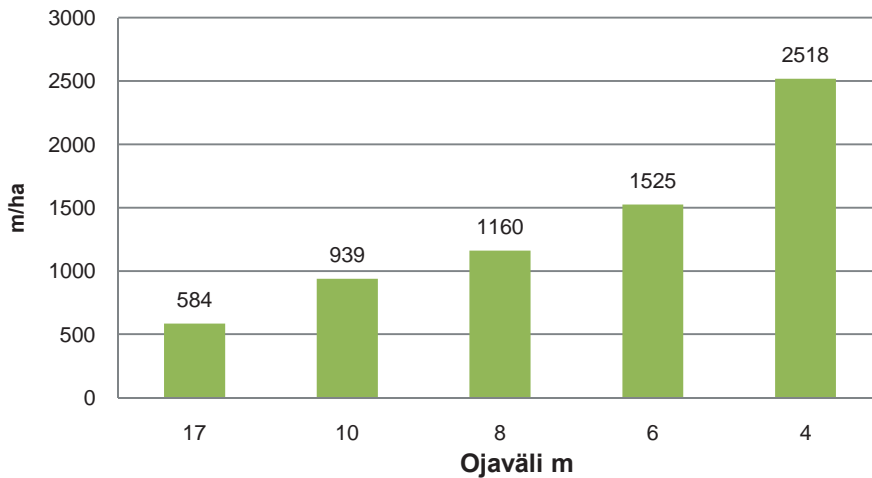
Taulukko 9.1. Kustannusarvioiden yhteenveto

Sorastettu salaoja

Sorahinta	Ojaväli m	Salaojaa		yht.	Kustannukset	
		yht.	m/ha		€/ha	€/m
8 e/m <sup>3</sup>	10	6 800	939	19 400	2 680	2,85
	17	4 320	584	12 500	1 727	2,96
14 e/m <sup>3</sup>	10	6 800	939	22 100	3 052	3,25
	17	4 320	584	14 200	1 961	3,35

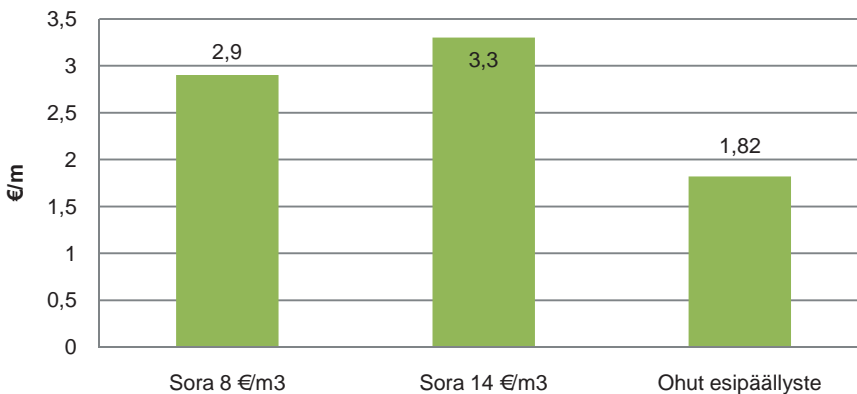
Ohut esipäälyste

Ojaväli	Salaojaa		Kustannukset		
4	18 230	2 518	31 800	4 392	1,72
6	11 525	1 525	21 400	2 956	1,86
8	8 400	1 160	15 900	2 196	1,89

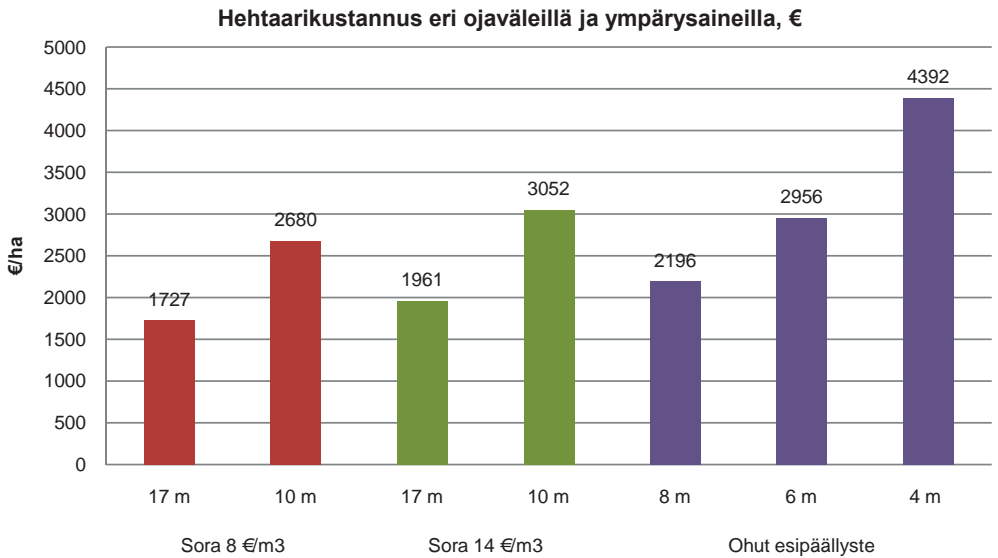


Kuva 9.1. Salaojan määrä hehtaarilla (m/ha) eri ojaväleillä.

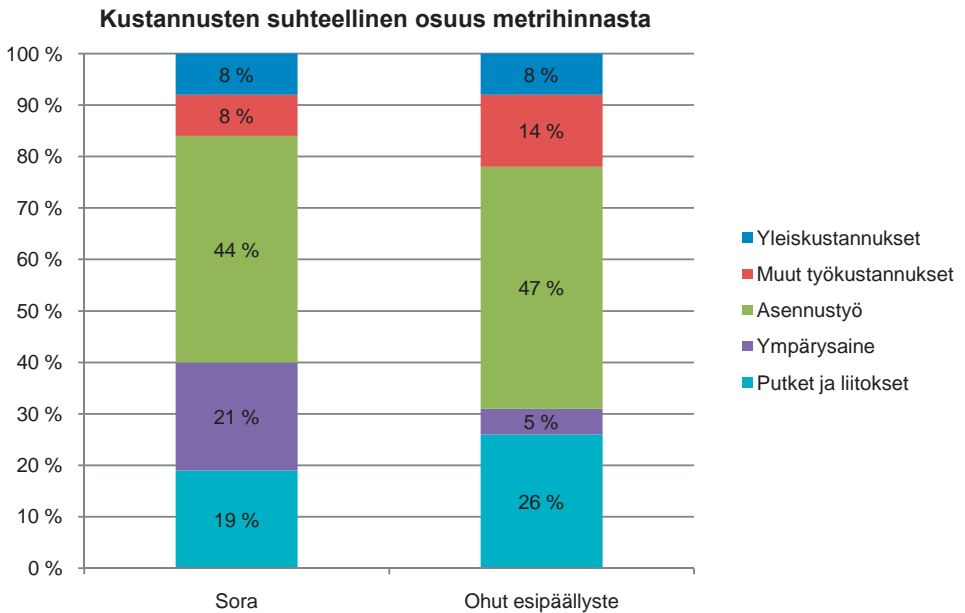
Salaojan keskimääräinen metrikustannus eri ympärysaineilla



Kuva 9.2. Salaojan metrikustannus soralla ja ohuella esipäälysteellä, eri ojävlien keskihinta.



Kuva 9.3. Hehtaarikustannus eri ojaväleillä ja ympärysaineilla.



Kuva 9.4. Kustannusten suhteellinen osuus ojan metrihinnasta.

Viljelijälle mielenkiintoisin on kokonaiskustannus hehtaaria kohti ja mitä siihen sisältyy. Edellä oleva esimerkkilaskelma antaa käsityksen ympärysaineen ja sen hinnan vaikutuksesta hehtaarikustannukseen. Kun verrataan karkeilla mailla sorastetun salaojan 17 m ojaväliä ohutta esipäällystettä käytettäessä 8 m ojaväliin, niin vastaavat hehtaarikustannukset ovat soran 8 euron hinnalla 1700 € ja 14 euron hinnalla 1960 € sekä ohuella esipäällysteellä 2200 €. Vastaavasti tiiviiden maiden ojaväleillä kustannukset ovat sorastettuna 2680 € ja 3050 € sekä ohuella esipäällysteellä 6 m ojavälillä 2960 € ja 4 m ojavälillä 4392 €. Kuten vertailusta ilmenee,



soran korvaaminen ohuella esipäällysteellä mahdollistaa samalla hehtaarihinnalla keskimäärin kaksinkertaisen salaojamäärän hehtaaria kohti.

Taloudellisuus riippuu näin ollen oleellisesti siitä, mikä on ohuen esipäällysteen kestoikä ja ojavälin vaikutus viljelyvarmuuteen sekä ravinnehuuhtoumiin. Taloudellisissa laskelmissa salaojituksen kestoikänä käytetään yleisesti 30 vuotta. Tämän tutkimuksen yhteydessä kerätyt kokemukset ohuen esipäällysteen käytöstä käytännön ojituksilta olivat enimmillään 10 vuotta vanhoilta ojituksilta. Näin ollen ohuen esipäällysteen toimivuutta 30 vuoden käyttöajalta ei voitu vielä arvioida.

## 10. Johtopäätökset

### 10.1 Salaojituksen toimivuus

Salaojituksen toimivuuden kannalta tärkeimpiä valintoja ovat ojasyvyys, ojaväli, ympärsaine, putkikoko, putkimateriaali, ojien kaltevuus ja sijoittelu. Valintoihin vaikuttavat paikalliset olosuhteet kuten maalaji, maan vedenläpäisevyys, kaltevuus sekä kuivatustarve, joka riippuu muun muassa maantieteellisestä sijainnista, hydrologisista olosuhteista ja viljelykasvista. Pintavesien johtamista salaojiin voidaan tehostaa esim. sorasilmäkkeillä ja jankkuroinnilla.

Tässä tutkimuksessa salaojituksen toimivuuteen vaikuttavista tekijöistä tutkittiin muun muassa eri ympärsaineita. Erityisenä mielenkiinnon kohteena oli ohut esipäällyste (Fibrella), jonka ominaisuudet eivät vastanneet alan yleisiä standardeja.

Ympärsaineen toimivuudesta tehtiin seuraavat johtopäätökset:

Kirjallisuusselvityksen mukaan ympärsaineella tulee olla kaksi vaikeasti yhteen sovittavaa ominaisuutta: hyvä suodatinominaisuus ja hyvä vedenjohtokyky. Lisäksi ympärsaineen tulisi olla pitkäikäinen sekä itse materiaalina että toimivuudeltaan.

Suodatintarve on ulkomaisen kirjallisuuden mukaan erityisen suuri seuraavilla liettymisherkillä maalajeilla: hienot hiedat ja hiue sekä tasarakeiset karkeat hiedat (Vlotman ym. 2003). Näitä maita on Suomessa arviolta 27 % peltoalasta (Puustinen ym. 1994). Kuvassa 2.1 on esitetty kivennäismaiden osalta niiden maiden rakeisuuskäyrän alue, jolla salaojien suodatintarve on suuri. Käyrän ulkopuolella olevilla mailla sekä turvemaillo salaojien suodatintarve on pieni. Maan rakenne on pelkästään suodatintarvetta ajatellen riittävän stabiili, jos sen savespitoisuus on vähintään 30 %. Kirjallisuudessa yleinen suositus on, että liettymisherkillä maalajeilla orgaanisten esipäällysteiden  $O_{90}$  arvo tulisi olla 300–1100  $\mu\text{m}$ :n välillä. Orgaanisen esipäällysteen minimipaksuus riippuu sen huokosjakaumasta ja maaperän raekoostumuksesta ja sen tulisi olla vähintään 3–5 mm. Käytettäessä soraa suodatintarkoituksessa sen tulee täyttää tietyt rakeisuusvaatimukset (ks. kuva 2.2) ja sen vähimmäispaksuudeksi suositellaan 75 mm.

Ympärsaineen vedenjohtokyky riippuu sen huokoskokojakaumasta ja paksuudesta. Mitä huonompi ympärsaineen ja maaperän vedenjohtokyky on, sitä tiheämmin on asennettava salaojat tietyn kuivatustehokkuuden saavuttamiseksi. Aiemmin kun työn osuus salaojituksessa oli nykyistä suurempi, pyrittiin minimoimaan ojaväli ja saavuttamaan riittävä kuivatus lisäämällä vedenjohtokykyä salaojasoralla. Nykyisin salaojasoran kustannusten nousua kustannussäästöjä on etsitty tiheästä ojavälistä yhdistettynä soraa halvempien esipäällysteiden käyttöön. Yhdistelmän toimi-

vuus riippuu oleellisesti maaperän vedenjohtavuudesta. Tiiviit savimaat ja maatu-  
neet turpeet ovat huonon vedenjohtavuutensa vuoksi haastavimpia.

Ulkomaisessa kirjallisuudessa on esitetty suosituksia erilaisten ympärysaineiden  
käytölle. Näitä ei voida suoraan soveltaa peltojen kuivatukseen Suomessa, sillä Suo-  
men ilmasto- ja maaperäolosuhteet poikkeavat muiden maiden olosuhteista.

Suomen olosuhteissa on kokemusten mukaan oikeanlaatuisella soralla (ks. kuva  
2.2) tehty salaojitus toiminut hyvin. Ruostealueilla joudutaan kuitenkin huuhtele-  
maan salaojaputkia muutaman vuoden välein. Myös Ruotsissa on ympärysaineena  
käytetty pääosin soraa ja siitä saadut pitkäaikaiset ja laajat kokemukset ovat hyviä.  
Muista ympärysaineista on Suomessa vähän ja lyhytaikaisia kokemuksia. Esipääl-  
lystetyistä putkista on Suomessa eniten kokemusta kookosputkesta. Se on toimi-  
nut hyvin alueilla, joilla maalaji on karkeaa hietaa tai sitä karkeampaa sekä urpa-  
mailla. Esipäällysteenä on Suomessa käytetty myös jonkin verran ohutta suojakan-  
gasta. (Luku 2)

Jokioisissa Nummelan koekentällä tehdyn täydennysojituskokeen (ympärysai-  
neena toisessa soraa ja 8 m ojaväli, toisessa ohut esipäällyste, Fibrella 2160 ja 6 m  
ojaväli sekä maan kohotus) perusteella ei vielä voida tehdä johtopäätöksiä, koska  
seurantajakso on siihen liian lyhyt (Luku 4). Molemmat täydennysojitukset tehos-  
tivat kuivatustehoa ensimmäisenä vuonna ojituksen jälkeen. Seuranta on syytä  
jatkaa koekentällä.

Haastattelututkimuksilla selvitettiin VNA-kohteiden ojitusten toimivuutta (Luku  
7). Myös näiden osalta seurantajakso on liian lyhyt johtopäätösten tekemiseksi,  
mutta kuivatusteho parani ainakin ensimmäisten vuosien aikana kuivatuksen jäl-  
keen. Uusintahaastattelu ja maan rakenteen selvittäminen tulee tehdä ennen vuotta  
2013, jolloin tilojen sitoutumisaika hankkeeseen päättyy.

Luvussa 8 esitetyt tilakohtaiset kokemukset eivät ole yksiselitteisiä. Esipääl-  
lysteenä käytetyn ohuen suojakankaan haurastuminen näyttää riippuvan ojituksen  
iästä ja maaperän ominaisuuksista. Vaikuttaa siltä, että liettymisherkillä maalajeilla  
ohuen suojakankaan suodatinominaisuudet eivät ole riittävän hyvät. Liettymisher-  
killä maalajeilla orgaanista ainesta sisältävä ohut esipäällyste saattaa hajota, mikä  
voi aiheuttaa maa-aineksen pääsyä salaojaputkeen ja kuivatustilan huonontumista.  
Tilakohtaiset kokemukset ympärysaineen käytöstä ovat melko yhdenmukaisia kir-  
jallisuudessa esitetyn salaojateorian ja aiemmin saatujen kokemusten kanssa. Joki-  
oisiin perustetun koekentän ja uusien tilakohtaisten salaojitusten seurantajakso on  
toistaiseksi ollut liian lyhyt johtopäätösten tekemiseksi.

Perinteisen ympärysaineen, soran, saatavuuden vaikeutumisen ja hinnan nousun  
vuoksi on etsitty korvaavia materiaaleja. 2000-luvulla yhtenä vaihtoehtona on ollut  
ohut kotimainen esipäällyste (Fibrella). Sen käyttöön on liittynyt aiempaa käytän-  
töä huomattavasti pienempi ojaväli. Esimerkkikustannusarvioiden mukaan hehtaa-  
rikustannus on soraa käytettäessä 10 metrin ojavälillä samaa suuruusluokkaa kuin  
ohutta esipäällystettä käytettäessä kuuden metrin ojavälillä. Ympärysaineen valin-  
nassa on syytä ottaa huomioon myös sen kestoikä ja ojituksen huoltotarve.

Salaojan ympärysaine on merkittävä tekijä salaojien pitkänajan toimivuuden var-  
mistamisessa. Ympärysaine saattaa myös vaikuttaa huoltotarpeeseen etenkin ruos-  
tealueilla. Ympärysaineen toimivuuteen vaikuttavat lisäksi ojitusolosuhteet. Ympä-  
rysainesuosituksien tulisi tarkemmin määrittää ympärysaineen laadun,  
maaperän ja asennusolosuhteiden mukaan. Tämä edellyttää ympärysaineiden ja  
muun salaojitustekniikan tutkimusta Suomen ilmasto- ja maaperäolosuhteissa.

## 10.2 Ojituksen vaikutukset satoon

Hyvin toimiva salaojitus aikaistaa keväällä pellolle pääsyä ja antaa joustavuutta peltoöiden ajoittamisessa. Sillä on tilakoon kasvaessa aiempaa suurempi merkitys. Aiemmissa kenttäkokeissa ojatiheyden vaikutus satotasoon on kasvanut maalajista riippuen tiettyyn ojaväliin saakka. Kattavin aineisto tältä osin on Ruotsista. Kotimainen tutkimus ojavälin vaikutuksesta satoon on ollut varsin vähäistä.

Tässä tutkimuksessa satotasoa mitattiin Jokioisten ja Sotkamon koekentillä vain kahtena vuonna. Sotkamossa vertailukohtina olivat jankkuroitu ja jankkuroimaton täydennysojitus, Jokioisilla ojaväli vaihteli kuudesta metristä 32 metriin. Satototot olivat samaa suuruusluokkaa kaikilla mitta-alueilla näinä vuosina. Harvimman ojaväin alueella sadon määrä ja laatu olivat kuitenkin hieman huonompia kuin muilla alueilla.

Seurantajakso on toistaiseksi liian lyhyt johtopäätösten tekemiseksi mittausten perusteella.

## 10.3 Ravinnehuuhtoumat

PVO-hankkeessa perustettiin kaksi tutkimusaluetta, Nummela Jokioisiin ja Gårdskulla Siuntioon. Alueilla mitattiin pintakerros- ja salaojavaluntaa sekä valumavesien pitoisuuksia ja niiden perusteella laskettiin peltoalueilta tulevat kiintoaine- ja ravinnekuormat. Nummelan koealueelta saatiin tietoa kahden täydennysojitusmenetelmän ja kahden ojavälin vaikutuksista ravinnehuuhtoumiin. Lisäksi toisella täydennysojitusalueella tehtiin maan kohotus (jankkurointi). Gårdskullassa mitattiin ravinnehuuhtoumia kahdelta kaltevuudeltaan erilaiselta peltoalueelta, jotka oli salaojitettu 1940-luvulla.

Gårdskullan ja Nummelan koealueiden lisäksi kerättiin tietoa salaojitettujen savimaiden ravinnehuuhtoumistä vanhoilta tutkimusalueilta. Tutkimuksessa tarkasteltiin yksityiskohtaisemmin Aurajoen, Kotkanojan ja Liperin koekenttien sekä Hovin peltoalueen mittaustuloksia. Kaikki tutkimusalueet Liperiä lukuun ottamatta sijaitsevat Etelä- ja Lounais-Suomessa. Aurajoen, Kotkanojan ja Liperin koekentillä oli tutkittu erityisesti eri muokkausmenetelmien vaikutuksia ravinnehuuhtoumiin.

Nummelan koekentän kalibrointijakso ennen täydennysojituksia osoitti, että samallakin peltoalueella eri salaojastoista mitatut valunnat voivat poiketa toisistaan, vaikka alueilla on sama ojaväli. Valumavesien ravinnepitoisuudet olivat melko samansuuruisia saman ojavälin omaavilla alueilla, kokonaistypen pitoisuutta lukuun ottamatta. Vaihtelu johtui todennäköisesti eroista koealueiden maanpinnan kaltevuudessa ja sijainnissa sekä maan fysikaalisissa ja kemiallisissa ominaisuuksissa. Tulosten luotettavuutta heikentää se, että kalibrointijakso kesti vain runsaan vuoden ja talvi 2007–2008 oli poikkeuksellisen lauha.

Nummelassa tehtyjen täydennysojituksen vaikutuksesta ravinnehuuhtoumiin ei vielä saatu selviä tuloksia, sillä tutkimusjakso kesti vain 1,5 vuotta. Alustavasti näyttää siltä, että salaojavalunnan määrä kasvaa ensimmäisen vuoden aikana täydennysojituksen jälkeen huomattavasti kun käytetään 8 metrin ojaväliä ja ympärysaineena soraa ja lisäksi sorasilmäkkeitä. Valunta kasvaa jonkin verran myös silloin, kun tehdään 6 metrin ojavälillä ja käyttäen ohutta suojakangasta (Fibrella 2160). Alueella C valunta kasvoi jonkin verran myös kesä-joulukuussa 2009, mutta alueella A salaojavalunta väheni selvästi vertailualueeseen B nähden. Maan kohotus (jankkurointi) tehtiin alueella A syys-lokakuun vaihteessa 2009.

Selvin muutos valumavesien ravinnepitoisuuksissa täydennysojituksen jälkeen oli kokonaistyyppipitoisuuden nousu alueella A ensimmäisen vuoden aikana ojituksen jälkeen. Tämä aiheutti suuren typpihuuhtouman, josta valtaosa tuli salaojien kautta. Kesä-joulukuussa 2009 typpipitoisuudet palautuivat kalibrointijakson lukemiin. Myös alueella C typpikuormitus kasvoi, mutta sen syynä oli ennen kaikkea lisääntynyt salaojavalunta. Alueen A salaojavesien kokonaisfosforipitoisuus pieneni huomattavasti täydennysojituksen ja edelleen maan kohotuksen jälkeen vertailualueeseen B nähden. Alueen C salaojaveden kokonaisfosforin pitoisuuksissa ei sitä vastoin todettu muutoksia täydennysojituksen jälkeen. Alueen C salaojista tuli kuitenkin koekentän suurin fosforikuorma runsaasta salaojavalunnasta johtuen.

Gårdskullan koealueiden salaojavesien keskimääräisissä fosforipitoisuuksissa oli suuri ero. Se johtui todennäköisesti siitä, että alueen 2 muokkauskerros sisälsi enemmän kasveille käyttökelpoista fosforia kuin alueen 1 muokkauskerros. Myös eroosio oli runsaampaa alueelta 2 jyrkemmästä maastosta johtuen. Gårdskullan seuranta osoitti, että poikkeuksellisen sateisena vuotena yhdistettynä leutoon talveen salaojien kautta kulkeutui noin  $4 \text{ kg ha}^{-1}$  kokonaisfosforia viereiseen Kirkkojokeen. Tällöin myös liukoista fosforia huuhtoutui runsaasti alueelta 2. Huomattavan paljon fosforia kulkeutui salaojista myös Nummelan koekentällä, suurimmillaan  $2,6 \text{ kg ha}^{-1}$  vuodessa.

Sekä Nummelan että Gårdskullan koejärjestelyissä oli puutteita johtuen ennen kaikkea siitä, että mittaukset tehtiin usean hehtaarin suuruisilla peltolohkoilla tavanomaisia viljelymenetelmiä käyttäen. Varsinkin pintakerrosvalunnan mittauksissa oli epätarkkuutta molemmilla alueilla keväällä lumen sulaessa ja maan ollessa roudassa.

PVO-hankkeen ja vanhojen tutkimusalueiden mittaukset osoittavat, että peltoalueilta tulevan valunnan määrä ja valuntareitit vaihtelevat paljon sekä paikan että ajan suhteen. PVO-hankkeen tulokset vahvistavat aiempien tutkimusten tuloksia, että peltoviljelyn kuormituksissa on suuria eroja sekä eri alueiden että vuosien välillä. Varsinkin kiintoaineen ja kokonaisfosforin kulkeutuminen eri valuntafraktioiden mukana vaihtelee paljon eri savipelloilla ja samallakin pellolla eri vuosina. Tasaisilla peltoalueilla valtaosa valunnasta ja kuormituksesta tulee yleensä salaojien kautta. Myös viettävällä peltoalueella, kuten Gårdskullassa, tietyissä sää- ja maaperäolosuhteissa salaojat voivat olla vallitseva kuormitusreitti paitsi typen myös kiintoaineen ja fosforin osalta. Myös MTT:n Kotkanojan koekentällä Jokioisissa salaojien kautta vuoden aikana tullut kuormitus on ollut keskimäärin huomattavasti suurempaa kuin pintavalunnan mukana tullut kuormitus. Ensi- ja uusintaajitusta koskevat tutkimukset Hovin ja Kotkanojan tutkimusalueilla (Seuna ja Kauppi 1981, Turtola ja Paaajanen 1995) osoittavat, että kokonaisvalunta on hieman kasvanut ojituksen jälkeen, ja pintavalunta on aluksi selvästi pienentynyt. Salaojitus on lisännyt typen huuhtoumista varsinkin heti ojituksen jälkeisinä vuosina. Salaojitus on vähentänyt fosforin kokonaiskuormitusta, mutta savimailla kiintoainetta ja siihen sitoutunutta fosforia on kulkeutunut suhteellisen paljon myös salaojista.

Peltoalueilta tulevan kuormituksen suuruus riippuu hyvin monista tekijöistä, mm. maaperän ominaisuuksista, pellon viljelykäytöstä ja muokkauskäsittelyistä, ojituksen sekä hydrologisesta vuodenaikais- ja vuosivaihtelusta. Tästä johtuen peltolohkoille ei voida esittää yksikäsitteisiä kuormituslukuja, ainoastaan vaihteluvälejä todennäköiselle kuormitustasolle. Jo koekenttien suuri vuosikuormituksen vaihtelu pitkällä aikavälillä osoittaa tämän. Toimiviksi osoittautuneet maatalouden vesien-suojelumenetelmät leikkaavat kuormitusta peltolohkon mittakaavassa, mutta kuor-

mituksen suuri vuotuinen vaihtelu peittää alleen kuormituksen vähenemisen. Tällöin pelkästään valuma-alueen absoluuttisen kuormituksen seurantoihin perustuvat tarkastelut saattavat johtaa vääriin päätelmiin ja suosituksiin. Kuormituksen syntyprosessit ja niihin vaikuttavat lukuisat tekijät tulee ottaa huomioon entistä paremmin peltoviljelyn vesiensuojelutoimenpiteitä suunniteltaessa ja arvioitaessa.

Pellon vesitaloudella on keskeinen vaikutus kuormituksen syntyyn. Vesitalouden optimointi edellyttää paikalliskuivatuksen ja uusien vähemmän kuormittavien viljelymenetelmien yhteensovittamista siten, että vesistökuormitus on mahdollisimman pieni ja että satotaso ja sadon laatu eivät heikkene. Lisäksi on huolehdittava siitä, että maan rakenne pysyy hyvänä.

PVO-hankkeen koekentiltä ja aiemmilta tutkimusalueilta saadut tulokset osoittavat, että peltoviljelyssä tarvitaan nykyistä enemmän toimenpiteitä salaojien kautta tulevan kuormituksen vähentämiseksi. Tutkimusta tarvitaan sekä salaojitusmenetelmistä, kuten ympärysaineista, että viljelymenetelmistä, joilla voidaan pienentää salaojavesien ravinnepitoisuuksia. Ensiarvoisen tärkeää on leikata korkeita pitoisuuspiikkejä, jotka useimmiten esiintyvät valuntojen ollessa suurimmillaan. Tiettyissä olosuhteissa tulee kysymykseen myös peltoalueilta tulevan salaojavalunnan vähentäminen säätösalojitusmenetelmien avulla. Pinta- ja salaojavalunnan lisäksi tutkimusta tarvitaan myös pohjavesivalunnan muodostumisesta ja sen mukana tulevasta kuormituksesta peltoalueilla.

Salaojitusmenetelmien ja ravinnehuuhtoumien tutkimus edellyttää peltomittakaavan kokeita, mutta homogeenisten koealueiden perustaminen on hankalaa ja kallista. Pintakerrosvalunnan luotettava mittaaminen ja näytteenotto on erittäin hankala toteuttaa suurilla peltoalueilla. Taustavaihtelun ja toimenpiteiden vaikutusten selvittäminen edellyttää monivuotisia mittauksia, joita PVO-hankkeessa ei ollut mahdollista tehdä. Nummelan koealueen mittausten jatkaminen 3–5 vuoden ajan on tärkeää, jotta eri täydennysojitusmenetelmistä saadaan tarkempi kuva. Mittausten jatkaminen Gårdskullan peltoalueilla on myös suotavaa, sillä niiden avulla saadaan arvokasta lisätietoa valunnan ja kuormituksen määrästä sekä kulkeutumisreiteistä vesiensuojelua varten.

## II. Yhteenveto

Tutkimushanke ”Pellon vesitalouden optimointi” (PVO) oli yhteistutkimus, johon osallistuivat Salaojituksen tutkimusyhdistys, Teknillinen korkeakoulu, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Helsingin yliopisto, Suomen ympäristökeskus, Salaojayhdistys ja Sven Hallinin tutkimussäätiö. Hanke toteutettiin 1.1.2006–31.3.2010, ja sen rahoittivat Salaojituksen tukisäätiö, maa- ja metsätalousministeriö ja osallistuvat laitokset.

Hankkeen tavoitteena oli selvittää erilaisten salaojitusmenetelmien vaikutuksia pellon vesitalouteen ja sitä kautta satoon ja ravinnehuuhtoumiin sekä arvioida eri menetelmien kestoikää ja taloudellisuutta. Hankkeessa tehtiin myös yhteenveto aiemmin tehdyistä salaojatus tutkimuksista. Tässä hankkeessa keskityttiin erityisesti tavanomaiseen salaojitukseen, jossa ympärysaineena käytetään soraa ja ojaväli vaihtelee maalajin mukaan (8–32 m:n välillä), ja menetelmään, jossa käytetään ohutta suojakangasta ja pientä ojaväliä (noin 6 m).

Kirjallisuusselvityksessä kuvattiin salaojituksen teoriaa sekä aiemmin tehtyjä

kokeellisia tutkimuksia ja käytännössä saatuja kokemuksia erilaisten salaojitusten ja ympärysaineiden toimivuudesta. Salaojitettujen savimaiden ravinnehuuhtoumista tehtiin yhteenveto vanhoilta tutkimusalueilta. Tutkimuksessa tarkasteltiin yksityiskohtaisemmin Aurajoen, Kotkanojan ja Liperin koekenttien sekä Hovin peltoalueen valuntaa ja ravinnehuuhtoumia erilaisissa sääolosuhteissa.

Hankkeessa perustettiin kaksi koekenttää, Nummela Jokioisiin ja Gårdskulla Siuntioon. Koekentillä mitattiin pinta- ja salaojavaluntaa sekä valumavesien pituuksia, ja niiden perusteella laskettiin peltoalueilta tulevia kiintoaine- ja ravinnekuormituksia. Nummelan koealueella tehtiin täydennysojitus kahta menetelmää käyttäen: 1) vanha salaojitus täydennettiin lisäojilla, jolloin ojaväliksi saatiin 8 m ja ympärysaineena käytettiin soraa, 2) ojaväli oli 6 m ja käytettiin ohutta esipäällystettä (Fibrella 2160). Gårdskullan tutkimusalue käsitti kaksi kaltevuudeltaan erilaista peltolohkoa, jotka oli salaojitettu tiiliputkin 1940-luvulla. Lisäksi MTT:n koekentällä Sotkamossa perustettiin jankkurointikoe, jossa seurattiin jankkuroinnin vaikutusta maan rakenteeseen ja satoon.

Valtioneuvoston asetuksen mukaisissa tilakohtaisissa seurantakohteissa (VNA-kohteet) tehtiin uusia ojituksia vuosina 2006–2007 käyttämällä neljää eri ojitustapa. Näiden ojitusten vaikutuksia kuivatukseen ja satoon selvitettiin haastatteluilla. Tutkimuksessa kaivettiin auki vanhoja erilaisilla ympärysaineilla tehtyjä ojituksia. Eri menetelmillä tehtyjen salaojitusten kustannuksia vertailtiin esimerkkilaskelman avulla.

Hankkeen eri osioista tehtiin seuraavia johtopäätöksiä: Tässä tutkimuksessa tehdyt havainnot ympärysaineen käytöstä ovat yhdenmukaiset kirjallisuudessa esitetyn salaojateorian ja aiemmin saatujen kokemusten kanssa. Ympärysaineen suodat ominaisuuden tarve riippuu salaojaputkea ympäröivästä maalajista. Tässä tutkimuksessa esille kaivetut kohteet vahvistavat kirjallisuudessa esitettyä teoriaa, jonka mukaan ympärysaineen paksuuden ja huokoskokojakauman pitää noudattaa tiettyjä kriteerejä suhteessa ympäröivään maahan. Orgaaniset esipäällysteet saattavat hajota maassa vuosien mittaan aiheuttaen liettymisherkillä maalajeilla maan aineksen liettymistä putkeen. Mikäli savespitoisuus on yli 30 %, aines ei kulkeudu veden mukana ja liettymisen vaara on pieni. Jos suodatintarve ei aseta ympärysaineelle vaatimuksia, ympärysaineelle jää silti vedenjohtokykyvaatimus. Mitä huonompi on ympärysaineen vedenjohtokyky, sitä pienempi ojavälin tulee olla, jotta kuivatusteho säilyy riittävänä. Kustannusvertailun mukaan soran korvaaminen ohuella esipäällysteellä mahdollistaa samalla hehtaarihinnalla keskimäärin kaksinkertaisen salaojamäärän hehtaaria kohti.

Suomessa, Ruotsissa ja Hollannissa tehtyjen salaojavälitutkimusten mukaan sato kasvaa maalajista ja muista olosuhteista riippuen tiettyyn ojaväliin saakka. Hyvä kuivatusteho aikaistaa keväällä pääsyn pellolle ja antaa yhä suurenevilla tiloilla enemmän juostavuutta peltotöiden ajoittamiseen. Tässä tutkimuksessa mitatuissa sato määrissä eikä sadon laadussa ollut juurikaan eroja eri tavalla ojitetuilla lohkoilla.

Nummelan koekentän täydennysojituskohteet ja eri tiloilla olevat seurantakohteet (VNA-kohteet) osoittivat, että maan kuivatus tehostui kaikilla alueilla ojitusmenetelmästä riippumatta ainakin ensimmäisinä vuosina ojituksen jälkeen.

Täydennysojitusten vaikutuksesta ravinnehuuhtoumiin ei saatu vielä selvää käsitystä lyhyestä tutkimusjaksoista ja koealueiden luontaisista eroista johtuen. Koealueiden maaperä häiriintyi ojitusten aikana ja viljelymenetelmissä oli eroja kalibrointi- ja tutkimusjaksojen välillä, mikä myös vaikutti tulosten tulkintaan. Nummelassa

molemmat täydennysojitusmenetelmät lisäsivät salaojavaluntaa ja kokonaistypen pitoisuuksia salaojavedessä ensimmäisen tutkimusvuoden aikana. Salaojavalunta lisääntyi selvästi alueella (C), jossa täydennysojitus tehtiin perinteellisellä menetelmällä (8 m ojaväli, ympärysaineena sora ja sorasilmäkkeet). Typpipitoisuudet puolestaan kasvoivat varsinkin alueella (A), jossa käytettiin 6 m:n ojaväliä ja ohutta suojakangasta (Fibrella 2160). Alueella A typpikuormituksen lisäys oli huomattava täydennysojitusta edeltävään tilanteeseen ja vertailualueisiin nähden. Tällä alueella puolestaan kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuudet pienenevät niin paljon, että fosforihuuhtoumat vähenivät. Myös alueella C liukoisen fosforin pitoisuudet pienenevät, mutta kokonaisfosforin pitoisuudet pysyivät lähes samoina kuin ennen ojitusta. Alueiden A ja C täydennysojitusten jälkeen eniten kokonaisfosforin pitoisuudet kasvoivat kuitenkin täydennysojittamattoman vertailualueen (B) salaojavedessä. Alueelta C salaojavalunnan lisäyksestä johtuen kokonaisfosforin huuhtouma kasvoi hieman täydennysojituksen jälkeen, mutta suhteellisesti suurin lisäys oli alueelta B. Alueen A maan kohotuksen (jankkuroinnin) jälkeen mittaustuloksia oli vain parilta kuukaudelta, joten kohotuksen vaikutusta ravinnehuuhtoumiin ei pystytty vielä arvioimaan.

Gårdskullan kummaltakin koealueelta valtaosa ravinne- ja kiintoainekuormituksesta tuli salaojien kautta kahden tutkimusvuoden aikana. Gårdskullan koealueiden fosforihuuhtoumat poikkesivat selvästi toisistaan, vaikka viljelytoimenpiteet olivat olleet lähes samanlaiset usean vuoden ajan. Jyrkemmältä ja suuremman fosforiluvun omaavalta koealueelta fosforia kulkeutui salaojista lähes  $4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  keskimääräistä sateisempänä ja lämpimämpänä vuonna.

Tässä tutkimuksessa mitatut ravinnehuuhtoumat Nummelan ja Gårdskullan koealueilla olivat samaa suuruusluokkaa kuin aiemmin Suomessa savipelloilla mitatut huuhtoumat. Tämän PVO-hankkeen ja vanhojen tutkimusalueiden tulokset osoittavat, että pinta- ja salaojavalunnan välinen suhde vaihtelee paljon sekä koealueiden että vuosien välillä. Gårdskullan ja Nummelan lisäksi muillakin koealueilla kulkeutui salaojista suhteellisen paljon sekä kiintoainetta että kokonaisfosforia. Peltoviljelyn vesiensuojelussa tulisikin kiinnittää entistä enemmän huomiota salaojien kautta tulevan kuormituksen vähentämiseen.

Salaojien eri ympärysaineiden vaikutuksista pellon vesitalouteen, satoon ja ravinnehuuhtoumiin ei voida tämän tutkimuksen mittausten perusteella tehdä luotettavia johtopäätöksiä, vaan siihen tarvitaan pidempi seurantajakso. Nummelan koekentällä oli vuoden kalibrointijakso, ja varsinaisen koejakson mittauksia ehdittiin tehdä vasta puolitoista vuotta. Nummelan koealueen mittausten jatkaminen vähintään 3–5 vuoden ajan on tärkeää, jotta eri täydennysojitusmenetelmistä saadaan tarkempi kuva. Mittausten jatkaminen Gårdskullan peltoalueilla on myös suotavaa, sillä niillä saadaan arvokasta lisätietoa valunnan ja kuormituksen määrästä sekä kulkeutumisreiteistä vesiensuojelua varten. PVO-hankkeessa mukana olleet tilakohtaiset uudet ojitukset tehtiin 2006–2007 ja niiden vaikutukset maan rakenteeseen on tarkoitus selvittää muutaman vuoden päästä. Kyseessä olevat tilat ovat sitoutuneet tutkimukseen kahdeksaksi vuodeksi.

# Kirjallisuus

- Agricultural Research Centre 1986. Methods of soil and plant analyses. Agricultural Research Centre, Department of Soil Science, FIN-31600 Jokioinen, Finland, 45 p.
- Alakukku, L. 1996. Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. II. Long-term effects on the properties of fine-textured and organic soils. *Soil & tillage research* 37: 223–238.
- Alakukku, L., Turtola, E. 2010. Surface runoff and soil physical properties as affected by surface drainage improvement of heavy clay soil. Käsikirjoitus konferenssiin XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR). Québec City, Canada, June 13–17, 2010. 7 s.
- Anderson, G., Pidgeon, J.D., Spencer, H.B. & Parks, R. 1980. A new hand-held recording penetrometer for soil studies. *Journal of Soil Science* 31: 279–296.
- Anon. Virallisten lajikekokeiden suoritusohjeet. <http://www.mtt.fi/lajikekokeet> > lajikekokeiden suorittaminen > suoritusohjeet
- Aura, E. 1990. Salaojien toimivuus savimaissa. Maatalouden tutkimuskeskus, tiedote 10/90. 93 s.
- Beers, W.F.J. van 1979. The auger hole method. Bulletin 1, 5th edition. Institute for land reclamation and improvement, Wageningen, The Netherlands.
- Blake, K.R. & Hartge, K.H. 1986. Bulk density. Teoksessa: Klute, A.K. (toim.). *Methods of soil analysis. Agronomy 9, Part 1: 363–375. 2.painos.*
- Bouwer, H. 1986. Intake rate: cylinder infiltrometer. Teoksessa: Klute, A.K. (toim.). *Methods of soil analysis. Agronomy 9, Part 1: 825–844. 2.painos.*
- Danielson, R.E., Sutherland, P.I. 1986. Porosity. Teoksessa: Klute, A.K. (toim.). *Methods of soil analysis. Agronomy, Part 1: 443–461. 2. painos.*
- Forsman, K., Virtanen, E., Joki-Tokola, E., Rautiainen, O. 2006. Maan rakenneputkitusta seurataan Tyrnävällä. Maataoustieteen Päivät 2006.
- Elonen, P. 1971. Particle-size analysis of soil. Selostus: Maan raakoostumuksen määrittäminen. *Acta agriculturae Fenniae* 122: 1–122.
- Haataja, A. 2009. Suullinen tiedonanto 10.9.2009.
- Hänninen, P. Ristolainen, A., Alakukku, L. 2010. Kivennäismaiden kasvukauden aikaiset vesipitoisuusmuutokset ja niiden pysyvyys. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 26. Toim. Anneli Hopponen. Viitattu [9.4.2010]. Julkaistu 9.1.2010. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi>
- Ilmastokatsaus 2007–2009. Ilmatieteen laitos, ilmastopalvelu.
- Jonsson, B. 1985. Organiska och syntetiska fibermaterial som dräneringsfilter. Rapport 145. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap, Avdelning för lantbrukets hydroteknik. Uppsala. 46 s.
- Juusela, T. 1958. Salaojaputkiston suojatavoista ja soran käytöstä suojausaineena. *Maa- ja Vesirakentaja* 3: 34–55.
- Karell 2009. Suullinen tiedonanto 15.9.2009



- Karvonen, T., Vakkilainen, P. 1989. Salaojan ympärysaineen mitoitus. *Vesitalous* 6/1989: 40–41.
- Lemola, R. 2009. Kotkanojan koekentän julkaisematon valunta-aineisto 2008–2009. Sähköpostiviesti 23.9.2010.
- Kainiemi, V. 2009. Muokkausmenetelmän, salaojituksen ja viherkesannon pitkäaikaiset vaikutukset savimaan rakenteeseen. Pro gradu-työ. Helsingin yliopisto, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, Maaperä- ja ympäristöke-mia.
- Keso, L. 1938. Tutkimuksia veden pääsystä salaojaputkistoon. *Teknillinen Aika-*kauslehti 28, 1938, 11. Eripainos. 7 s.
- Keso, L. 1940. Ojaetäisyyskoe urpasavimailla. *Suomen maataloustieteen seuran julkaisuja* 42, 1040, 2: 1–34.
- Keso, L. 1951. Salaojitustyöt (kolmas painos). Helsinki. 200 s.
- Lähetkangas, P. 2009. Suullinen tiedonanto 10.9.2009.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2006. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuet-tavan peltosalaojituksen laatuvaatimuksista ja tukikelpoisista enimmäiskus-tannuksista, nro 204/2006.
- Messing, I. 1993. Saturated and near-saturated hydraulic conductivity in clay soils. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Soil Scien-ces. Reports and Dissertations 12. Uppsala.
- Molen, van der, W.H., Beltrán J.M., Ochs, W.J. 2007. Guidelines and compu-ter programs for the planning and design of land drainage systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Irrigation and drai-nage paper 62. 229 s.
- Muotka, J. 1978. Muut suodatinaineet salaojituksessa. Vesitalouden seminaari. Teknillinen korkeakoulu. 28 s.
- Nurminen, J., Paasonen-Kivekäs, M., Vakkilainen, P. 2007. Siuntion Kirkkojoen veden laadun seurantatutkimus 2005. Teknillinen korkeakoulu. Vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorio. 48 s.
- Paasonen-Kivekäs, M., Vakkilainen, P., Karvonen, T. 2008. Nutrient transport through tile drains on a clayey field. Proceedings of the 10th International Drainage Workshop of ICID Working Group on Drainage. Helsinki/Tallinn 6–11 July, 2008. Helsinki University of Technology Water Resources Publica-tions 16, TKK-VTR-16: 142–152.
- Pelanteri, K. 2009. Suullinen tiedonanto 10.9.2009.
- Peltomaa, R. 2009. Salaojitus. Teoksessa: Maan vesi- ja ravinnetalous. Paaso-nen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P., Äijö, H. (toim.). Salaojayh-distys: 265–316.
- Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J., Seuna, P. Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. 1994. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja-sarja A, 198.323 s.
- Puustinen, M., Tattari, S., Koskiahho, J., Linjama, J. 2007. Influence of seasonal and annual hydrological variations on erosion and phosphorus transport from arable areas in Finland. *Soil & Tillage Research* 93 (2007) 44–55.

- Pälikkö, E. A. 1962. Muovisten salaojaputkien siivilä- ja saumarakojen veden läpäisykyvystä. Koetoiminta ja Käytäntö 19, 1962, 1: 1–4.
- Rathmayer, H. 1971. Kiesfilter für Tondrährohr bei Fundamententwässerungen. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Tiedotussarja 3, 1971, rakennus 165. 45 s.
- RIL 2002. RIL 128–2002. Peltosalaojituksen laatuvaatimukset. 32 s.
- Rintanen, S. 1984. Salaojasoran laatuvaatimuksista. Moniste. Salaojakeskus. 11 s.
- Ristolainen, A., Hänninen, P. & Alakukku, L. 2010. Peltomaiden kartoitus geofysiikan mittalaitteilla. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 26. Toim. Anneli Hopponen. Viitattu [9.4.2010]. Julkaistu 9.1.2010. Saatavilla Internetissä: <http://www.smts.fi>.
- Saavalainen, J. 1981. Salaojatöiden toteuttaminen, Salaojittajan käsikirja Osa IIB. Salaojakeskus. 61 s.
- Saavalainen, J. 1991. Salaojitustöiden toteuttaminen, salaojitusten kunnossapito, täydennysojitus, Salaojittajan käsikirja Osa III. Salaojakeskus. 49 s.
- Seuna, P., Kauppi, L. 1981. Influence of sub-drainage on water quantity and quality in a cultivated area in Finland. Vesihallitus, Vesitutkimuslaitoksen julkaisuja 43: 32–47.
- Seuna, P. 2004. Valuntasuhteet muuttuvat salaojitetulla pellolla. Vesitalous 6/2004: 34–37.
- Silfverberg, P. 1978. kokeellinen tutkimus rakennuspaikan salaojitukseen liittyvistä tekijöistä. Moniste. Rakennushallitus. 1978. 41 s.
- Strandman, A. 1978. Erilaatuiset suodatinsorat salaojituksessa. Vesitalouden seminaari. Teknillinen korkeakoulu. 23 s.
- Stuyt, L.C.P.M. 1992. The Water acceptance of wrapped subsurface drains. Doctoral thesis. Wageningen Agricultural university, Wageningen, the Netherlands. 303 s.
- Suortti-Suominen, T. 1982. Kookoskuidun ominaisuudet ympärysaineena. Vesitalous 23, 182, 6:14–22.
- Tiainen. 1987. Salaojaputken ympärysaineista. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 1987, 3:21–55.
- Topp, G.C., Davis, J.L., Annan, A.P. 1980. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. Water Resources Research 16: 574–582.
- Turtola, E., Alakukku, L., Uusitalo, R., Kaseva, A. 2007. Surface runoff, subsurface drainflow and soil erosion as affected by tillage in a clayed Finnish soil. Agricultural and Food Science, Vol. 16 (2007):332–351.
- Turtola, E., Paajanen, A. 1995. Influence of improved subsurface drainage on phosphorus losses and nitrogen leaching from a heavy clay soil. Agricultural Water Management 28 (1995): 295–310.
- Turtola, E. 2000. Ojitus. Lannoitus ja muokkaus ratkaisevia fosforikuormitukselle. Salaojakeskus ry:n jäsenjulkaisu 1/2000: 14–21.

- Uusitalo, R., Turtola, E., Lemola, R. Particulate phosphorus and sediment in surface runoff and drainflow from clayey soils. *Journal of Environmental Quality* 30: 589–595.
- Uusitalo, R., Turtola, E., Lemola, R. 2007. Phosphorus losses from a subdrained clayey soil as affected by cultivation practices. *Agricultural and Food Science*, 16: 332–351.
- Valtioneuvosto, 2006. Valtioneuvoston asetus tutkimushankkeeseen kuuluvan salaojituksen tukemisesta vuonna 2006, nro 322/2006.
- Valtioneuvosto, 2008a. Valtioneuvoston asetus tuettavan peltosalaojituksen laatuvaatimuksista ja tukikelpoisista enimmäiskustannuksista. Nro 333.
- Valtioneuvosto. 2008b. Valtioneuvoston asetus tuettavan peltosalaojituksen laatuvaatimuksista ja tukikelpoisista enimmäiskustannuksista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta. Nro 647.
- Vakkilainen, P., Alakukku, L., Mylly, M., Nurminen, J., Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Puustinen, M., Äijö, .H. 2008. Pellon vesitalouden optimointi. Väiliraportti 2008. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 29. 100 s.
- Vento, T. 2008. Siuntion Kirkkojoen ravinnekuormitus. Kandidaatintyö.
- Teknillinen korkeakoulu, Yhdyskunta ja ympäristötekniikan laitos. 51 s. Virtanen S., Saavalainen J., Marttunen, M. 1988. Salaojatutkimus Suomessa. Kirjallisuusselvitys. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry.
- Plotman W.F., Willardson S.W., Dierickx, W. 2000. Envelope design for subsurface drains. ILRI publication 56, 358 s.
- von Frenckell, O.2009. Suullinen tiedonanto 15.10.2009.
- Vuorenmaa, J., Rekolainen, S., Lepistö, A., Kenttämies, K., Kauppila, P. 2002. Losses of nitrogen and phosphorus from agricultural and forested areas in Finland during the 1980s and 1990s. *Environmental Monitoring and Assessment* 76: 213–248.
- Vuorinen, J., Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Selostus: Viljavuustutkimuksen analyysimenetelmästä. *Agrogeologia julkaisu* 63: 1–44.
- Williams, J., Shaykewich, C.F. 1969. An evaluation of polyethylene (P.E.G.) 6000 and 20000 in the osmotic control of soil water matric potential. *Canadian Journal of Soil Science* 49: 397–401.
- Youngs, E.G. 1991. Hydraulic conductivity of saturated soils. Teoksessa: Smith, K.A.,Mullins, C.E. (toim.). *Soil analysis. Physical methods.* 1991. 620 s.

# Liitteet

## Luku I

**Liite I** Ohut esipäällyste (Fibrella)

## Luku 4

**Liite 1a** Nummela. Koekentän kartta, kalibrointijakso.

**Liite 1b** Nummela. Koekentän kartta, tutkimusjakso.

**Liite 2** Nummela. Lumen ja roudan syvyys talvina 2007-2008, 2008-2009 ja 2009-2010.

**Liite 3** Nummela. Sadanta ja valunta (salaoja+pintakerros) kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

**Liite 4** Nummela. Sadanta ja salaojavalunta kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

**Liite 5** Nummela. Sadanta ja pintakerrosvalunta kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

**Liite 6** Nummela. Kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet salaojavalunnassa kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

**Liite 7** Nummela. Kiintoaineen (haihdutusjäännös) ja liukoisen fosforin (ortofosfaatti) pitoisuudet salaojavalunnassa kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

**Liite 8** Nummela. Nitraatti- ja ammoniumtyypen pitoisuudet salaojavalunnassa kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

**Liite 9** Nummela. Kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet pintakerrosvalunnassa kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

**Liite 10** Nummela. Kiintoaineen (haihdutusjäännös) ja liukoisen fosforin (ortofosfaatti) pitoisuudet pintakerrosvalunnassa kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

**Liite 11** Nummela. Nitraatti- ja ammoniumtyypen pitoisuudet pintakerrosvalunnassa kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

**Liite 12** Nummela. Näytteenottovälien sadesummat kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

**Liite 13** Nummela. Pohjavedenpinnan syvyys maanpinnasta kalibrointijaksolla 14.3.2008–31.5.2008. Automaattiset mittaukset.

**Liite 14** Nummela. Pohjavedenpinnan syvyys (keskiarvot ja -hajonnat) maanpinnasta kalibrointijaksolla 27.8.2007–31.5.2008. Manuaaliset mittaukset.

**Liite 15** Nummela. Kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet salaojavalunnassa tutkimusjaksolla 5.6.2008–31.12.2009.

**Liite 16** Nummela. Kiintoaineen (haihdutusjäännös) ja liukoisen fosforin (ortofosfaatti) pitoisuudet salaojavalunnassa tutkimusjaksolla 5.6.2008–31.12.2009.

**Liite 17** Nummela. Nitraatti- ja ammoniumtyypen pitoisuudet salaojavalunnassa tutkimusjaksolla 5.6.2008–31.12.2009.

**Liite 18** Nummela. Kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet pintakerrosvalunnassa tutkimusjaksolla 5.6.2008–31.12.2009.

**Liite 19** Nummela. Kiintoaineen (haihdutusjäännös) ja liukoisen fosforin (ortofosfaatti) pitoisuudet pintakerrosvalunnassa tutkimusjaksolla 5.6.2008–31.12.2009.

**Liite 20** Nummela. Nitraatti- ja ammoniumtyypen pitoisuudet pintakerrosvalunnassa tutkimusjaksolla 5.6.2008–31.12.2009.

**Liite 21** Nummela. Näytteenottovälien sadesummat tutkimusjaksolla 5.6.2008–31.5.2008.

**Liite 22** Nummela. Pohjavedenpinnan syvyys maanpinnasta tutkimusjaksolla 30.10.2008–31.12.2009. Automaattiset mittaukset.

**Liite 23** Nummela. Pohjavedenpinnan syvyys (keskiarvot ja -hajonnat) maanpinnasta tutkimusjaksolla 23.10.2008–23.9.2009. Manuaaliset mittaukset.

**Liite 24** Nummela. Pohjavedenpinnan syvyys (keskiarvot ja -hajonnat) maanpinnasta tutkimusjaksolla 2.10.2009–11.2.2010. Manuaaliset mittaukset.

## Luku 5

- Liite 1 Gårdskulla. Koekentän kartta.
- Liite 2 Gårdskulla. Sadanta ja valunta (salaoja, pintakerros ja s+p) vuonna 2008.
- Liite 3 Gårdskulla. Sadanta ja valunta (salaoja, pintakerros ja s+p) vuonna 2009.
- Liite 4 Gårdskulla. Kokonaisfosforin, kiintoaineen ja fosfaattifosforin pitoisuudet salaojavalunnassa vuonna 2008.
- Liite 5 Gårdskulla. Kokonaistypen, nitraatti- ja nitriittitypen summan sekä ammoniumtypen pitoisuudet salaojavalunnassa vuonna 2008.
- Liite 6 Gårdskulla. Kokonaisfosforin, kiintoaineen ja fosfaattifosforin pitoisuudet pintakerrosvalunnassa vuonna 2008.
- Liite 7 Gårdskulla. Kokonaistypen, nitraatti- ja nitriittitypen summan sekä ammoniumtypen pitoisuudet pintakerrosvalunnassa vuonna 2008.
- Liite 8 Gårdskulla. Kokonaisfosforin, kiintoaineen ja fosfaattifosforin pitoisuudet salaojavalunnassa vuonna 2009.
- Liite 9 Gårdskulla. Kokonaistypen, nitraatti- ja nitriittitypen summan sekä ammoniumtypen pitoisuudet salaojavalunnassa vuonna 2009.
- Liite 10 Gårdskulla. Kokonaisfosforin, kiintoaineen ja fosfaattifosforin pitoisuudet pintakerrosvalunnassa vuonna 2009.
- Liite 11 Gårdskulla. Kokonaistypen, nitraatti- ja nitriittitypen summan sekä ammoniumtypen pitoisuudet pintakerrosvalunnassa vuonna 2009.
- Liite 12 Gårdskulla. Pohjavedenpinnan syvyys maanpinnasta vuonna 2008. Manuaaliset mittaukset.
- Liite 13 Gårdskulla. Pohjavedenpinnan syvyys maanpinnasta vuonna 2009. Manuaaliset mittaukset.
- Liite 14 Gårdskulla. Ravinne- ja kiintoainepitoisuudet Kirkkojoen mittauspisteissä 2008-2009.

## Luku 7

- Liite 1 Tilakohtaisten seurantakohteiden taustatiedot.

## Luku 8

- Liite 1 Köyliön Vanhakartano, salaojakartta.
- Liite 2 Köyliön Vanhakartano, maaperäanalyysit.

## Luku 9

- Liite 1a Esimerkkilohkon (7,24 ha) salaojasuunnitelman kartta, sora.
- Liite 1b Esimerkkilohkon (7,24 ha) salaojasuunnitelman kartta, ohut esipäällyste.

## Esipäällysteenä käytetty ohut suojakangas, tuotemerkki Fibrella

Salaojien esipäällysteenä käytettyä ohutta suojakangasta toimittaa Jokema Oy, joka on Suomessa valmistetun kuitukankaan jatkojalostaja sekä myyjä. Kokemällä sijaitseva yritys on toiminut alalla vuodesta 1988. Kangasta valmistetaan Nakkilassa Suominen kuitukangas Oy:n tehtailla. Suojakankaan tuotemerkki on Fibrella ja se on tarkoitettu pääasiassa kosteuspyyhkeeksi. Fibrella 2100, jonka koostumus on 2/3 viskoosia ja 1/3 polyesteria ja paino 50 g/m<sup>2</sup> on tehty alusta saakka ja on edelleen tuotannossa. Heinäkuussa 2004 alettiin valmistaa Fibrella 2150, jonka koostumus on 50 % viskoosia ja 50 % polyesteria ja jonka paino on 45 g/m<sup>2</sup>. Sen valmistus lopetettiin heinäkuussa 2007. Toukokuussa 2005 alettiin valmistaa Fibrella 2160, jonka koostumus on 40 % viskoosia ja 60 % polyesteria. Viskoosi on hajoaavaa orgaanista materiaalia.

PVO-hankkeessa esipäällyste Fibrella 2150 testattiin VTT:llä. Testin mukaan materiaalin paksuus oli 0,3 mm ja tehokas huokoskoko 0,077 mm. MMM:n asetuksen (2004/2006) mukaiset vaatimukset ovat paksuuden osalta 3 mm ja huokoskoon osalta 0,45-1,0 mm. Testitulokset ovat PVO-hankkeen väliraportin (Vakkilainen ym. 2008) liitteessä 24.

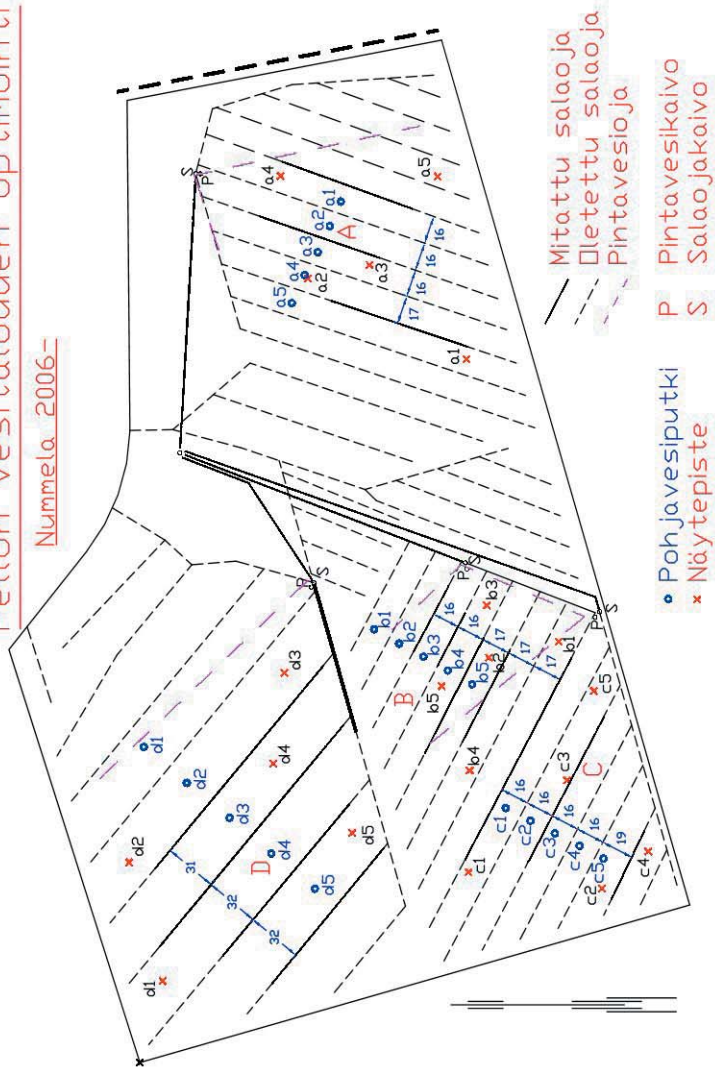
Verrattaessa testitulosta kansainvälisiin kriteereihin (ks. PVO-hankkeen väliraportin kohta 2.3) voidaan todeta, että

- kriittisen huokoskokojakauman eli  $O_{90}$ -arvon mukaan suodatinominaisuudet ovat riittävät niille suomalaisten peltojen maalajeille, joilla ympärysaineelta vaaditaan hyvää suodatinominaisuutta
- vedenläpäisevyyden näkökulmasta huokoskoko on liian pieni
- esipäällysteen ohuudesta ja pienestä huokoskoosta johtuen esipäällysteen tukkeutumiseriski on ilmeinen

Esipäällyste on osittain orgaanista materiaalia, minkä takia sen suodatin- ja vedenläpäisevyysominaisuudet muuttuvat ajan myötä orgaanisen materiaalin lahotessa. Tämä parantaa esipäällysteen vedenläpäisevyyttä, mutta heikentää sen suodatinominaisuuksia.

# Pellon vesitalouden optimointi

Nummela, 2006-

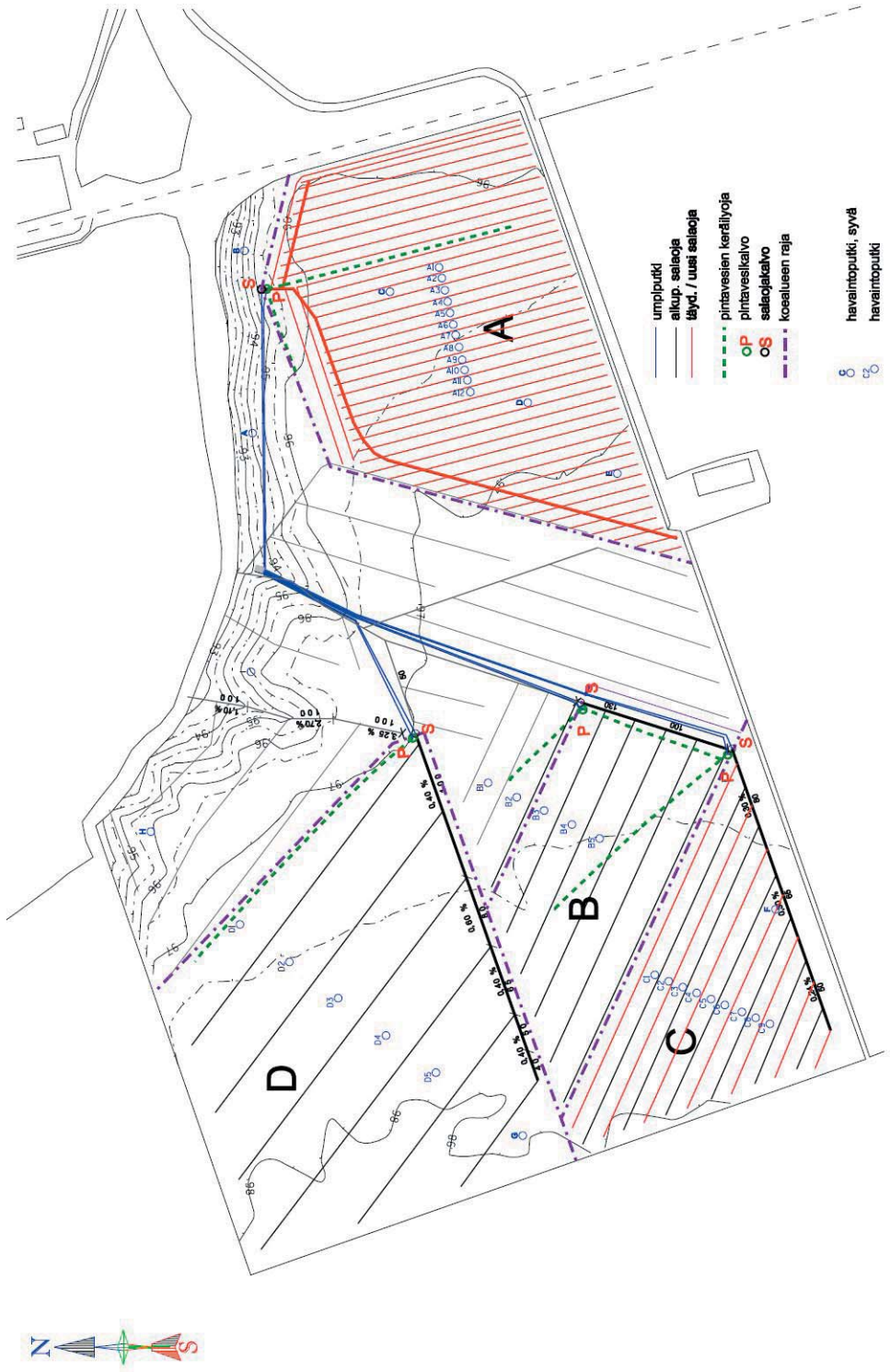


Mitattu salaoja  
Polettu salaoja  
Pinta-vesioja

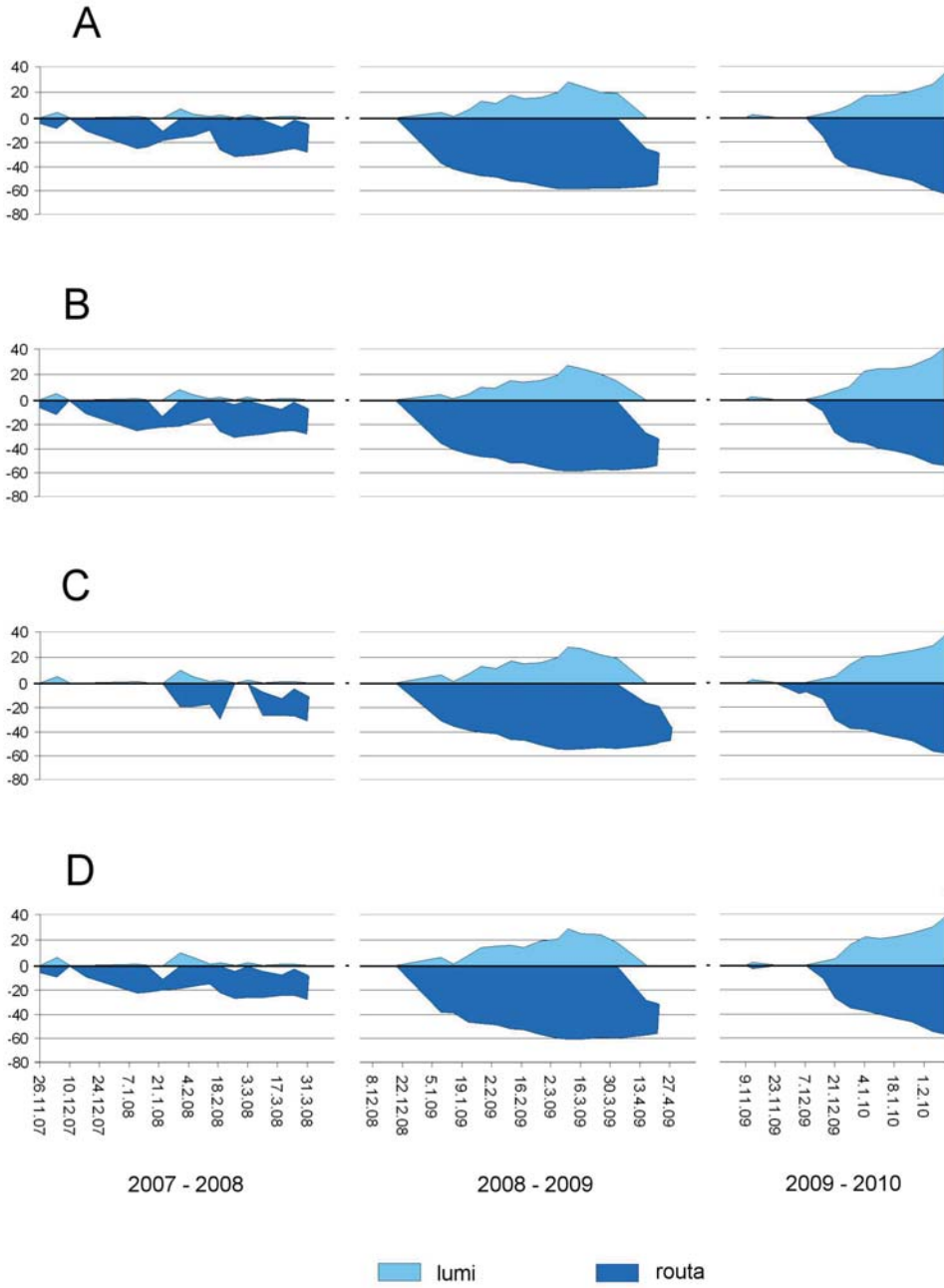
P Pohjavesiputki  
S Näytepiste

P Mitattu salaoja  
S Polettu salaoja

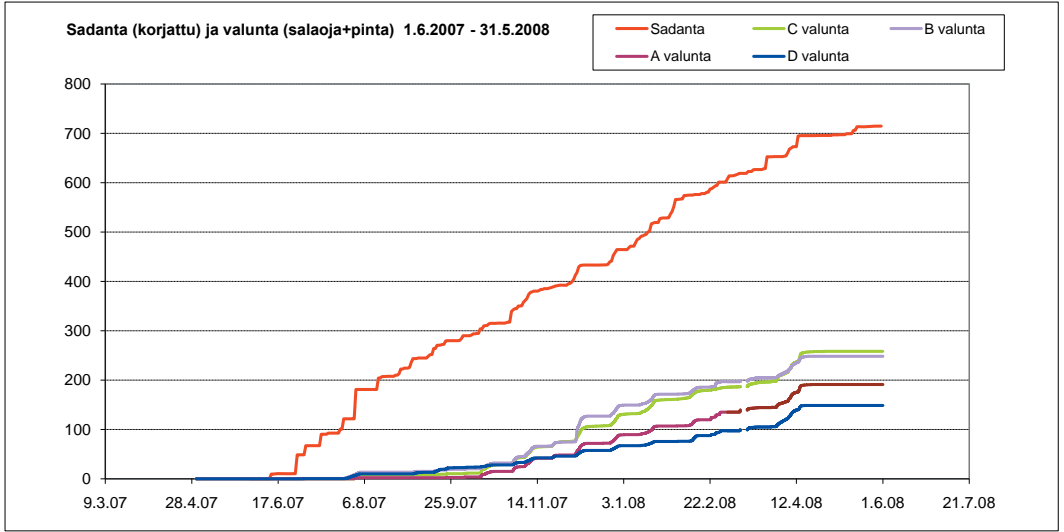




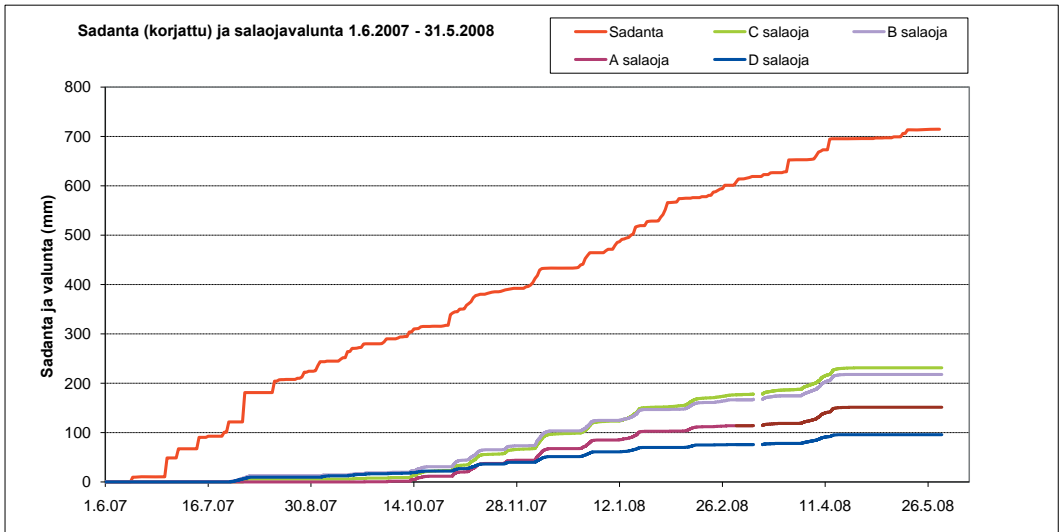




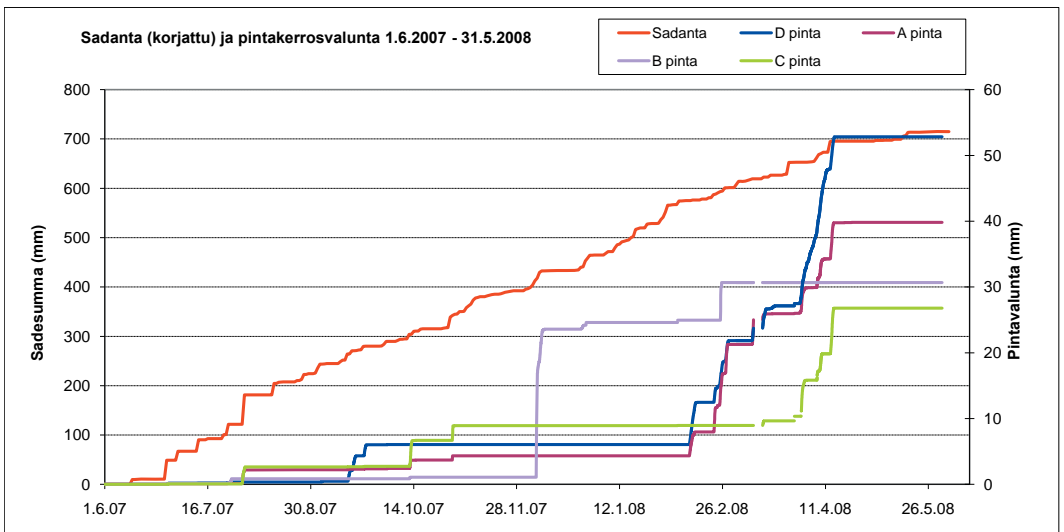
Luku 4. Liite 3. Nummela. Sadanta ja valunta (salaoja+pintakerros) kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

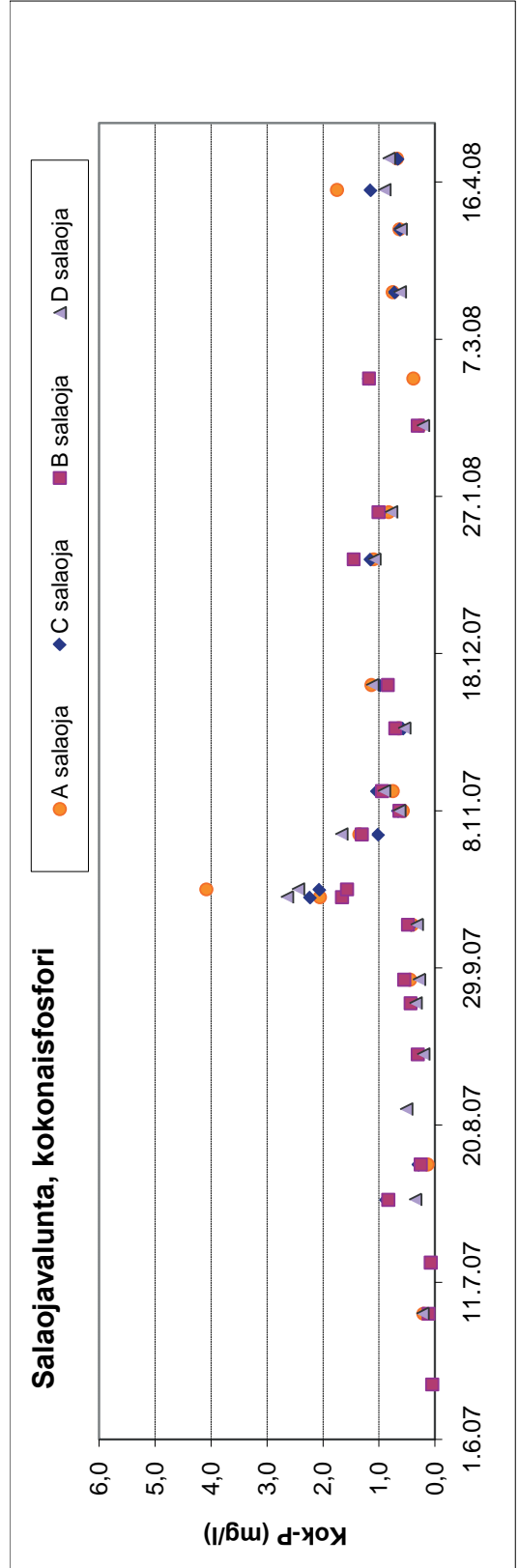
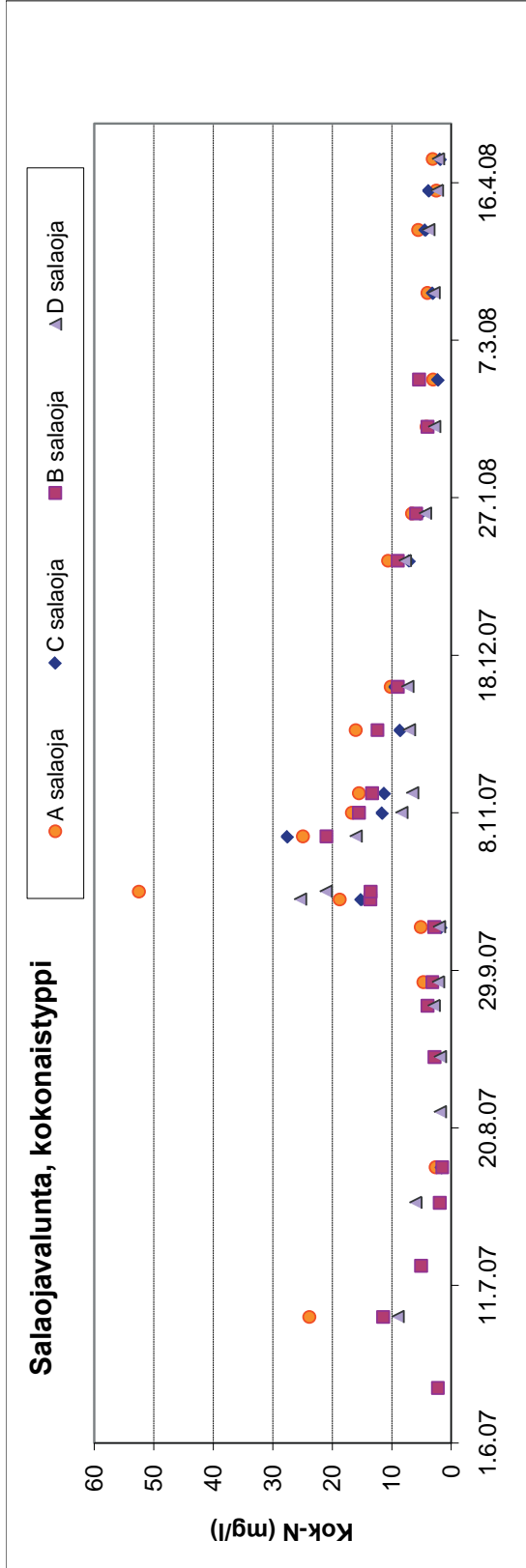


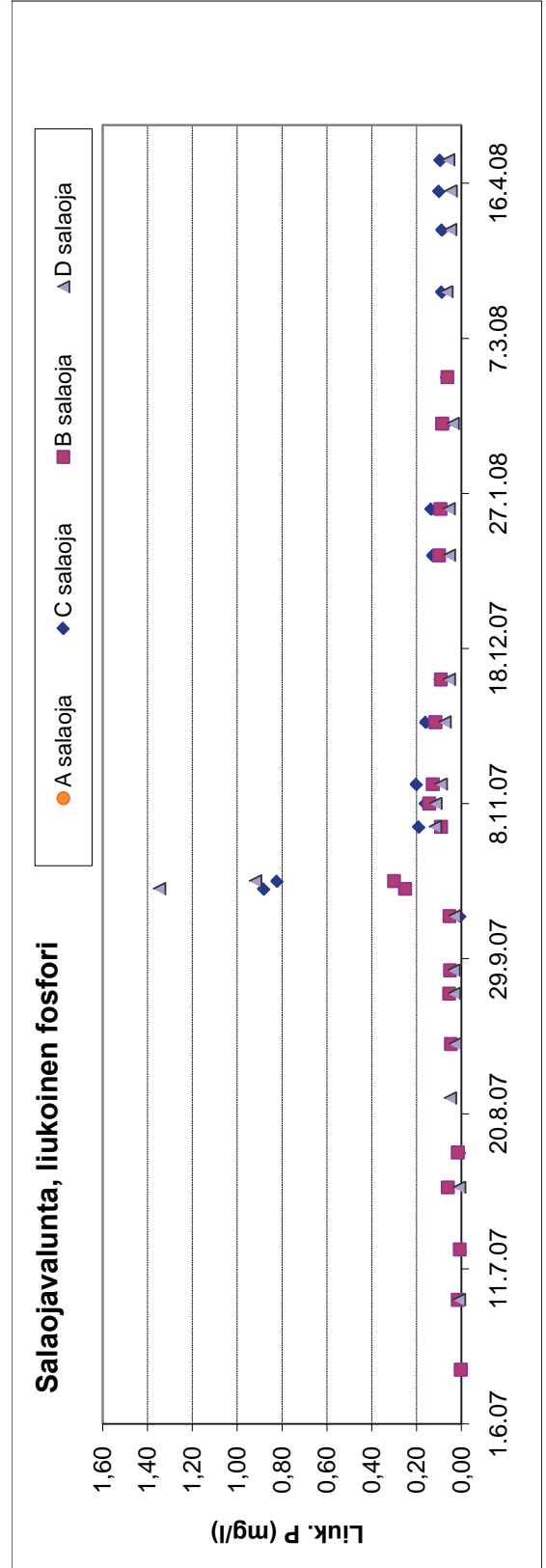
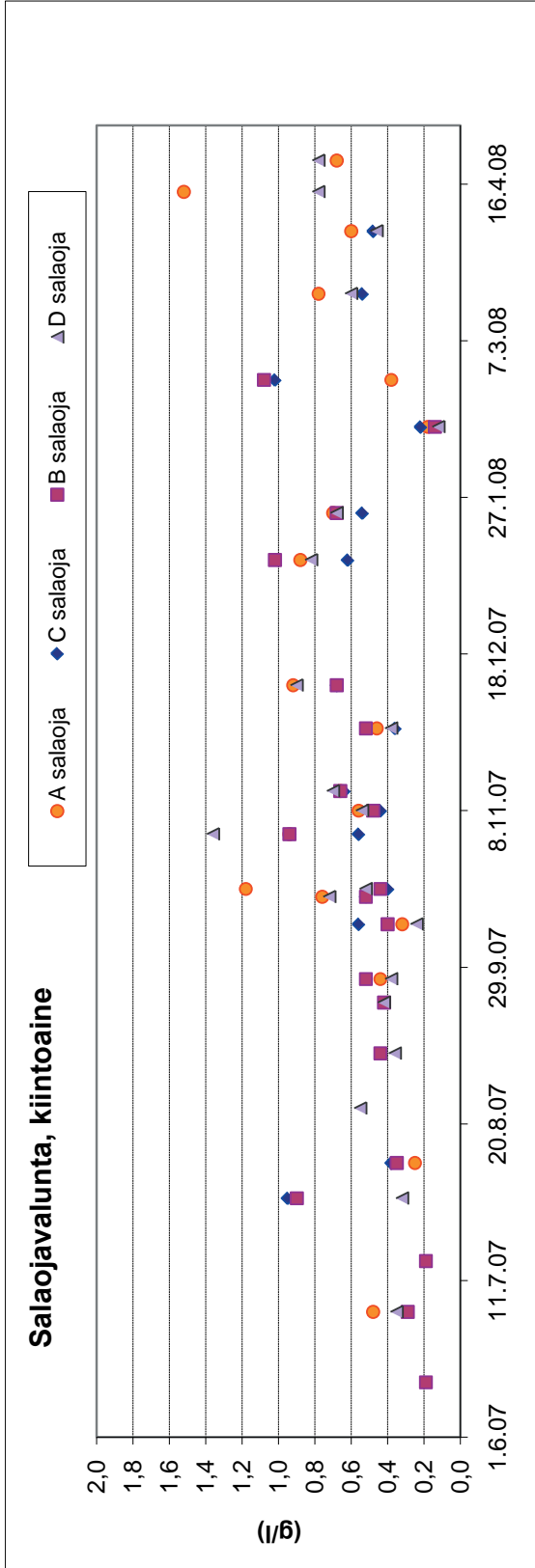
Luku 4. Liite 4. Nummela. Sadanta ja salaojavalunta kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

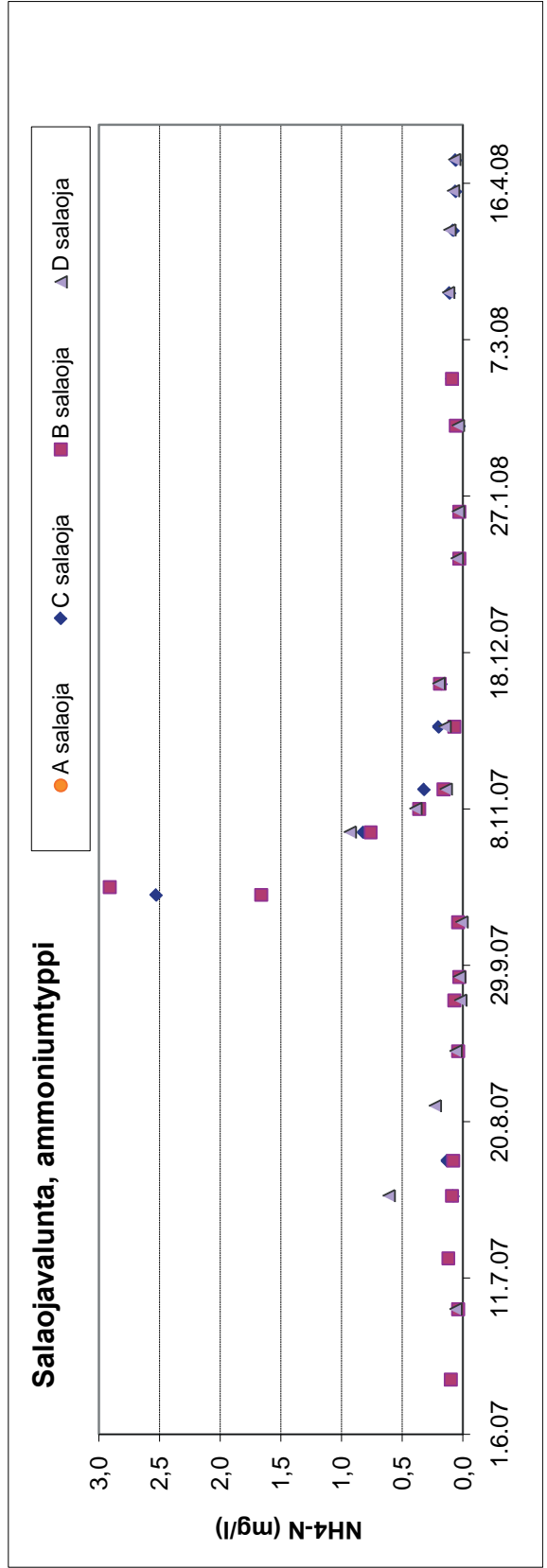
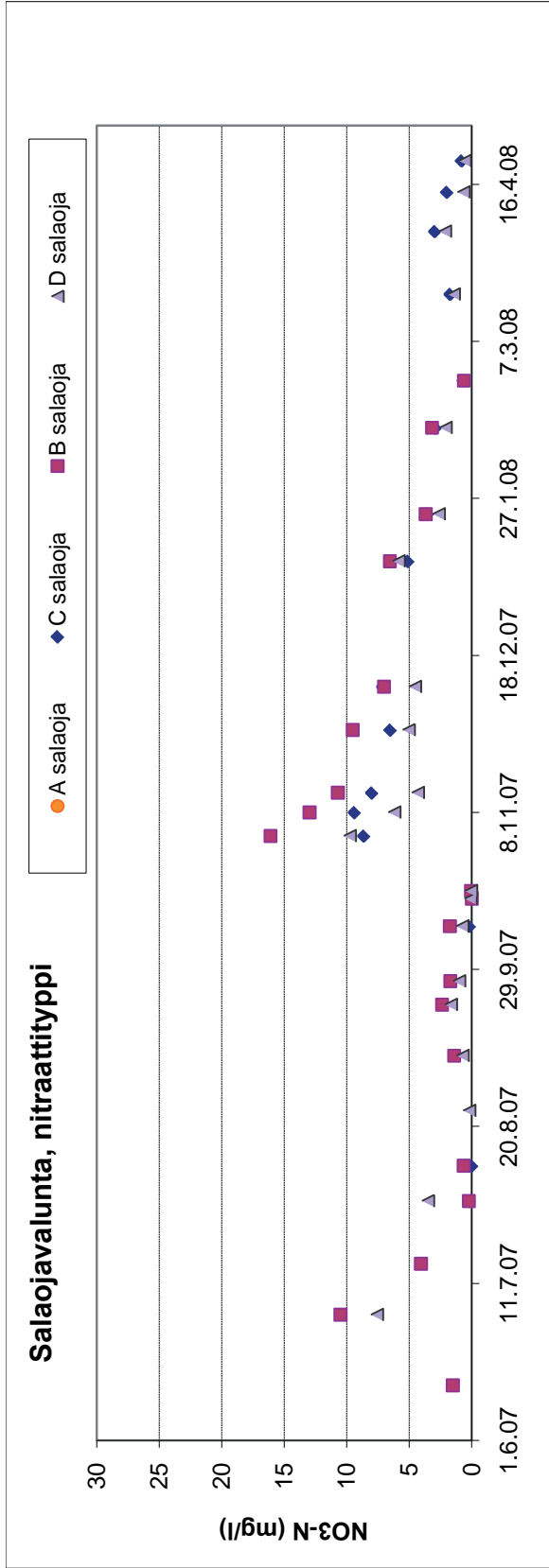


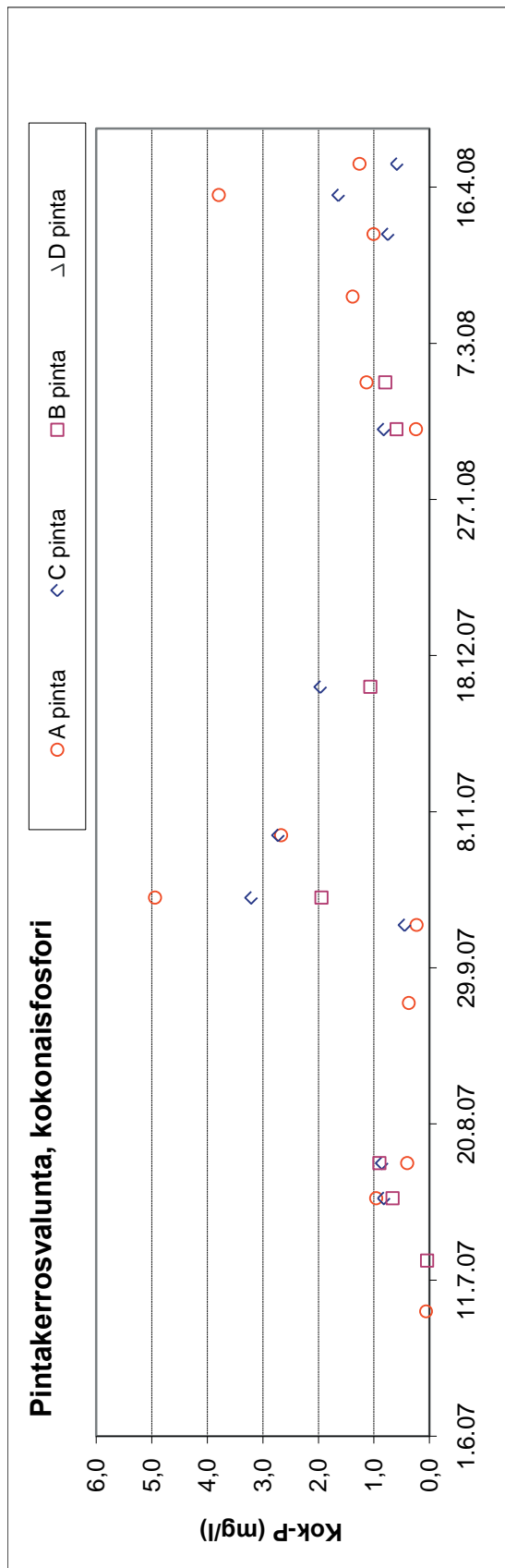
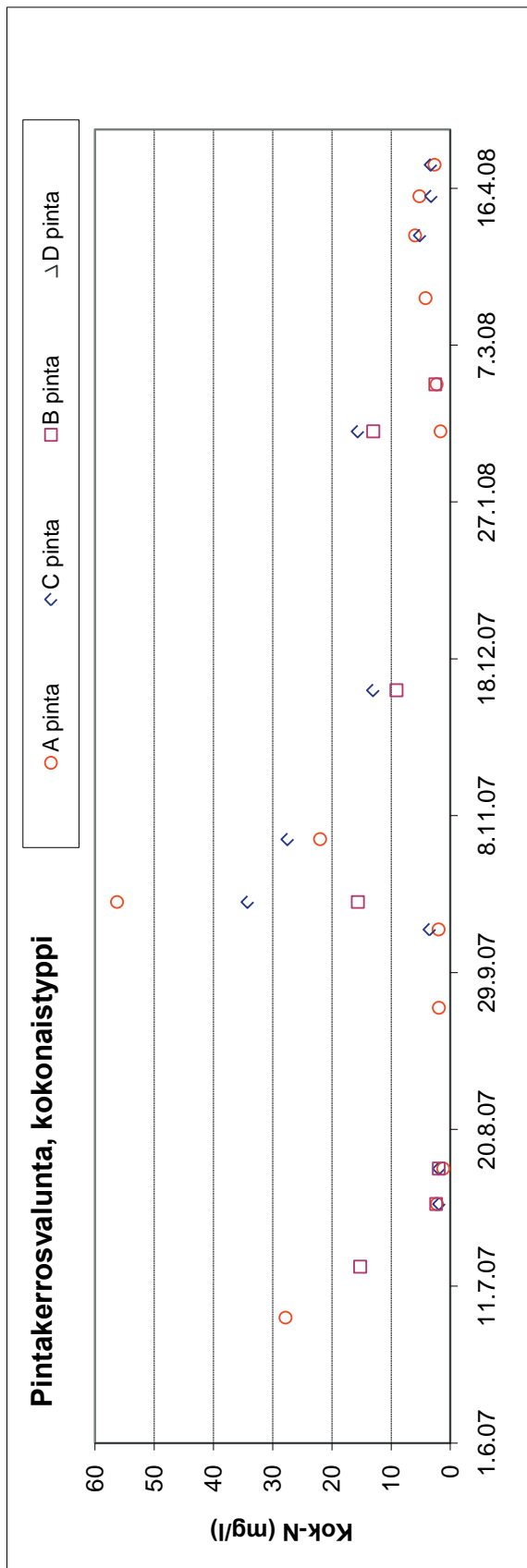
Luku 4. Liite 5. Nummela. Sadanta ja pintakerrosvalunta kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.

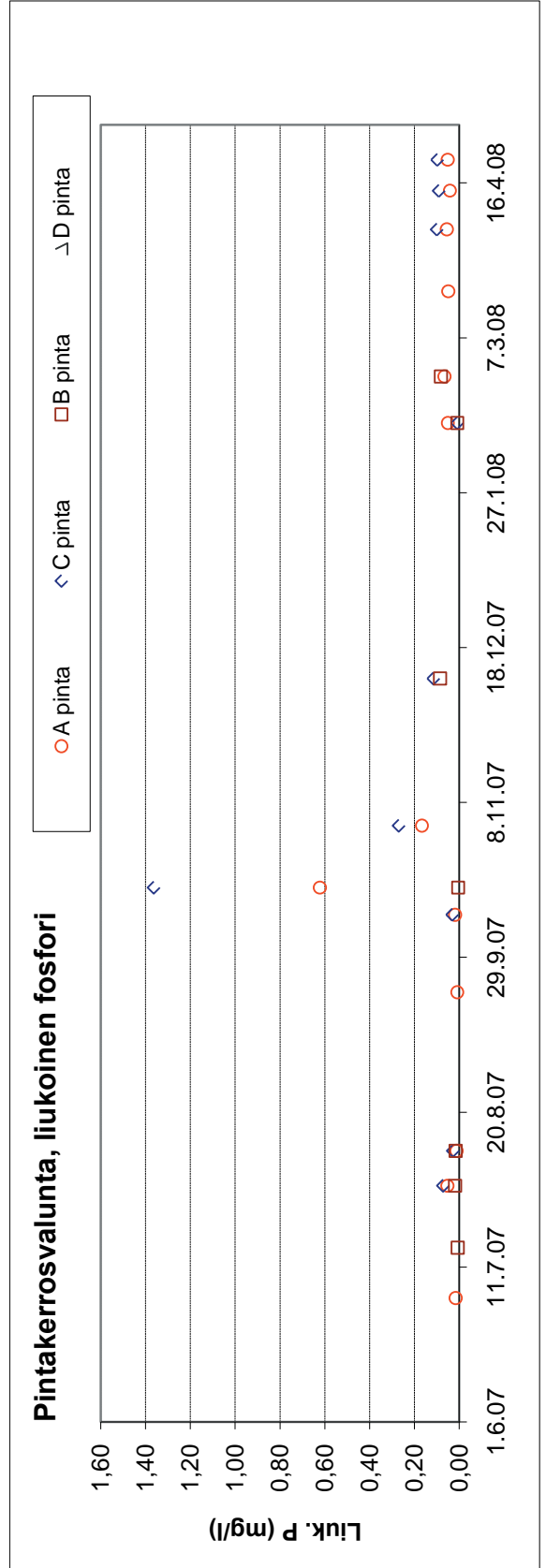
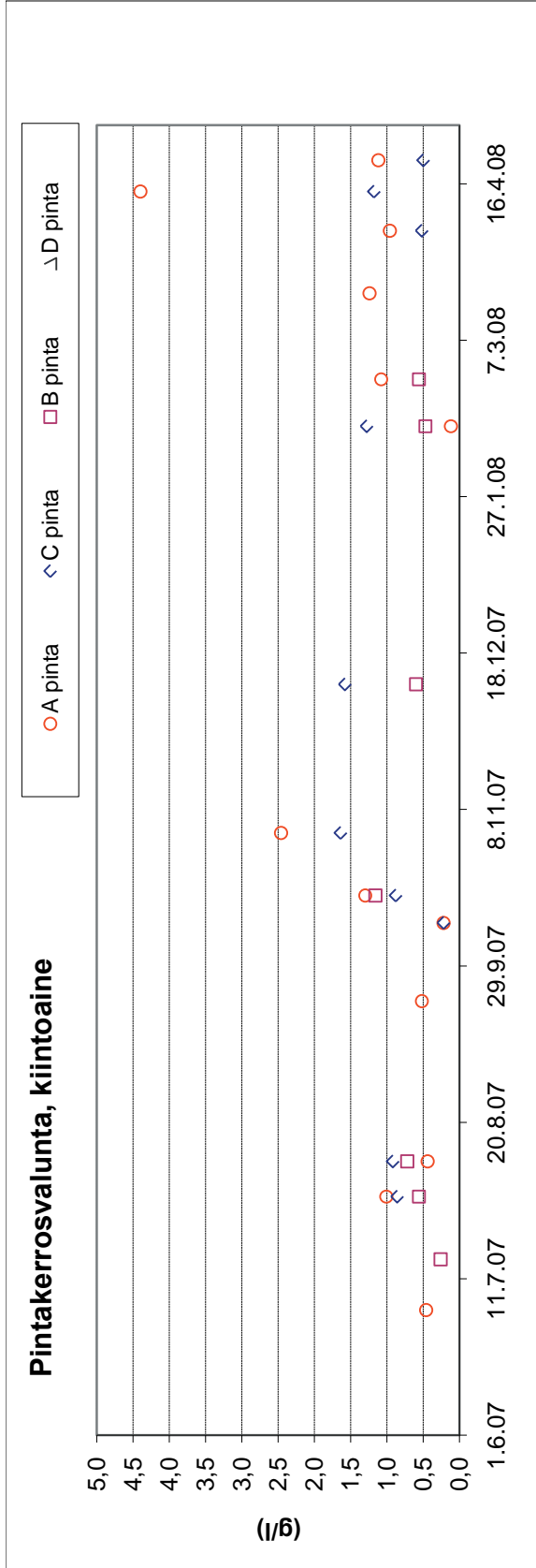


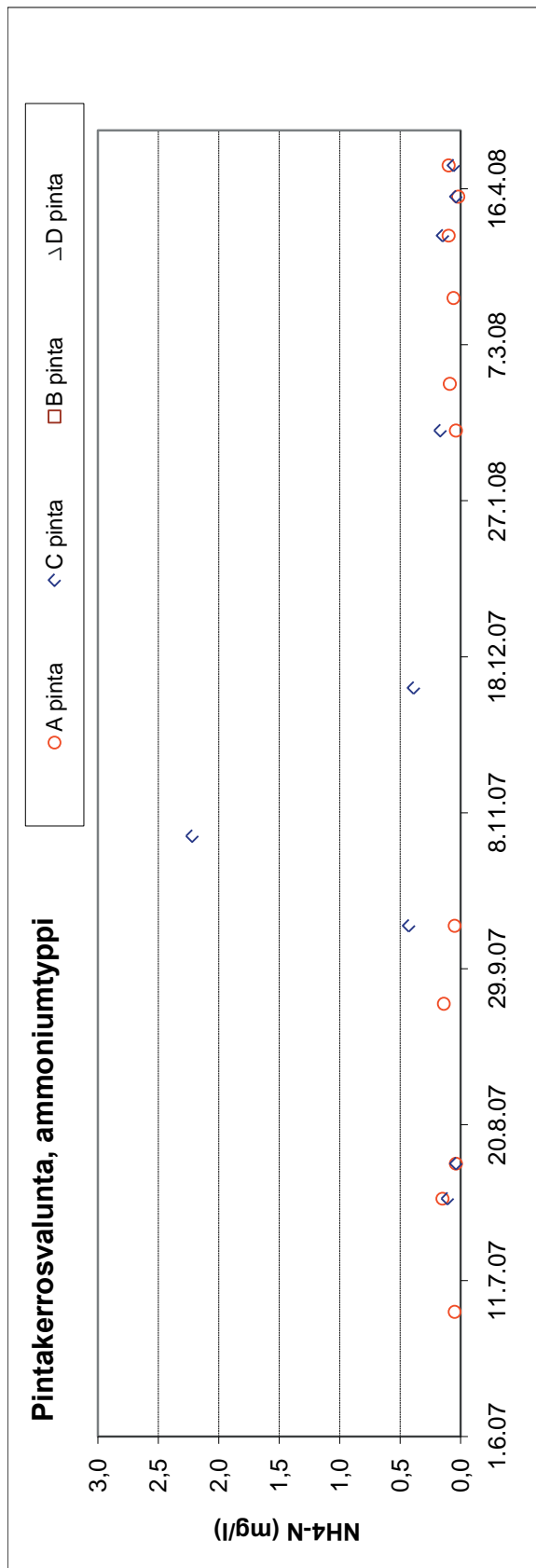
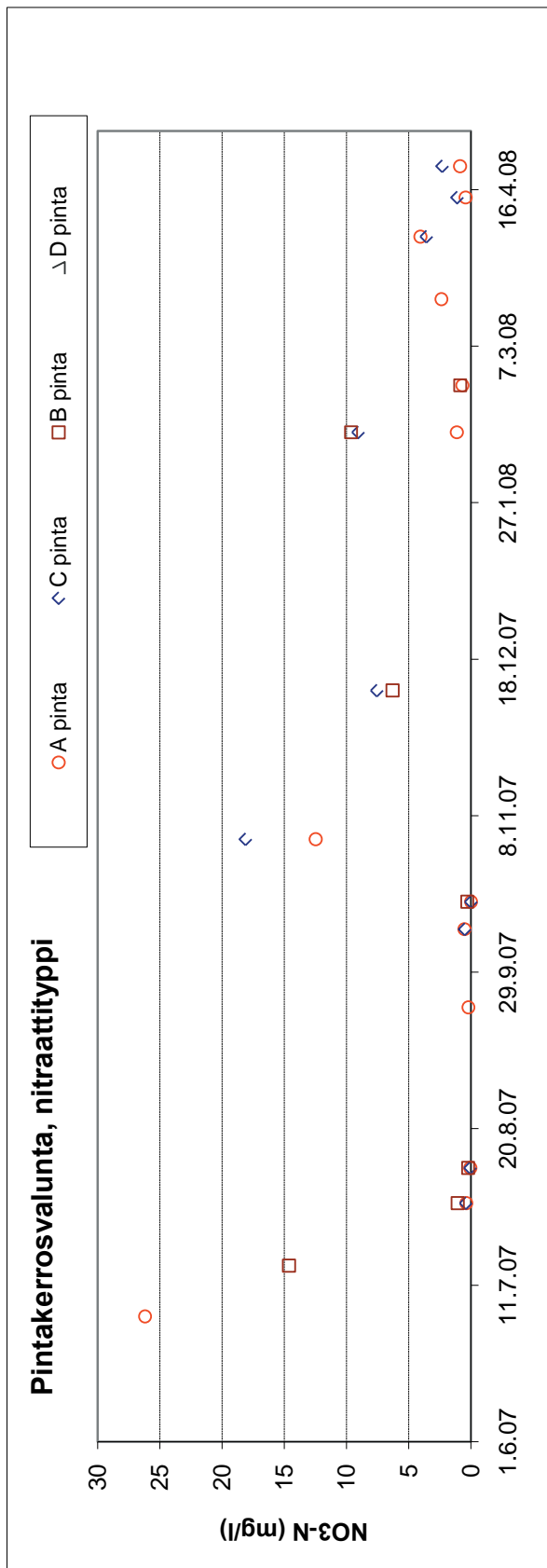






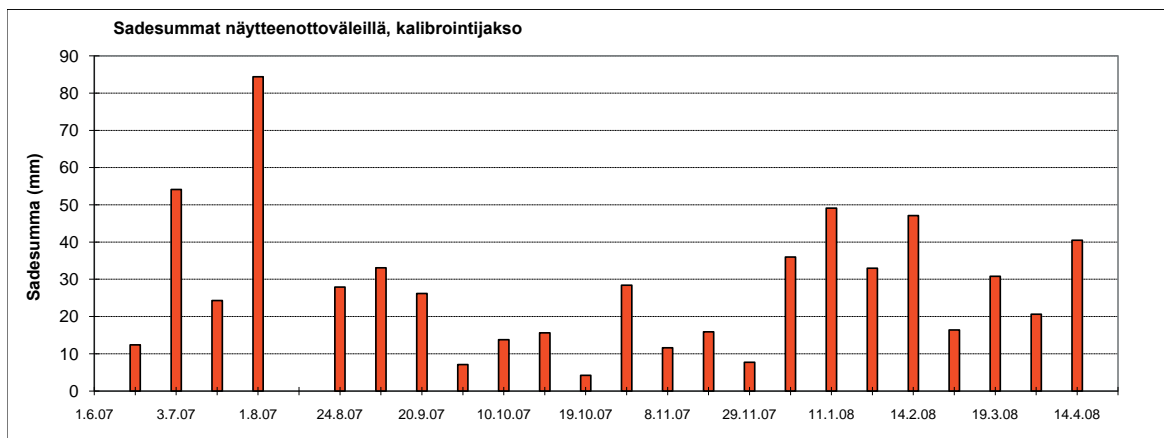




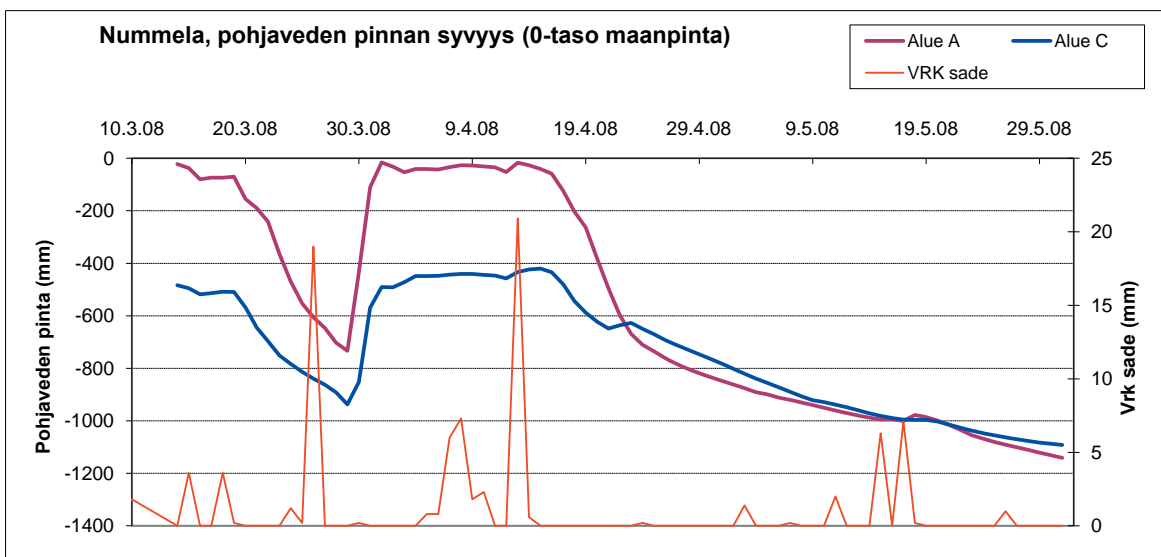




Luku 4. Liite 12. Nummela. Näytteenottovälien sadesummat kalibrointijaksolla 1.6.2007–31.5.2008.



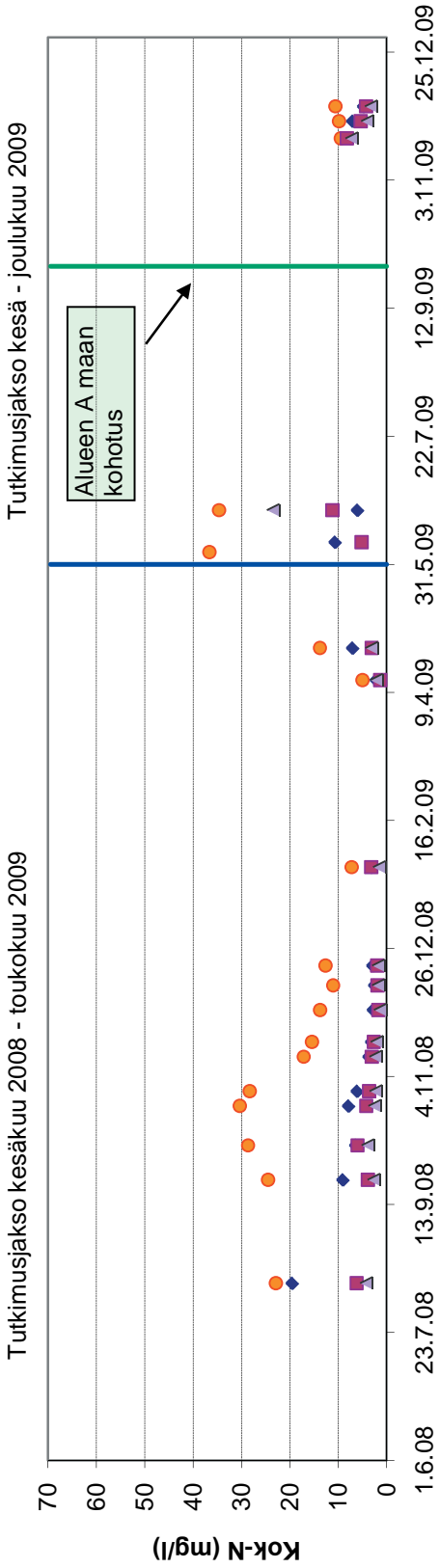
Luku 4. Liite 13. Nummela. Pohjavedenpinnan syvyys maanpinnasta kalibrointijaksolla 14.3.2008–31.5.2008. Automaattiset mittaukset.



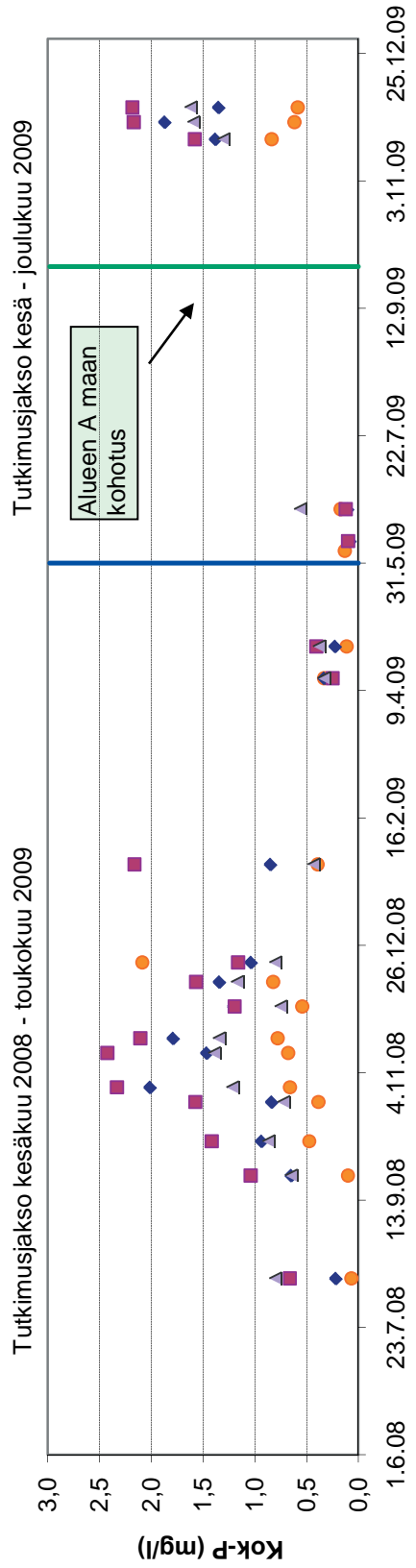
Luku 4. Liite I4. Nummela. Pohjavedenpinnan syvyys (keskiarvot ja -hajonnat) maanpinnasta kalibrointijaksolla 27.8.2007–31.5.2008. Manuaaliset mittaukset.

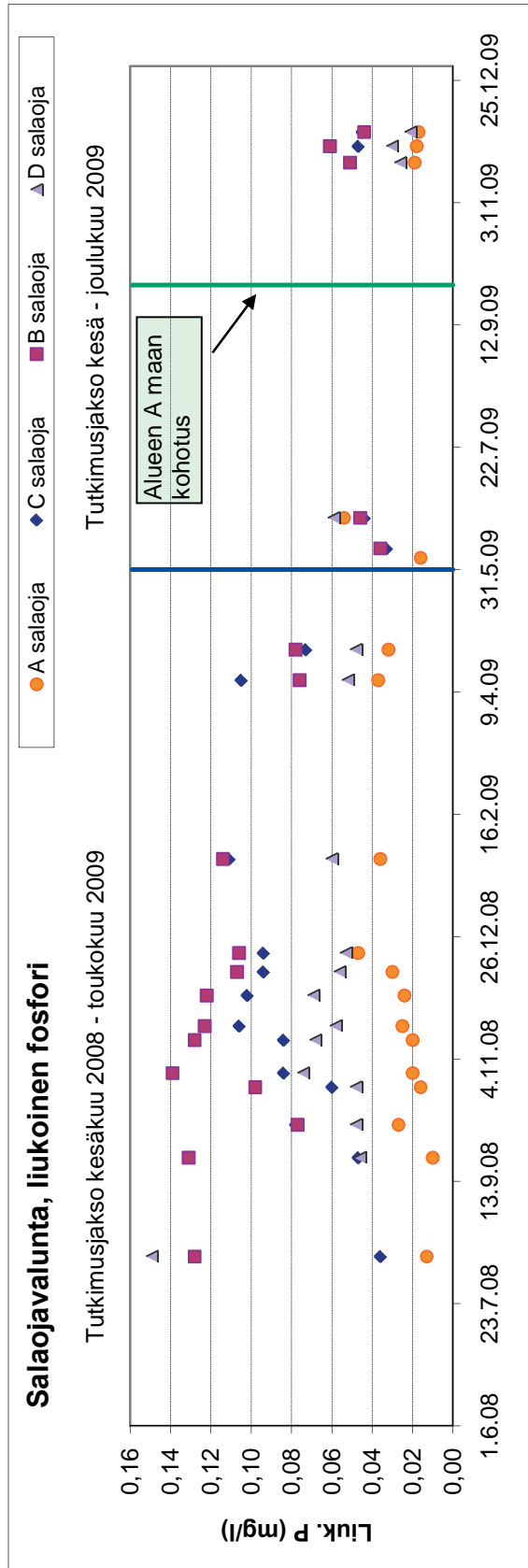
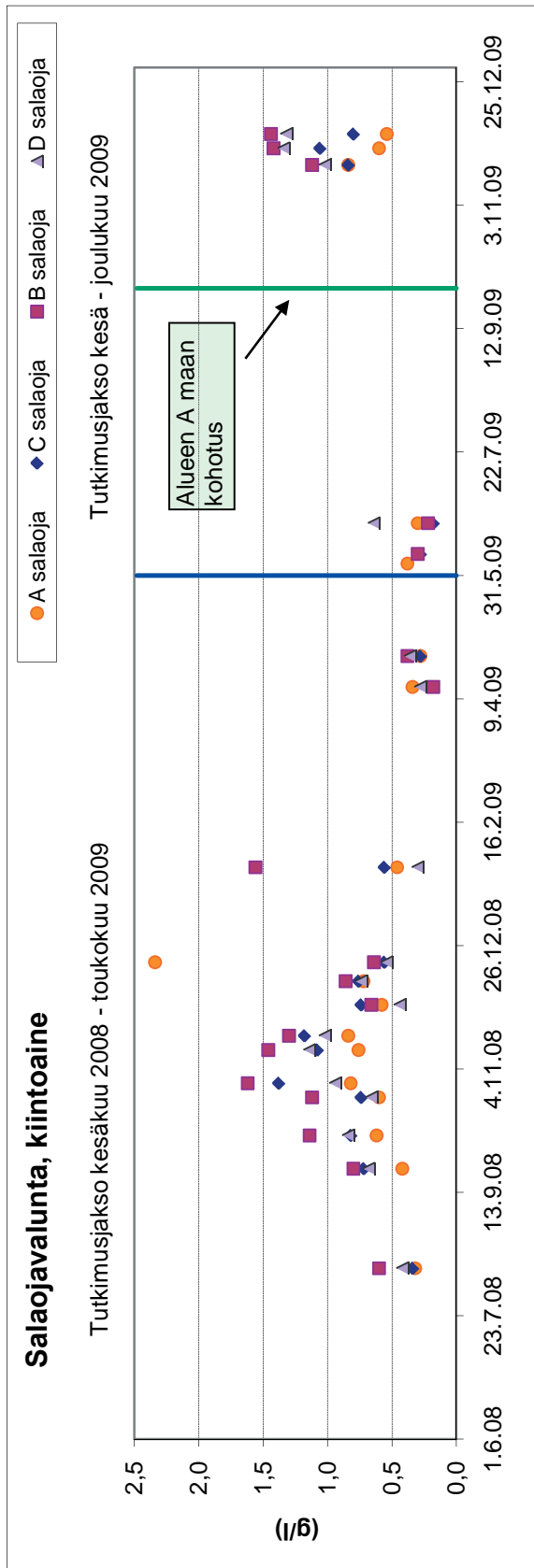
kalibrointijakso	A		B		C		D	
	kesk.	haj.	kesk.	haj.	kesk.	haj.	kesk.	haj.
27.8.2007	139	(5)	149	(7)	140	(4)	138	(14)
4.9.2007	105	(28)	100	(18)	106	(9)	18	(13)
11.9.2007	137	(6)	137	(14)	120	(4)	87	(44)
19.9.2007	97	(45)	76	(32)	54	(13)	15	(14)
26.9.2007	120	(22)	98	(50)	50	(12)	37	(42)
10.10.2007	103	(47)	94	(40)	46	(15)	8	(8)
16.10.2007	4	(3)	46	(32)	10	(16)	5	(5)
24.10.2007	92	(48)	87	(49)	26	(19)	33	(47)
29.10.2007	85	(50)	91	(35)	38	(20)	23	(27)
8.11.2007	3	(2)	51	(32)	9	(6)	8	(9)
13.11.2007	9	(6)	69	(43)	14	(18)	10	(10)
20.11.2007	22	(12)	69	(32)	23	(19)	22	(21)
26.11.2007	4	(2)	32	(33)	9	(11)	5	(2)
4.12.2007	8	(2)	38	(37)	20	(18)	9	(5)
10.12.2007	2	(2)	20	(25)	3	(1)	3	(1)
18.12.2007	82	(33)	108	(37)	55	(25)	76	(30)
11.1.2008	53	(22)	109	(36)	56	(22)	87	(25)
16.1.2008	4	(2)	23	(19)	7	(3)	26	(20)
23.1.2008	39	(9)	67	(37)	30	(14)	31	(9)
31.1.2008	80	(19)	103	(29)	61	(16)	84	(21)
6.2.2008	37	(32)	51	(17)	29	(19)	11	(2)
14.2.2008	6	(6)	21	(15)	7	(3)	3	(2)
19.2.2008	67	(30)	98	(32)	57	(19)	62	(15)
26.2.2008	84	(12)	88	(60)	29	(35)	93	(12)
3.3.2008	62	(49)	82	(53)	32	(36)	72	(38)
10.3.2008	104	(1)	101	(51)	41	(41)	96	(17)
19.3.2008	15	(9)	34	(27)	13	(3)	13	(6)
25.3.2008	75	(19)	92	(36)	50	(12)	48	(6)
31.3.2008	45	(32)	108	(31)	31	(33)	72	(14)
8.4.2008	5	(3)	20	(10)	5	(3)	2	(2)
14.4.2008	2	(2)	12	(11)	1	(1)	1	(1)
22.4.2008	53	(20)	71	(24)	35	(6)	42	(28)
28.4.2008	73	(17)	94	(28)	51	(7)	72	(26)
6.5.2008	86	(10)	107	(30)	63	(4)	94	(26)
12.5.2008	91	(7)	112	(31)	68	(3)	99	(25)
19.5.2008	94	(5)	115	(30)	71	(3)	103	(24)
26.5.2008	102	(5)	119	(29)	76	(4)	108	(23)
2.6.2008	108	(6)	122	(28)	78	(4)	111	(22)

### Salaojavalunta, kokonaistyyppi

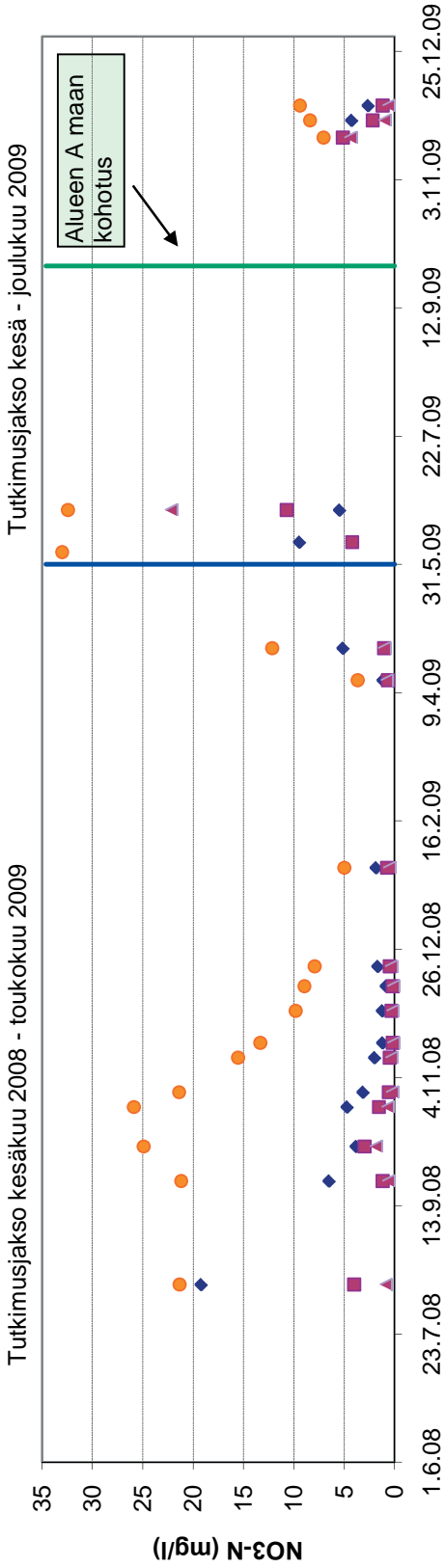


### Salaojavalunta, kokonaisfosfori

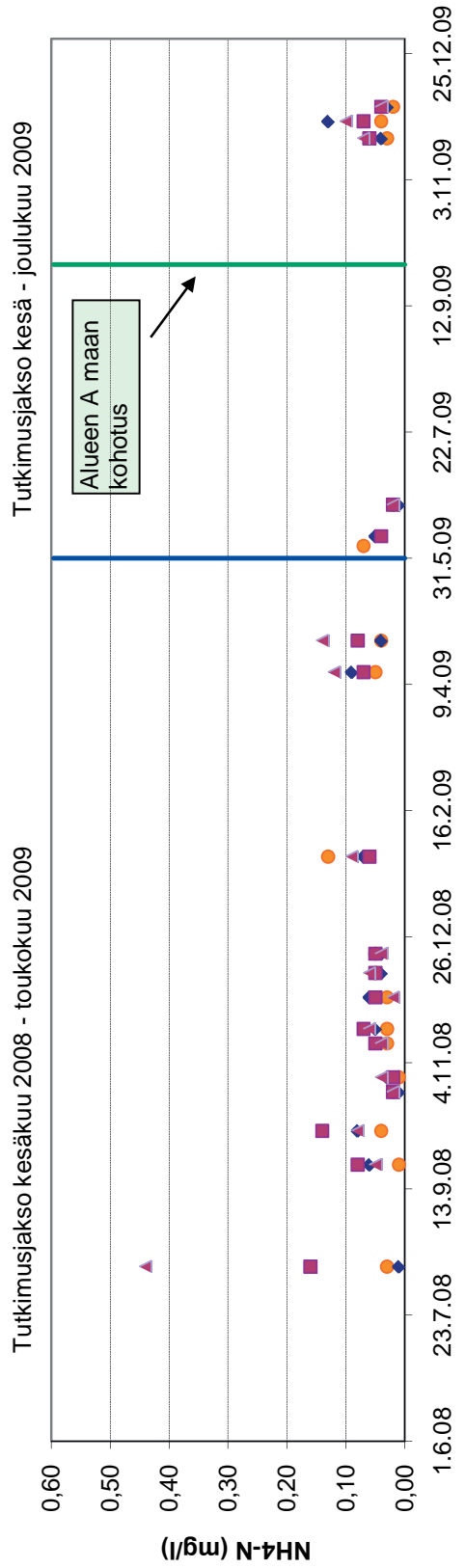


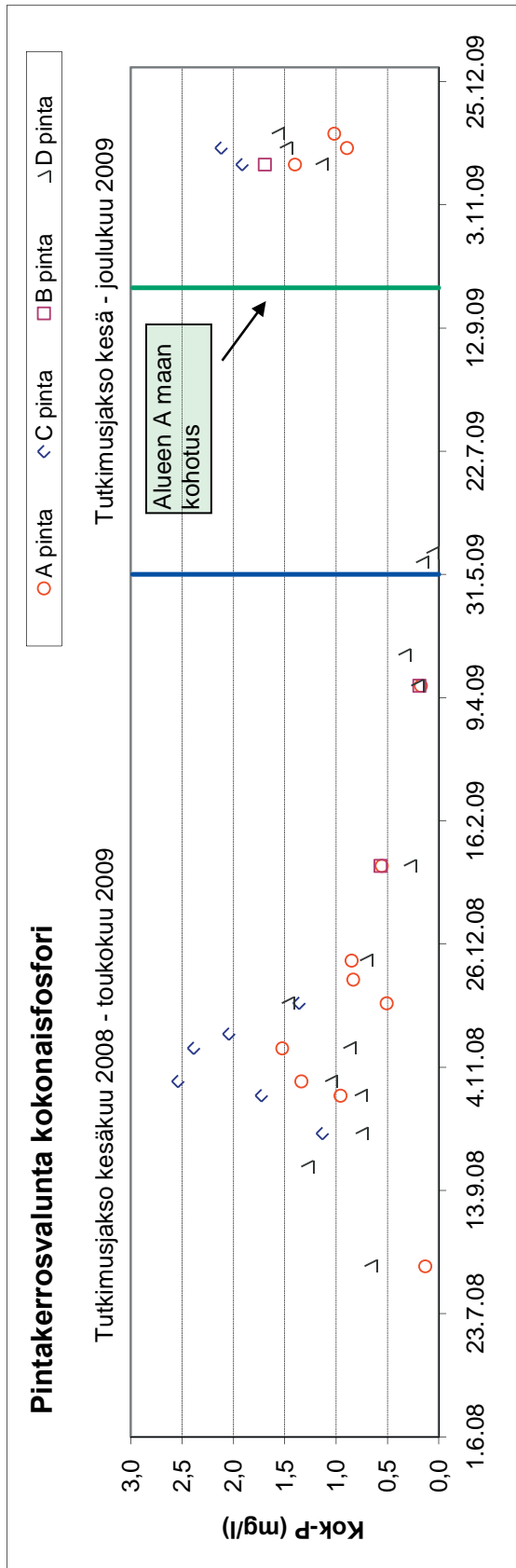
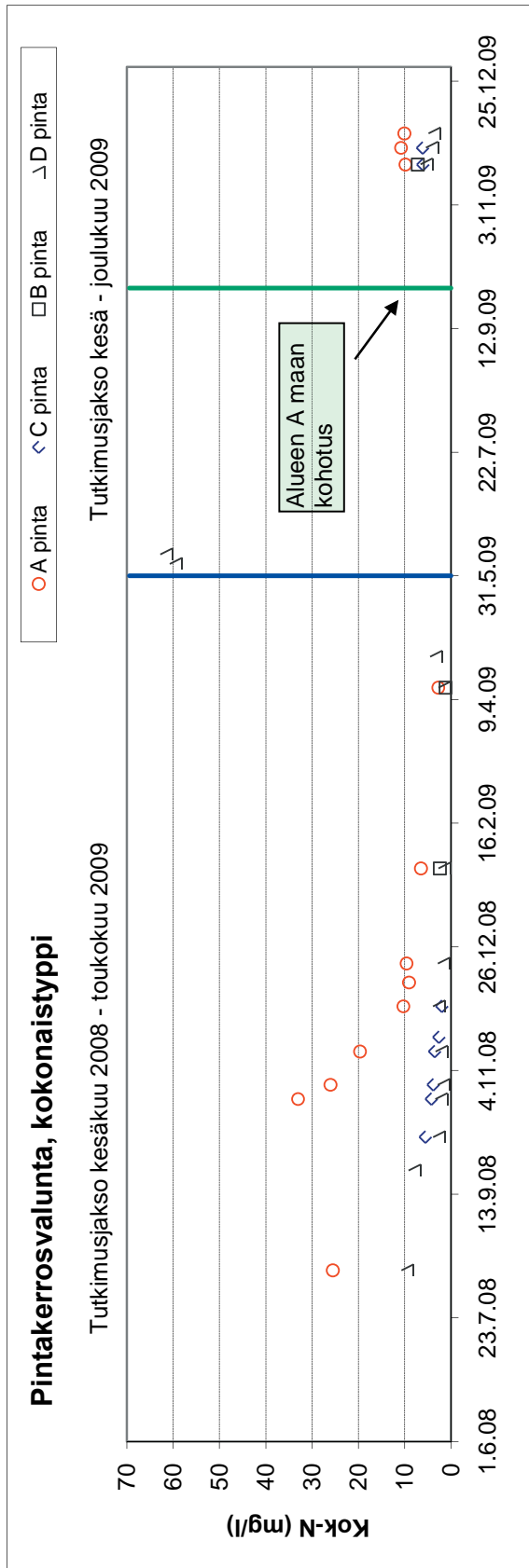


### Salaojavalunta, nitraattityppi

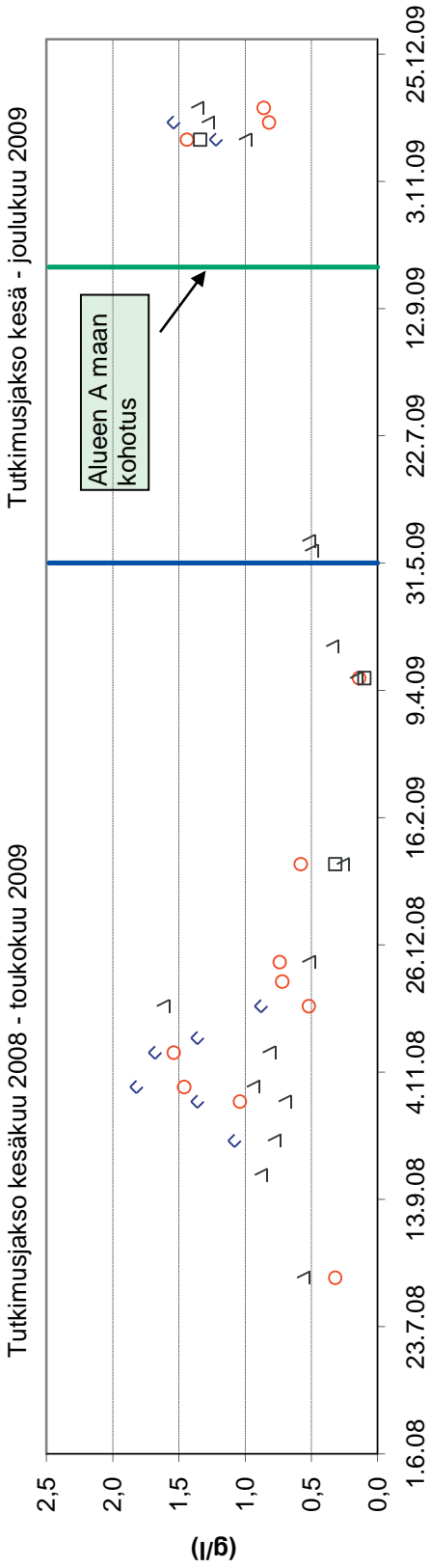


### Salaojavalunta, ammoniumtyppi

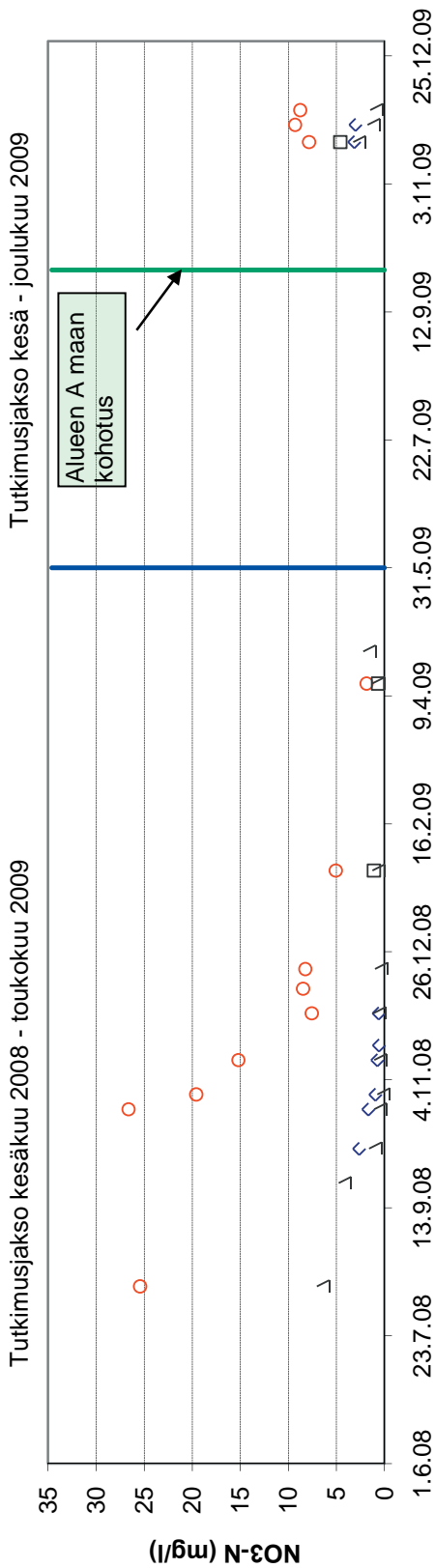




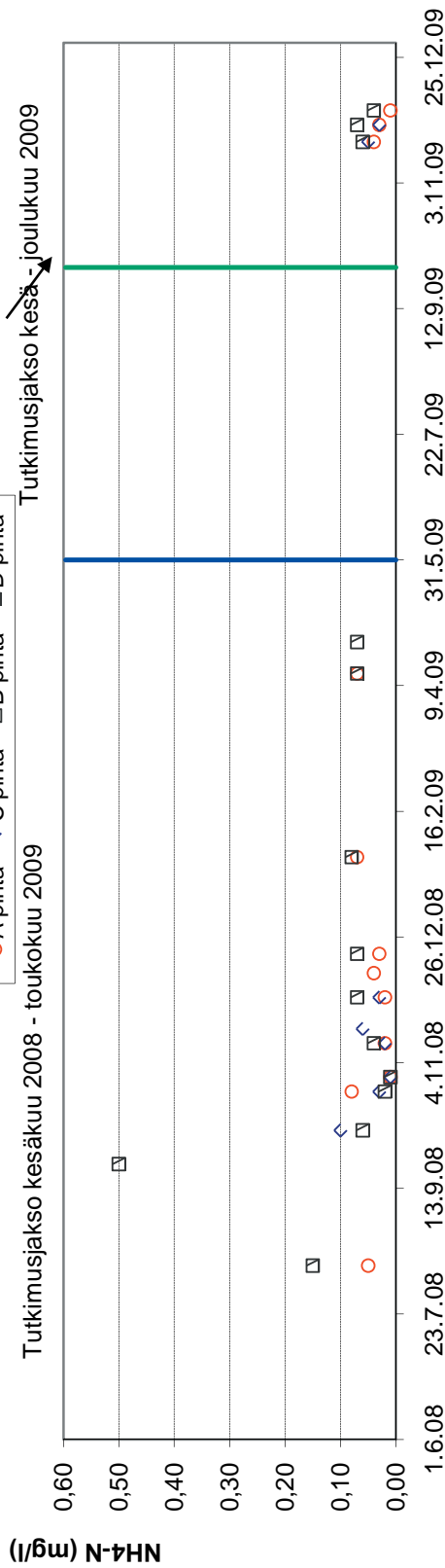
### Pintakerrosvalunta, kiintoaine



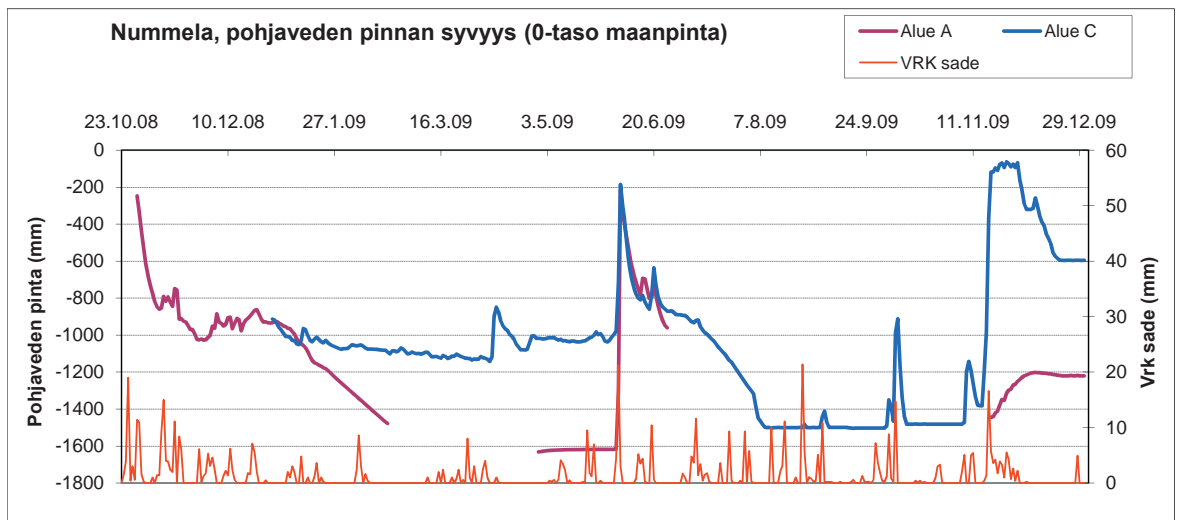
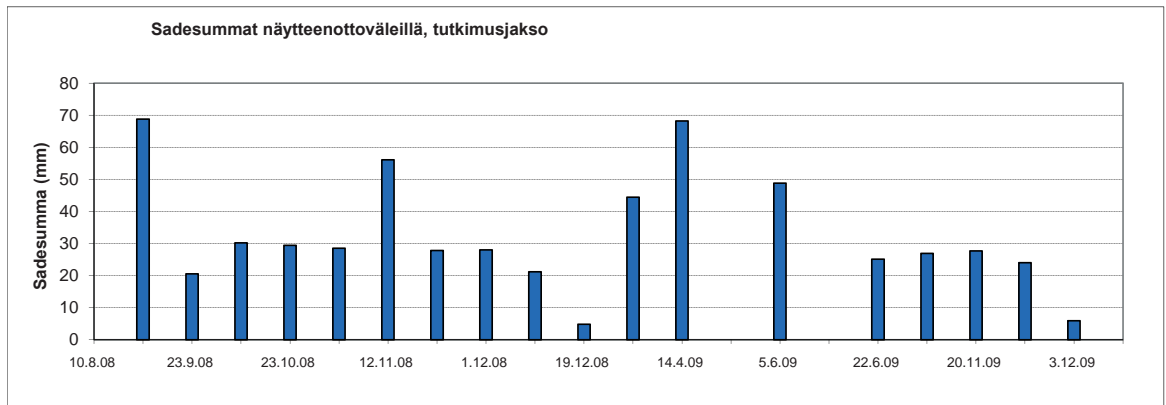
### Pintakerrosvalunta, nitraattityppi



### Pintakerrosvalunta, ammoniumtyppi







	A	B	C	D
<b>tutkimusjakso, täydennysojituksen jälkeen</b>				
23.10.2008	27 (23)	51 (41)	31 (15)	5 (8)
29.10.2008	19 (16)	32 (25)	19 (14)	3 (5)
3.11.2008	25 (21)	57 (50)	23 (16)	4 (4)
12.11.2008	29 (28)	13 (13)	13 (18)	2 (2)
18.11.2008	32 (27)	70 (48)	28 (19)	10 (8)
28.11.2008	35 (29)	49 (42)	26 (24)	6 (6)
4.12.2008	35 (28)	15 (10)	24 (21)	3 (3)
9.12.2008	42 (26)	75 (49)	35 (25)	15 (10)
19.12.2008	45 (29)	53 (22)	38 (25)	9 (6)
9.1.2009	86 (9)	110 (30)	93 (8)	102 (18)
15.1.2009	91 (20)	116 (26)	90 (7)	112 (18)
22.1.2009	109 (9)	121 (23)	97 (5)	121 (18)
28.1.2009	118 (9)	124 (21)	99 (5)	124 (17)
4.2.2009	128 (10)	128 (19)	100 (5)	127 (16)
11.2.2009	134 (12)	130 (18)	101 (5)	129 (15)
17.2.2009	140 (12)	132 (16)	102 (5)	129 (14)
25.2.2009	147 (12)	135 (14)	102 (4)	131 (13)
5.3.2009	151 (11)	137 (13)	104 (5)	133 (12)
10.3.2009	152 (10)	139 (13)	104 (4)	134 (11)
16.3.2009	153 (9)	140 (12)	106 (5)	134 (11)
25.3.2009	155 (8)	142 (12)	105 (4)	136 (11)
2.4.2009	156 (6)	144 (9)	109 (4)	139 (10)
16.4.2009	147 (22)	115 (20)	88 (11)	100 (54)
21.4.2009	149 (15)	130 (15)	95 (8)	98 (44)
27.4.2009	144 (17)	119 (19)	91 (6)	114 (28)
6.5.2009	146 (13)	129 (18)	96 (6)	124 (19)
11.5.2009	148 (12)	132 (16)	97 (5)	127 (17)
20.5.2009	151 (10)	134 (14)	98 (5)	132 (14)
26.5.2009	152 (11)	132 (17)	92 (8)	134 (13)
1.6.2009	154 (9)	133 (16)	94 (6)	135 (13)
8.6.2009	52 (16)	45 (17)	46 (5)	42 (51)
17.6.2009	83 (8)	87 (42)	77 (7)	61 (45)
22.6.2009	93 (7)	85 (42)	74 (9)	61 (43)
29.6.2009	108 (8)	102 (37)	85 (5)	90 (30)
6.7.2009	116 (9)	108 (31)	90 (4)	104 (27)
16.7.2009	130 (9)	120 (22)	98 (5)	116 (24)
22.7.2009	137 (10)	124 (19)	106 (6)	121 (22)
28.7.2009	145 (9)	130 (14)		
4.8.2009	152 (6)	137 (10)	127 (8)	130 (15)
13.8.2009	155 (5)	140 (5)	136 (7)	131 (11)
20.8.2009	157 (5)	142 (5)	143 (6)	134 (10)
28.8.2009	140 (26)	144 (7)	136 (17)	124 (11)
4.9.2009	139 (34)	146 (5)	135 (20)	128 (16)
11.9.2009	149 (18)	147 (7)	144 (7)	133 (4)
17.9.2009	153 (10)	147 (8)	146 (6)	136 (2)
23.9.2009	156 (6)	147 (7)	147 (6)	138 (4)

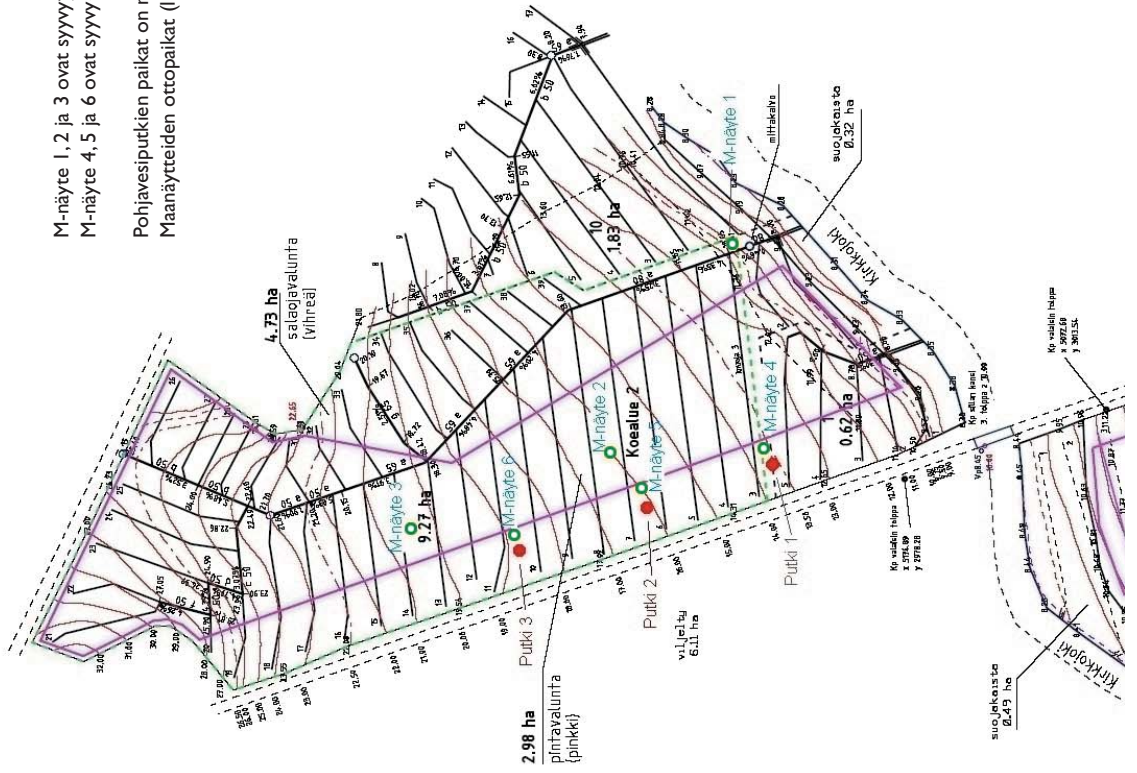
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>tutkimusjakso, jankkuroinnin jälkeen</b>				
23.11.2009	105 (41)	10 (2)	13 (3)	5 (4)
30.11.2009	92 (34)	7 (1)	12 (4)	4 (4)
7.12.2009	108 (18)	51 (56)	31 (9)	23 (27)
15.12.2009	122 (13)	72 (63)	52 (12)	51 (33)
21.12.2009	131 (12)	105 (46)	71 (7)	87 (32)
28.12.2009	136 (12)	106 (37)	84 (5)	103 (26)
4.1.2010	143 (10)	112 (33)	92 (3)	115 (23)
11.1.2010	148 (8)	118 (27)	97 (2)	121 (20)
18.1.2010	152 (7)	121 (25)	100 (3)	126 (19)
26.1.2010	153 (5)	126 (22)	103 (3)	129 (15)
5.2.2010	154 (4)	128 (19)	104 (4)	130 (14)
11.2.2010	154 (4)	129 (19)	105 (4)	131 (13)

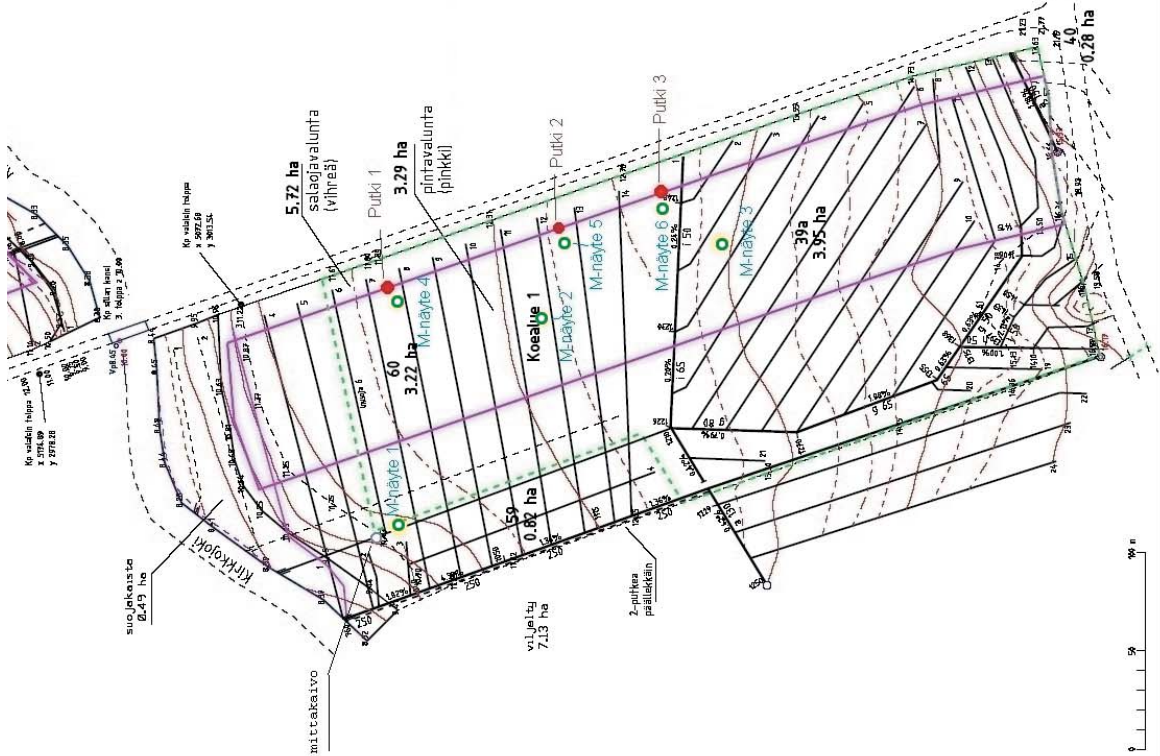


M-näyte 1, 2 ja 3 ovat syyydydeltä 20-100 cm  
M-näyte 4, 5 ja 6 ovat syyydydeltä 0-20 cm

Pohjavesipunkkien paikat on merkitty punaisilla ympyröillä  
Maanäyrtteiden ottopaikat (liikimääräiset) on merkitty vihreillä ympyröillä

### KOEALUE I

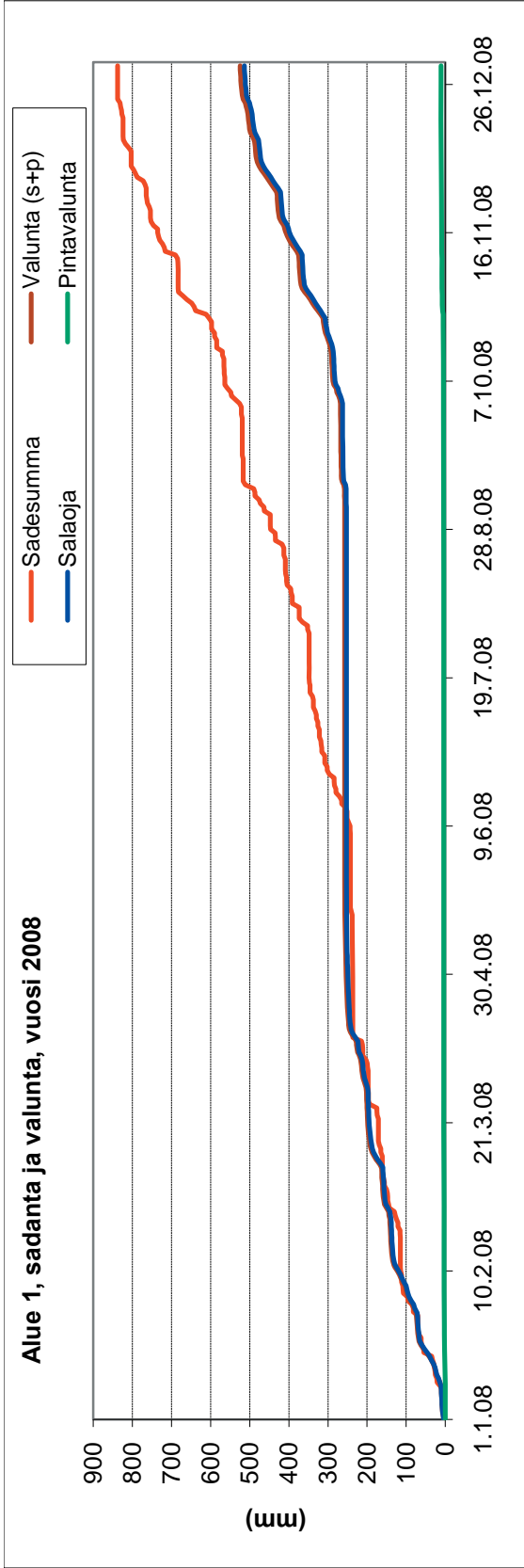




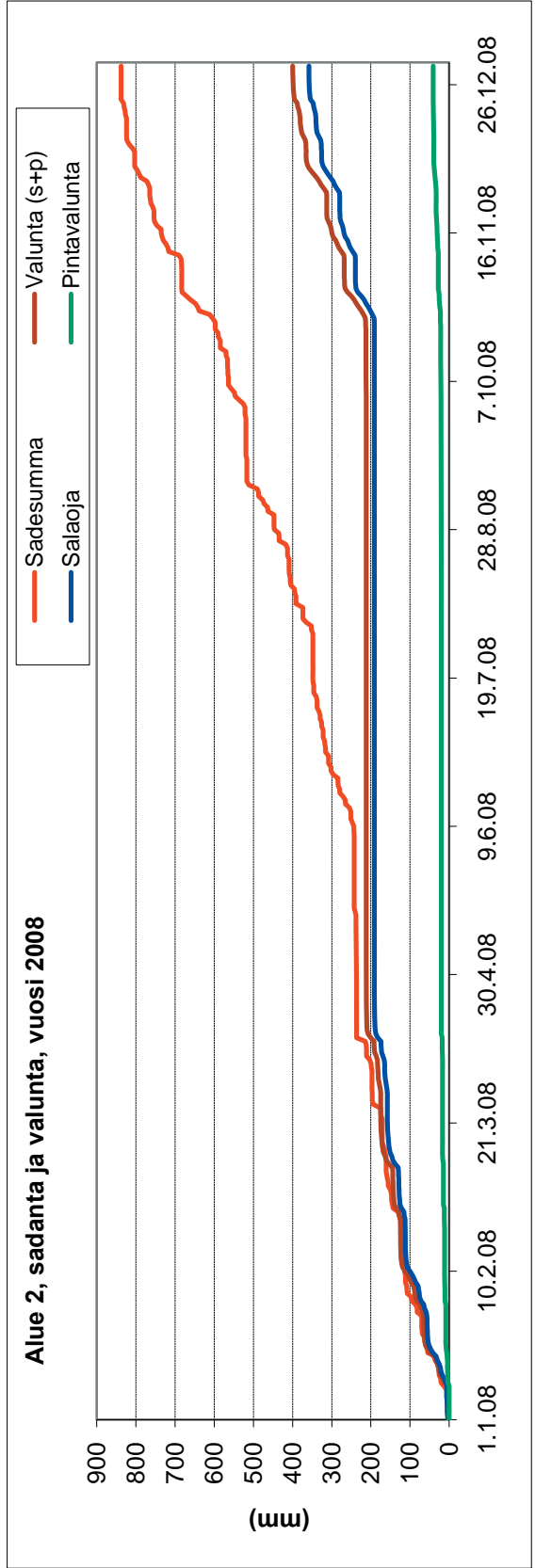
KOEALUE 2

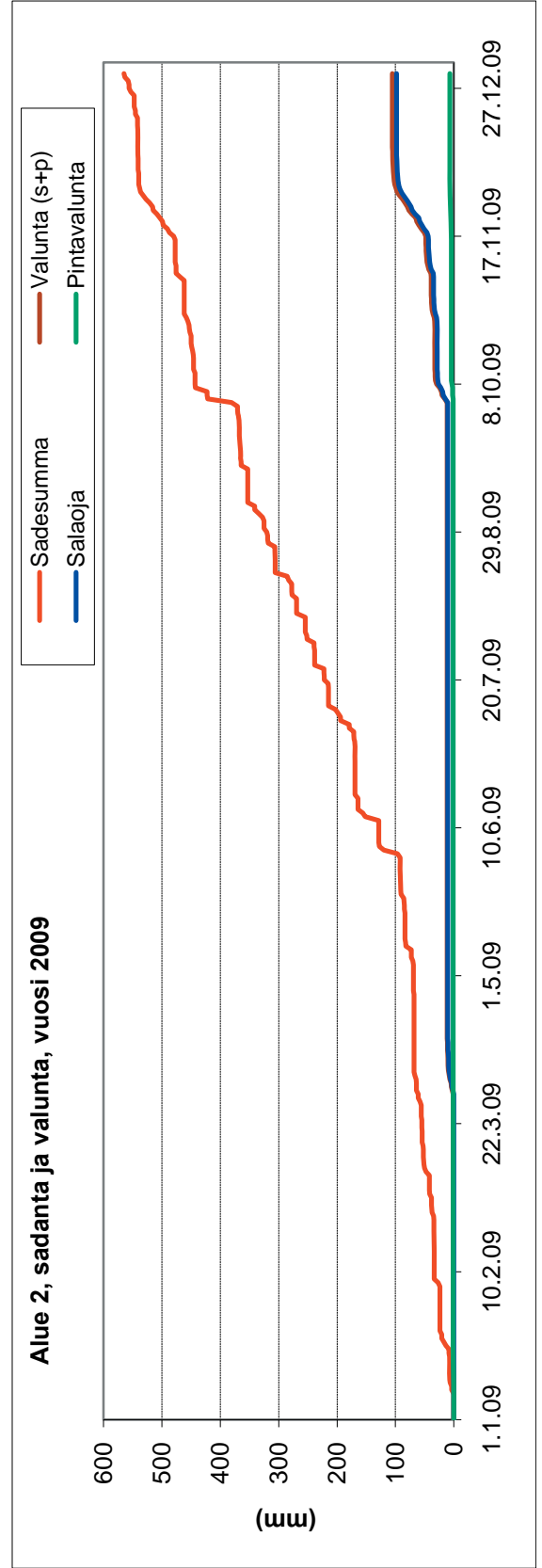
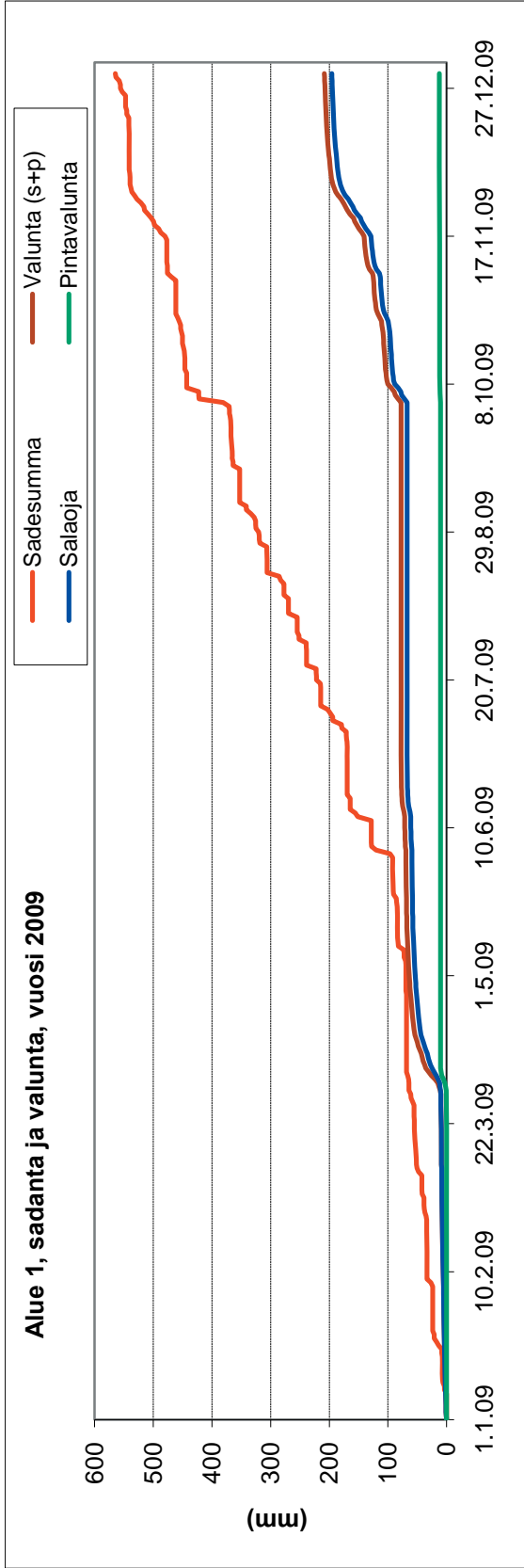
PINTAKARTTA	TM 1:2000	TW 1:2000
Kunta : Siuntio	Omistaja:	
Kylä :	Osoite :	
Tila : Gårdskulla		
Peltoa:	Päivys : 17.1.2007	
Etelä-Suomen Salaajakeskus		Kartt: J. Vinta

Alue 1, sadanta ja valunta, vuosi 2008

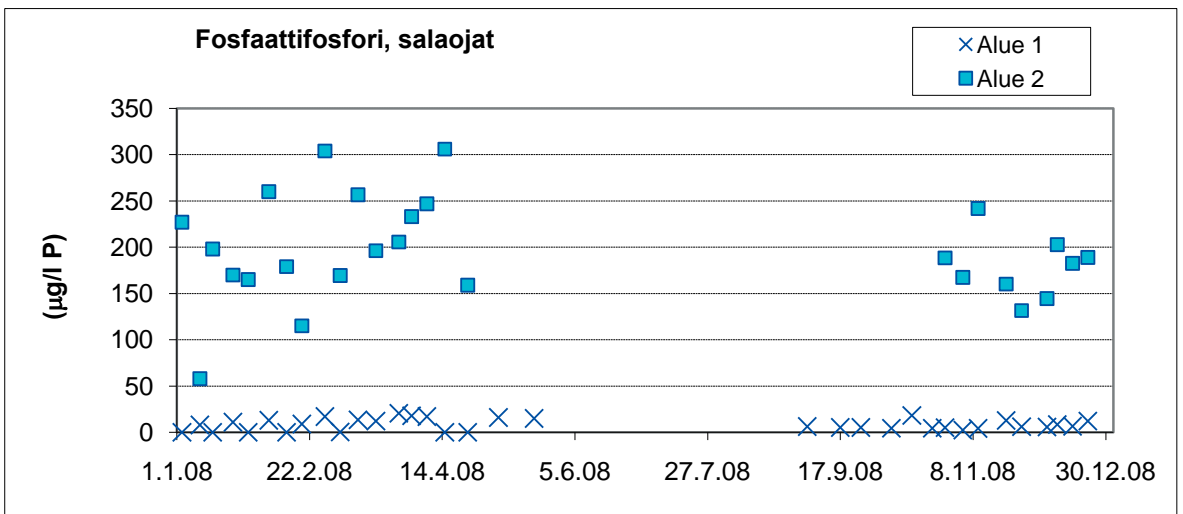
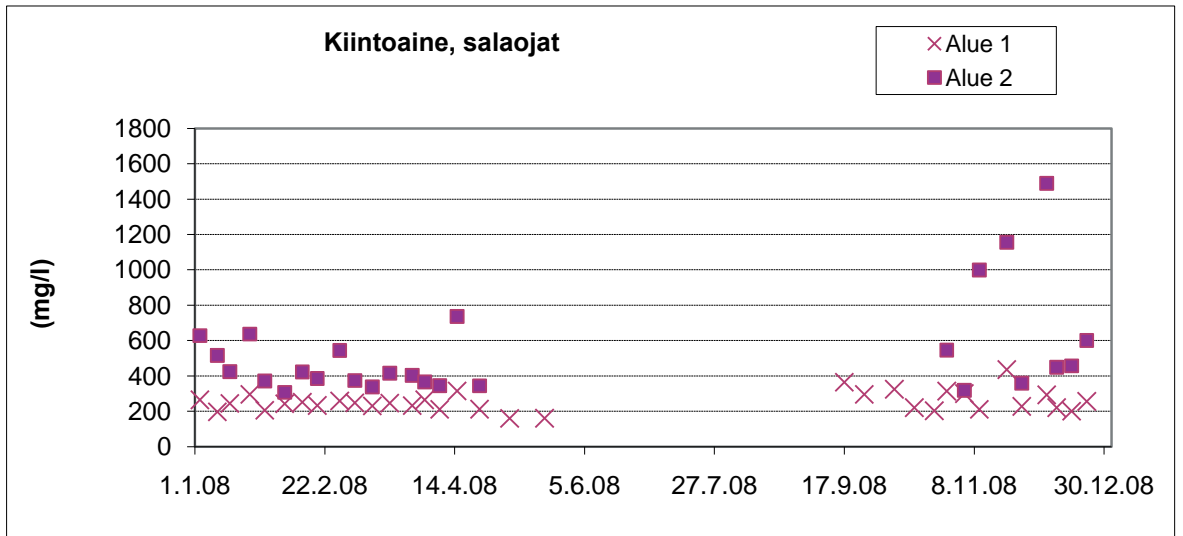
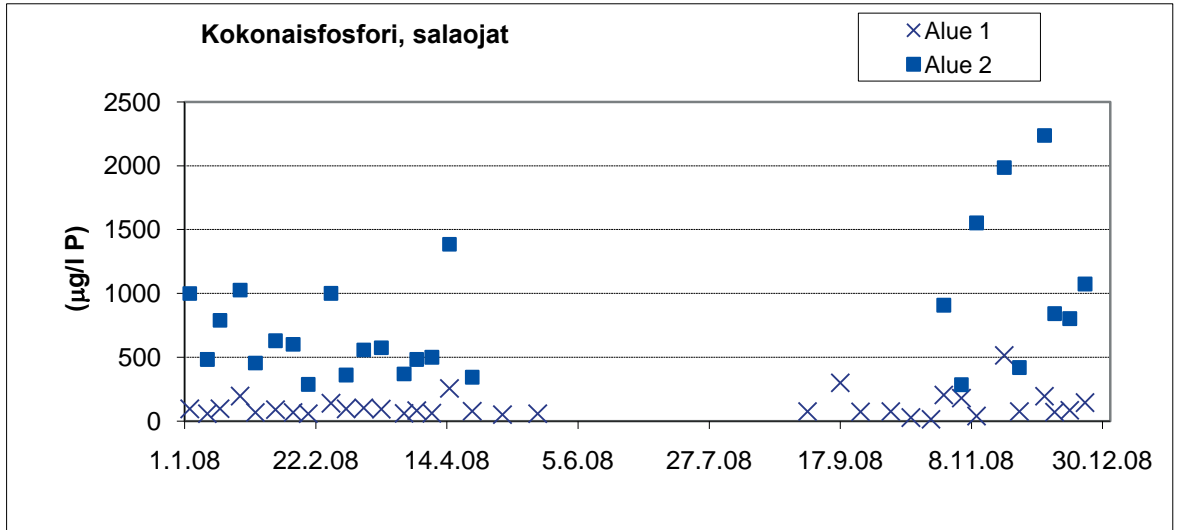


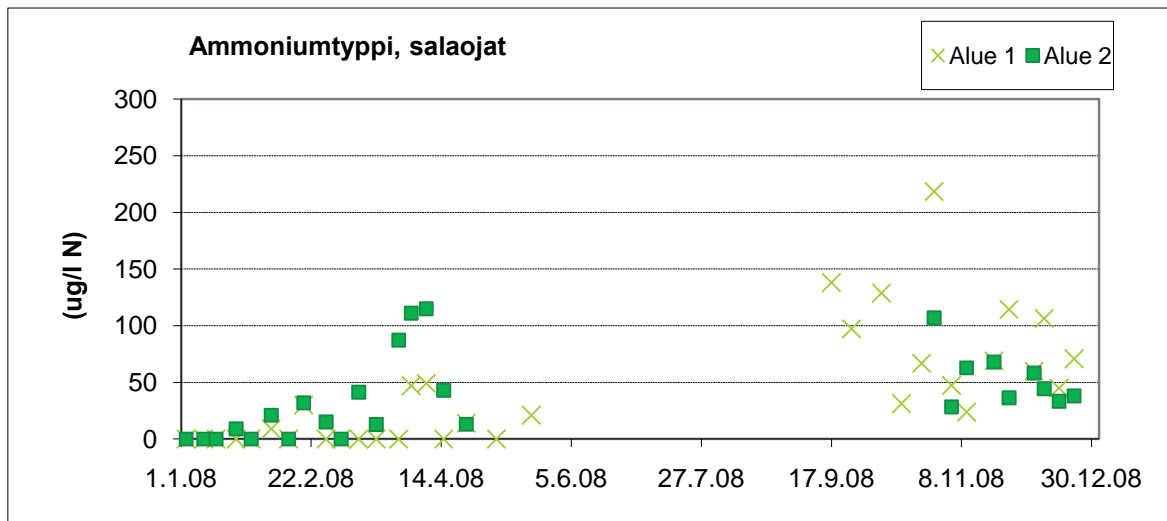
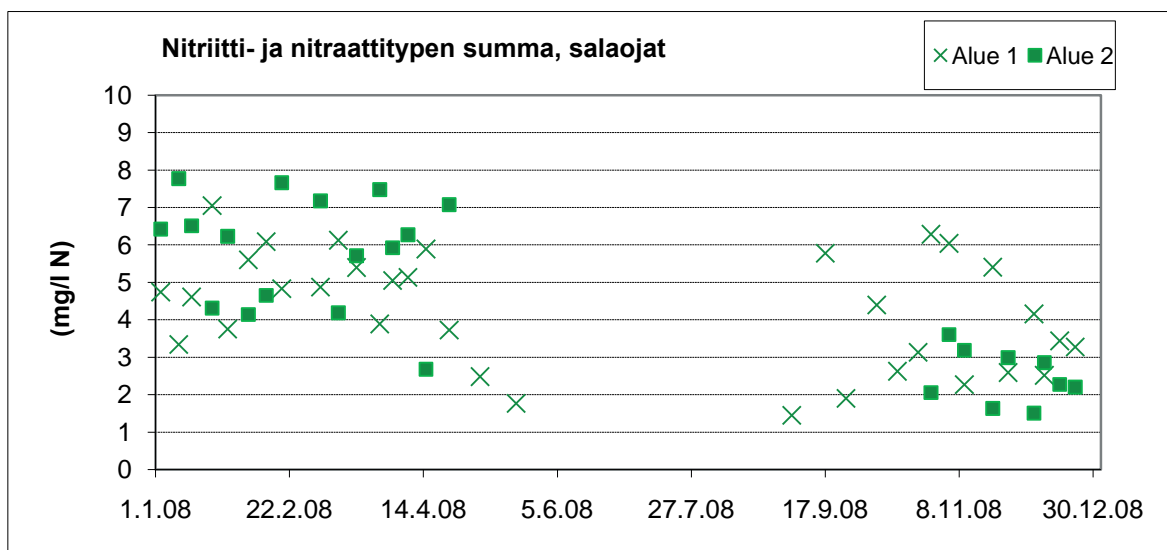
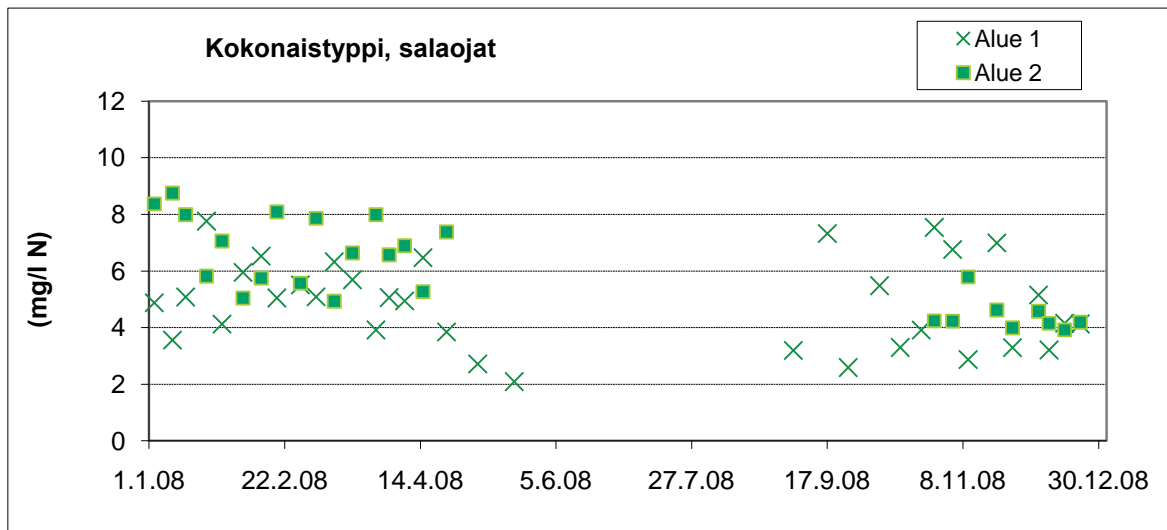
Alue 2, sadanta ja valunta, vuosi 2008

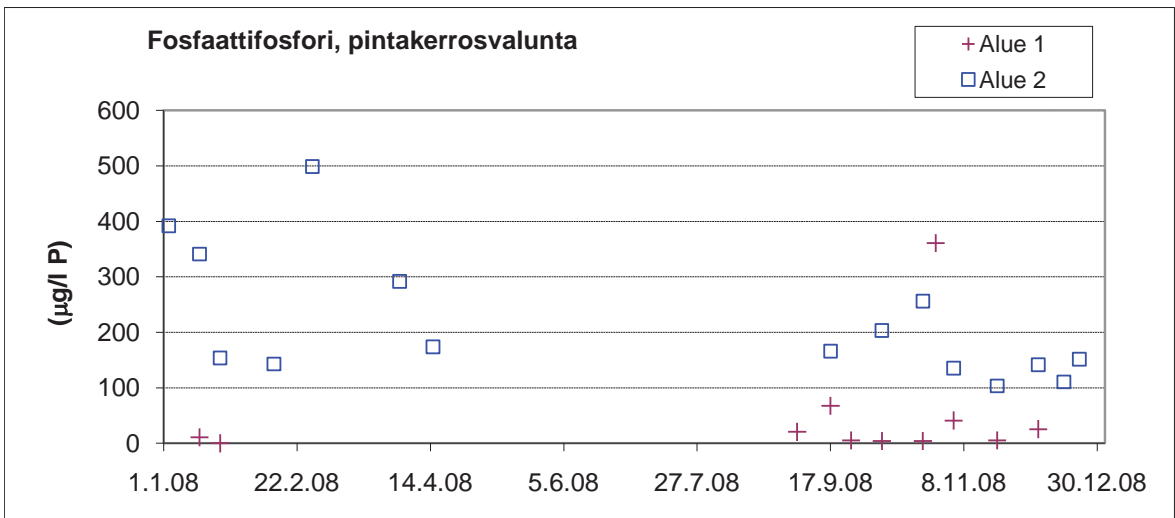
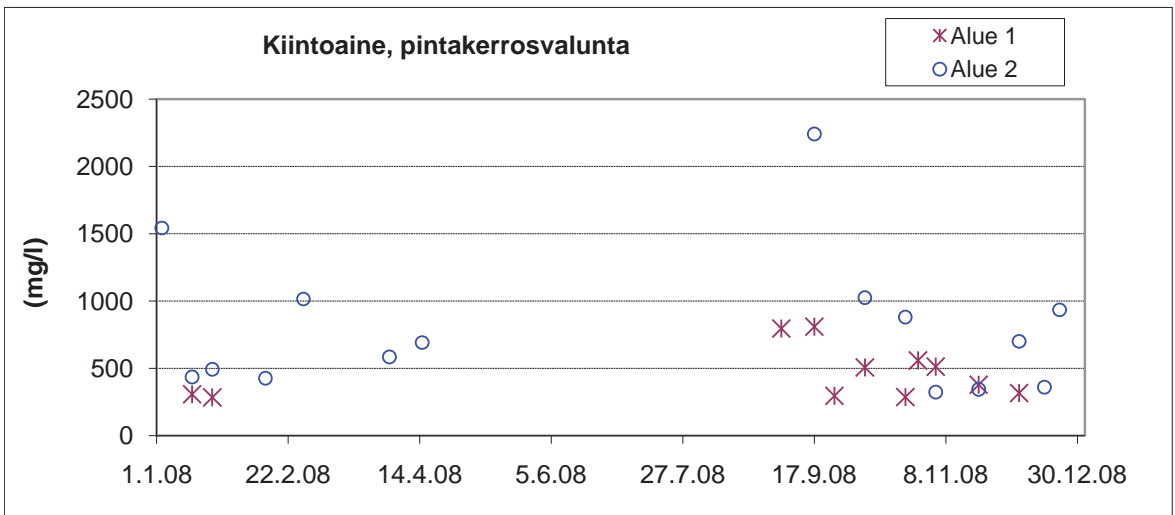
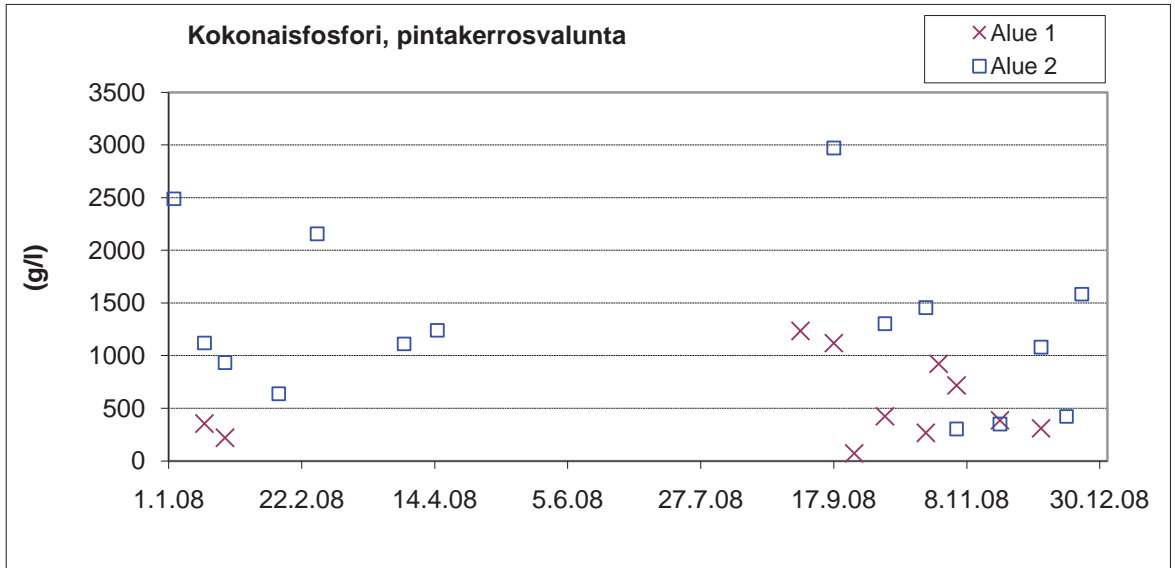


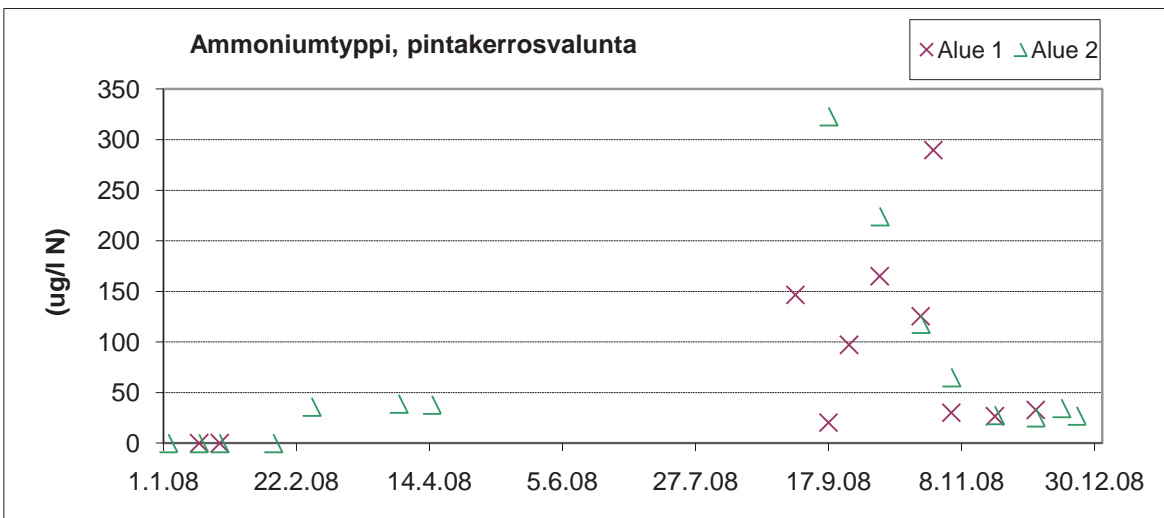
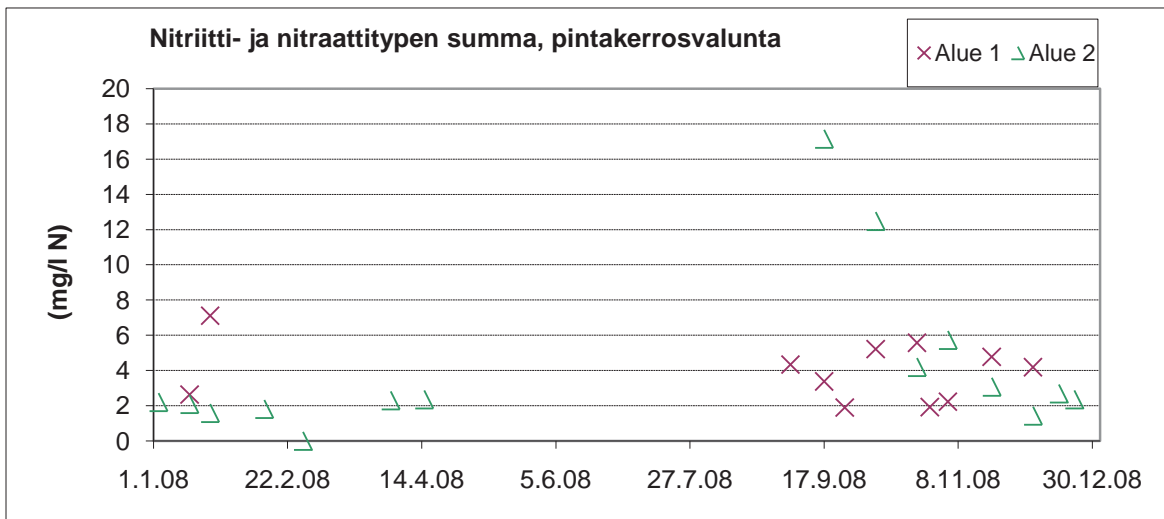
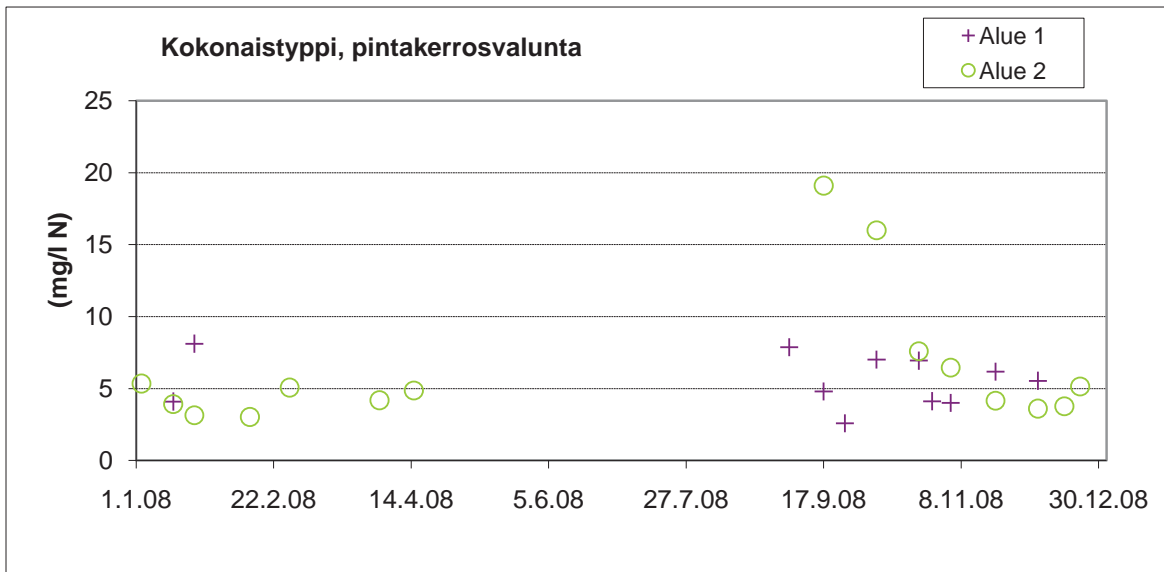


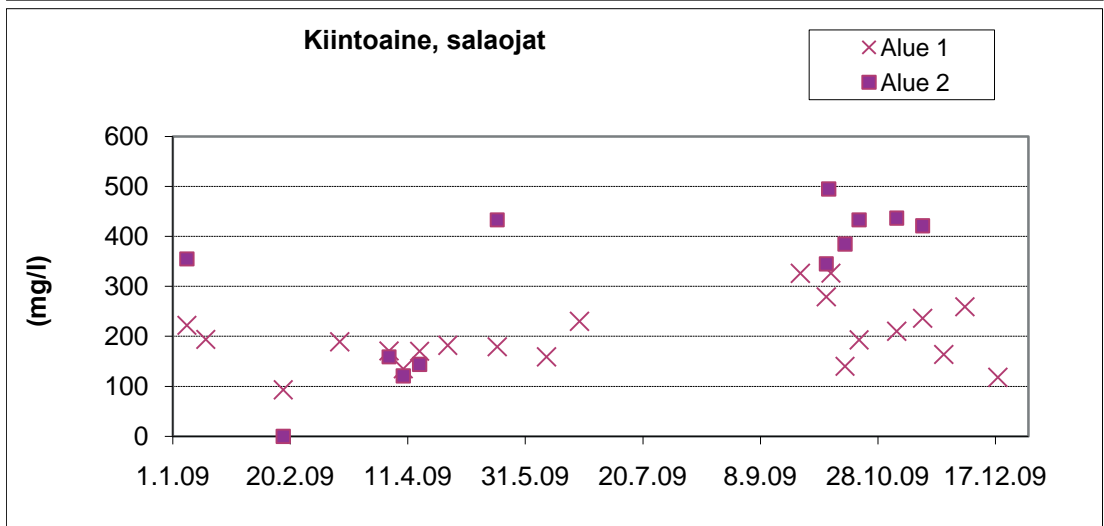
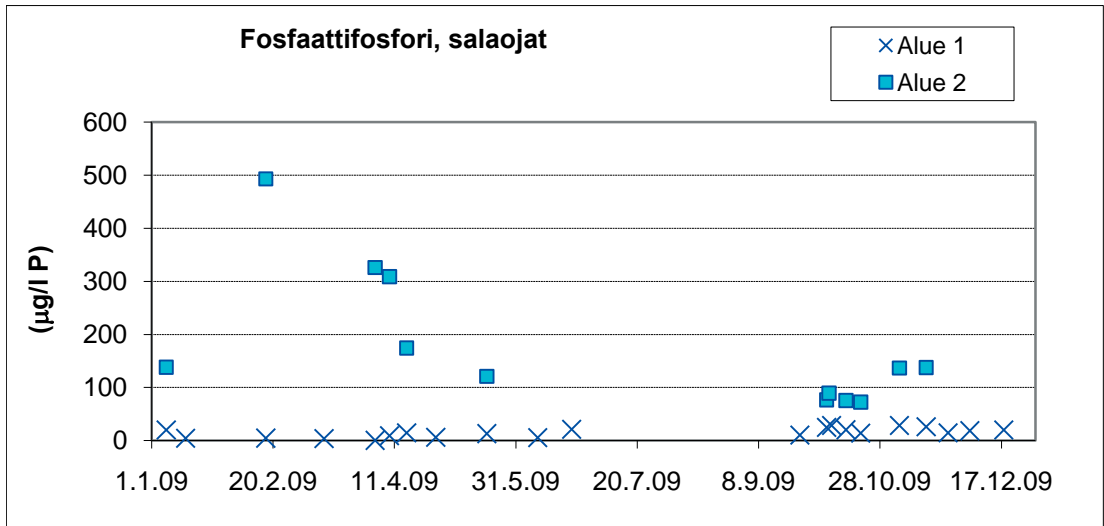
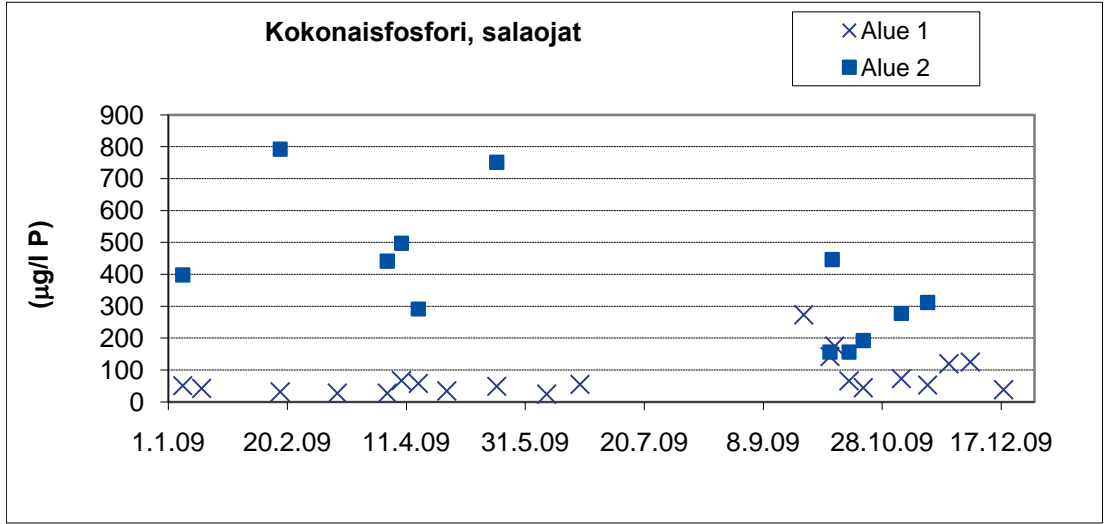


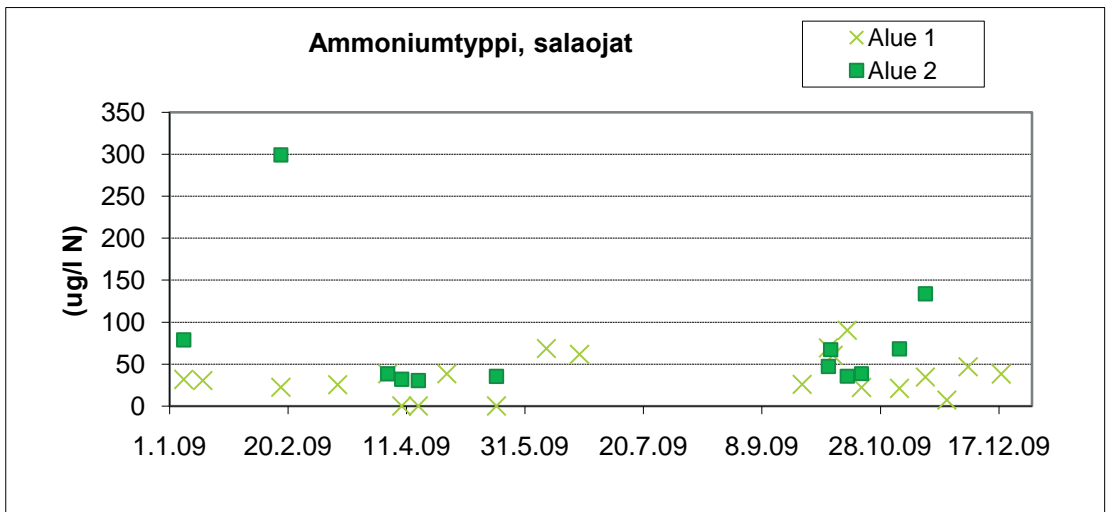
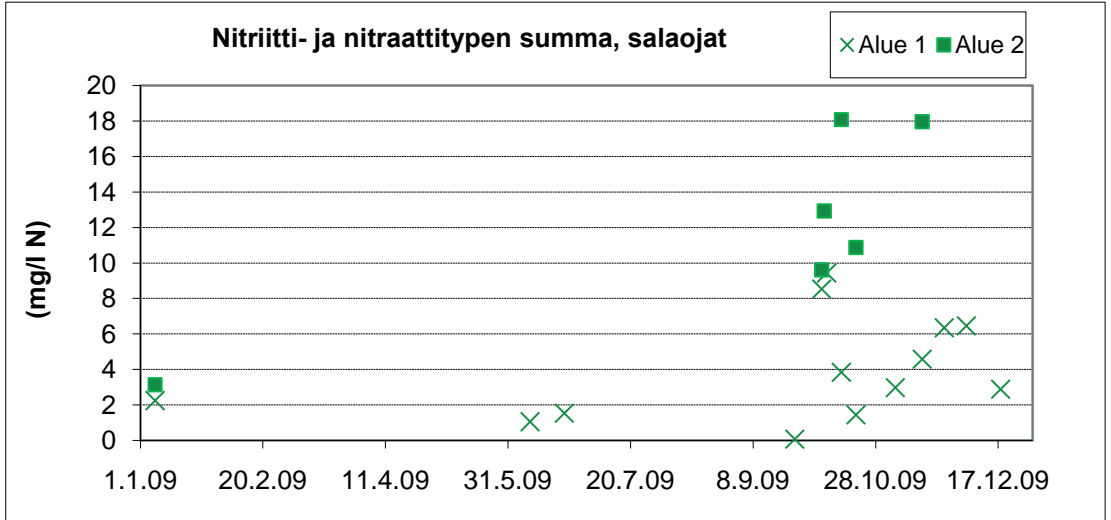
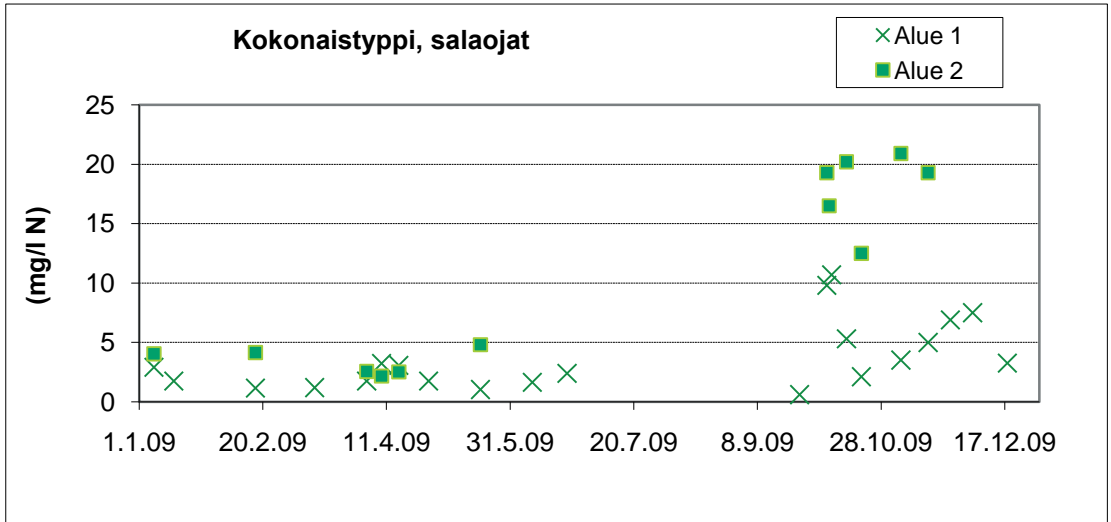


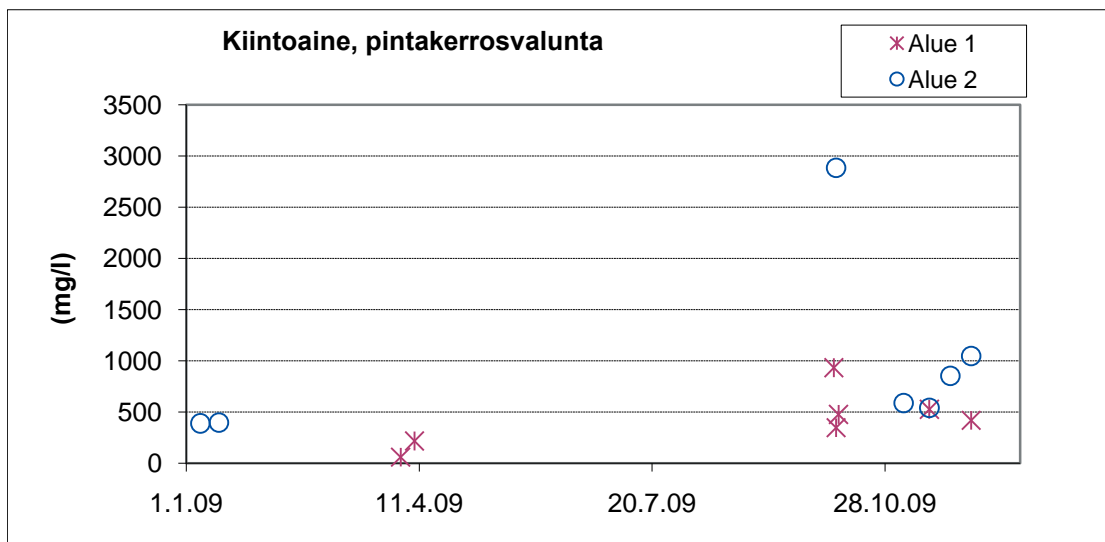
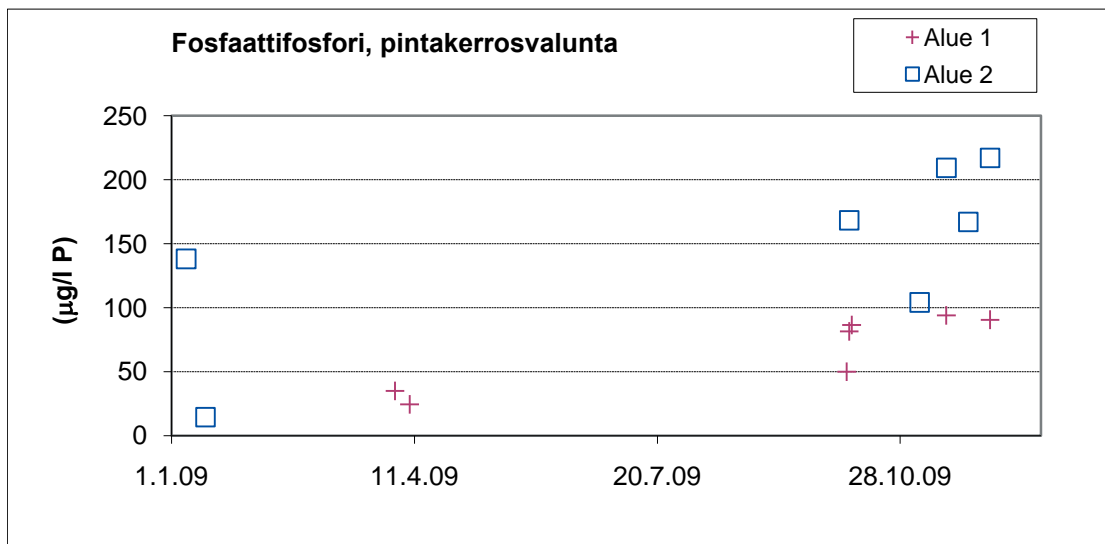
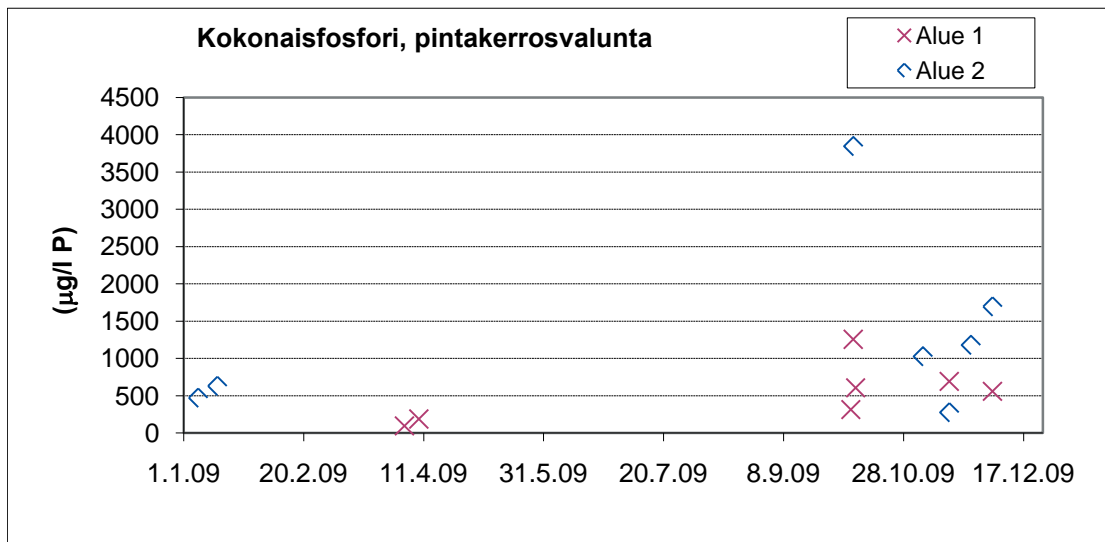


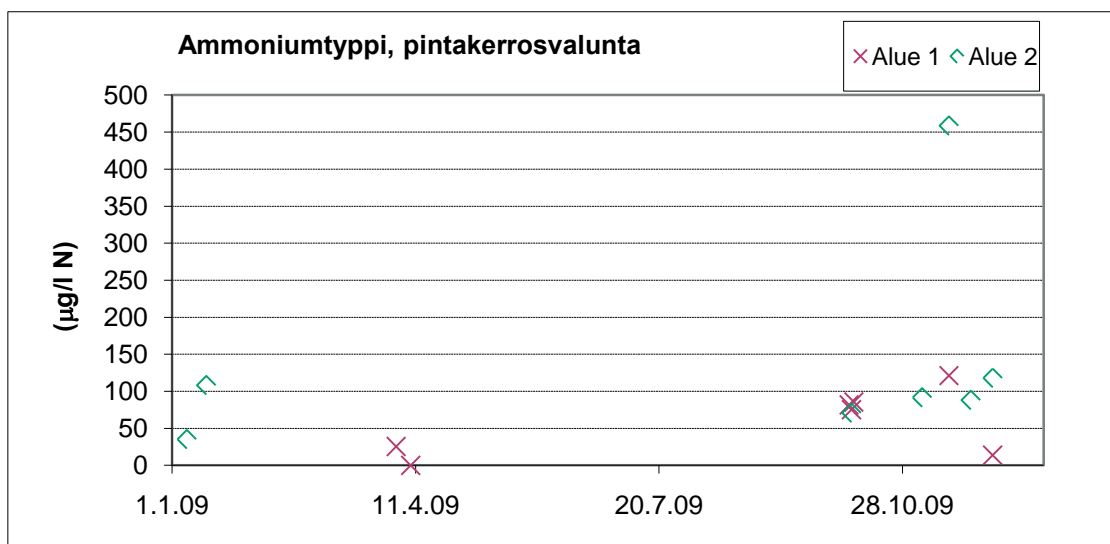
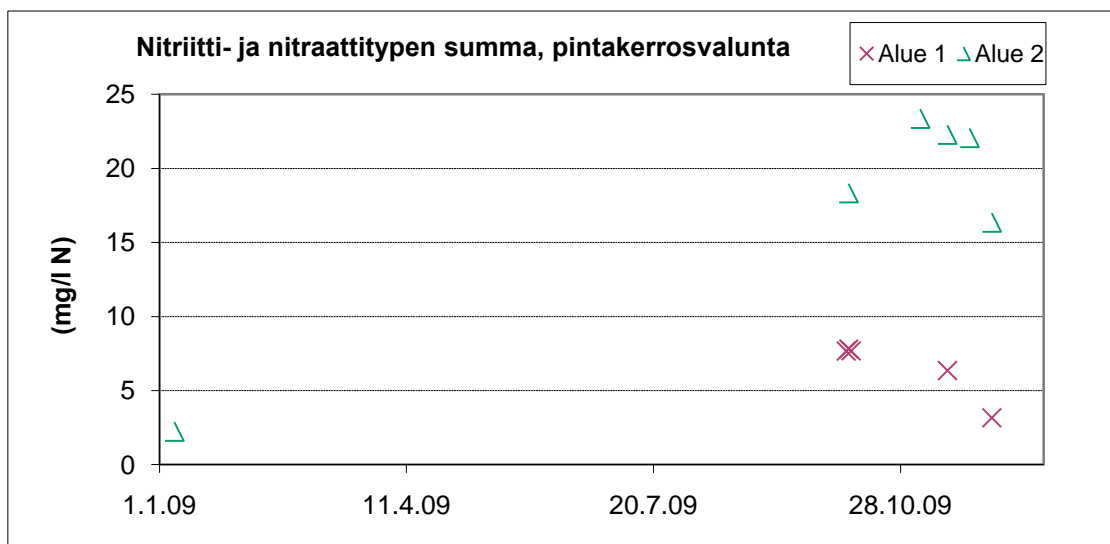
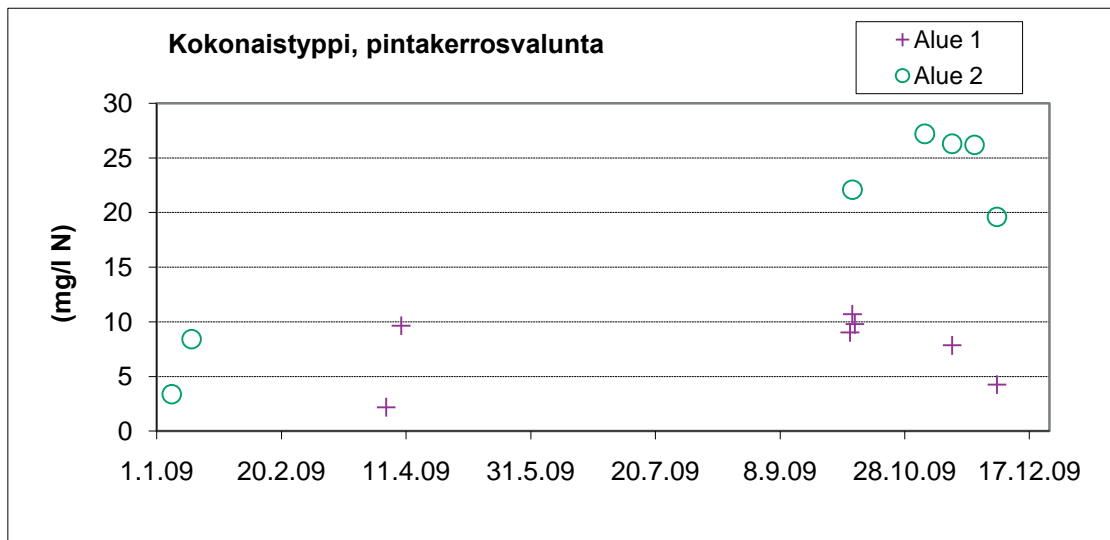






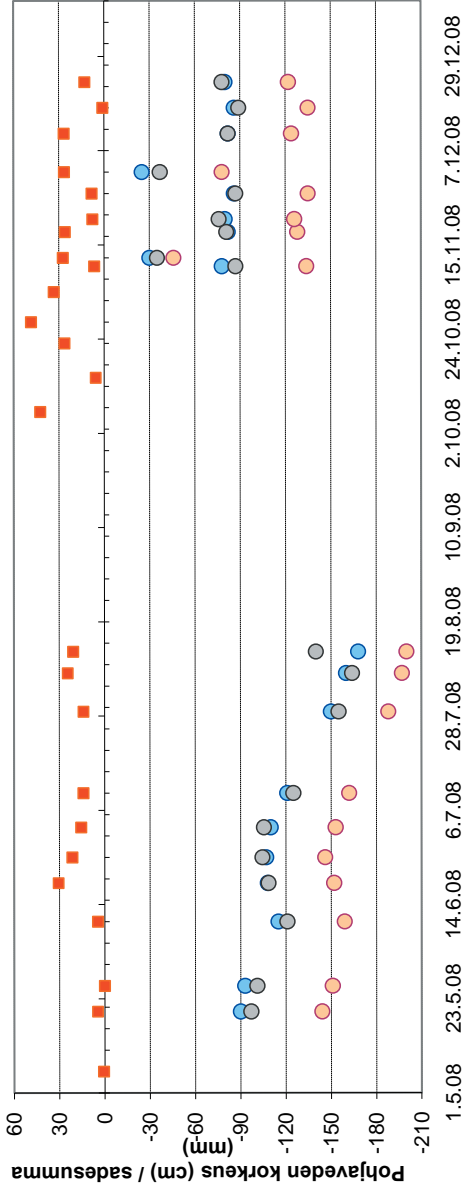




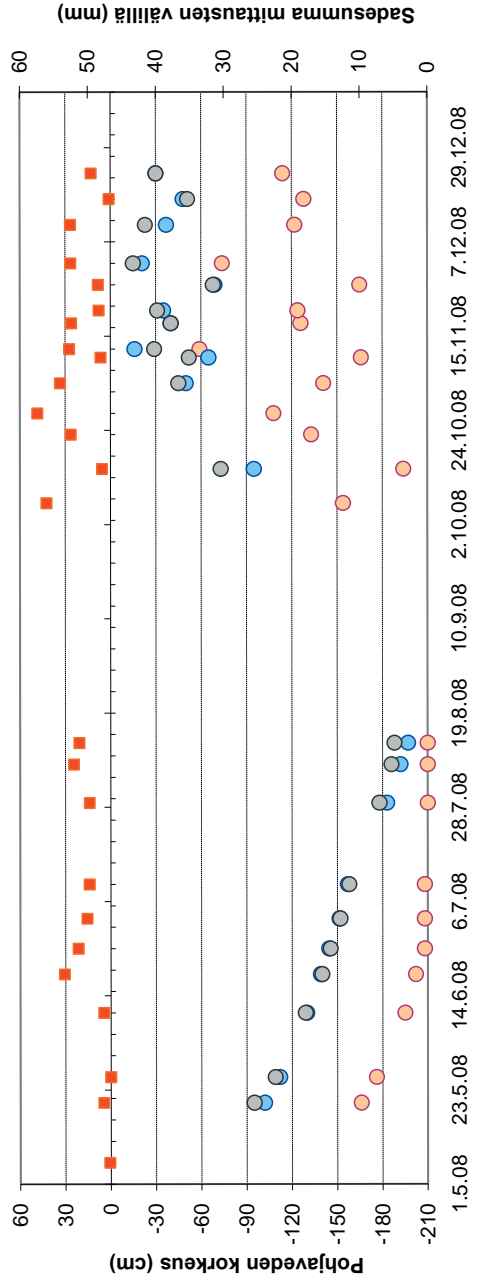


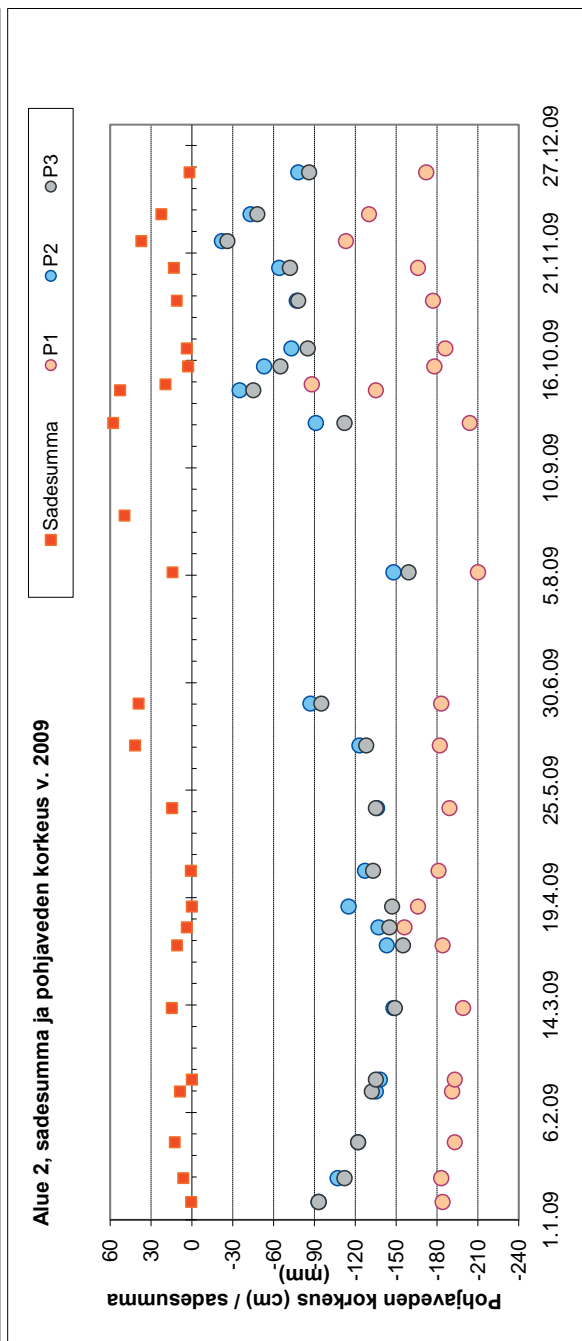
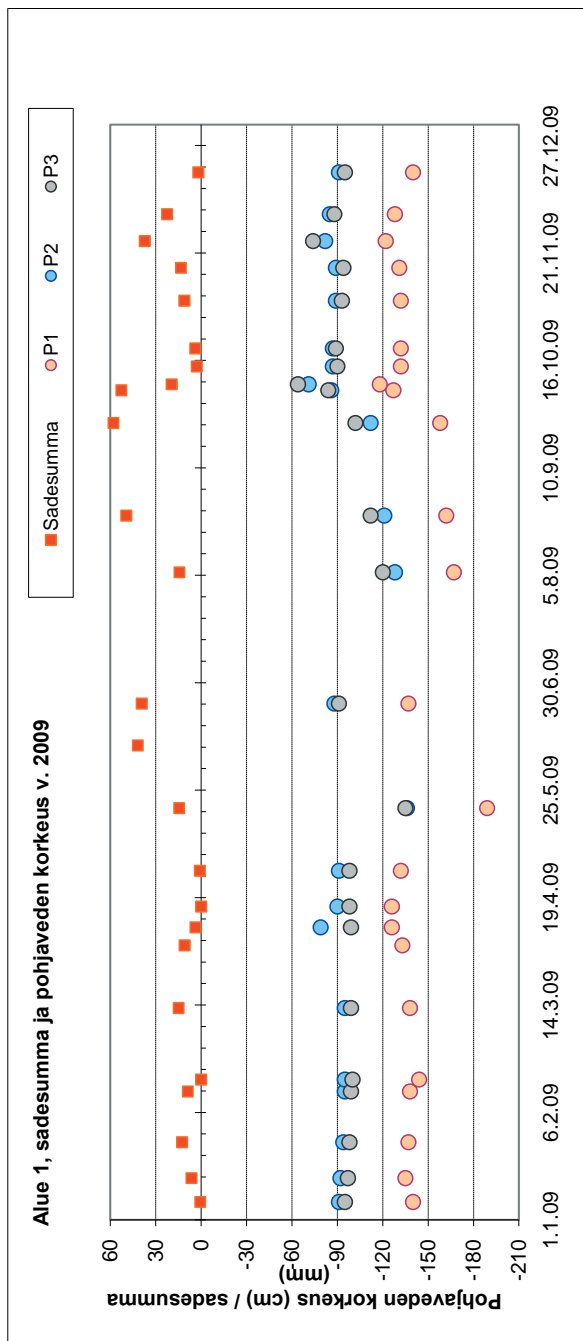


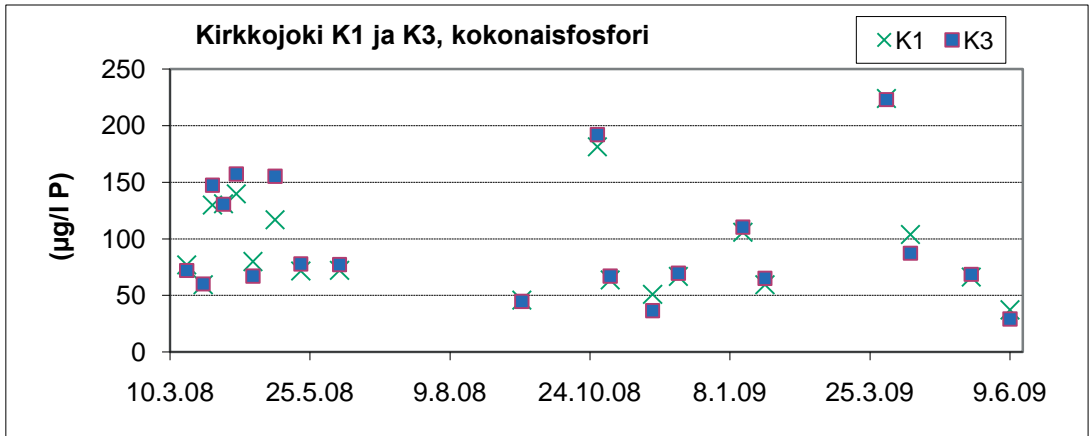
Alue 1, sadesumma ja pohjaveden korkeus v. 2008



Alue 2, sadesumma ja pohjaveden korkeus v. 2008







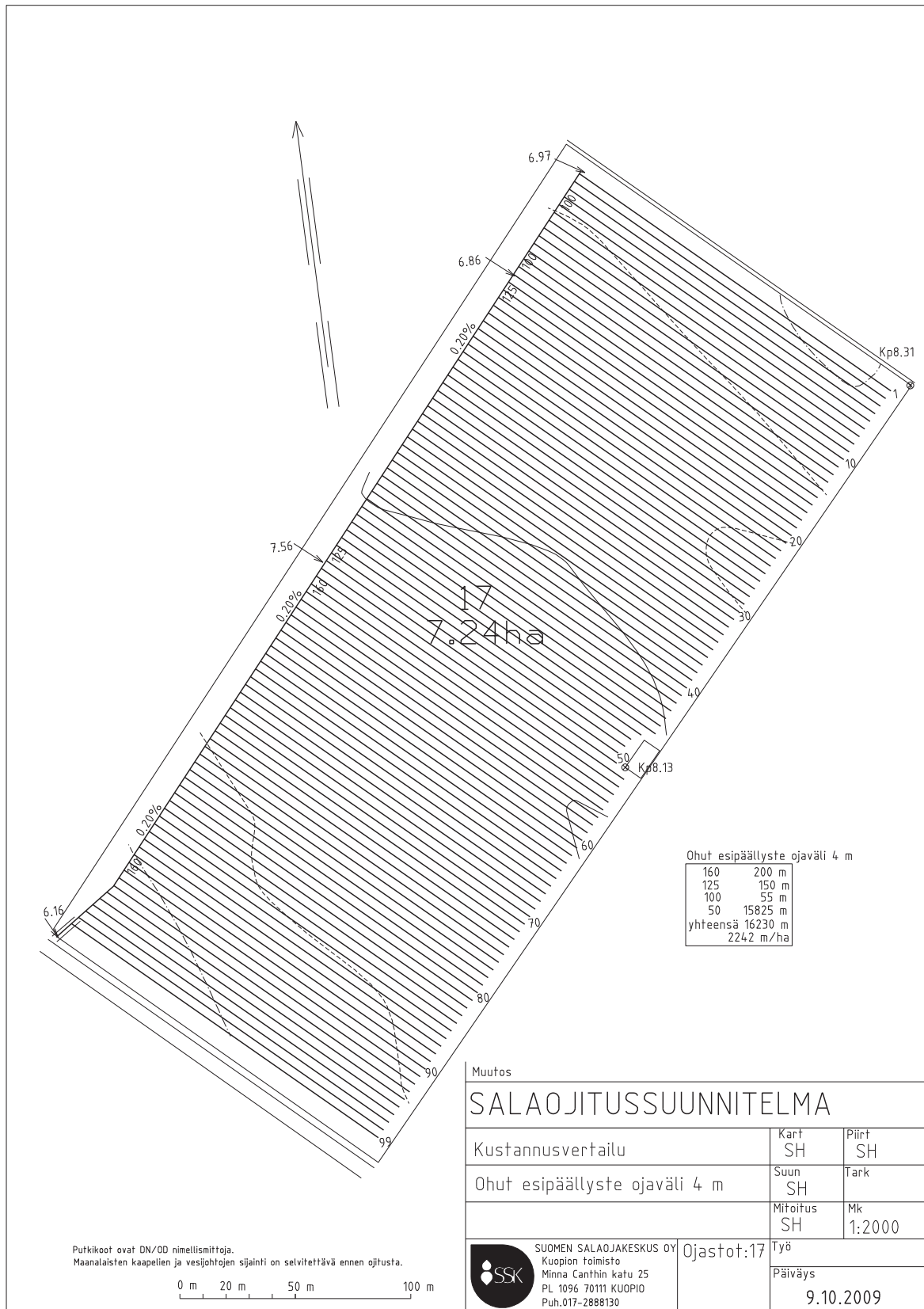
tila	kunta	lohkon ala ha	maalaji pinta-/pohja-	pellon kaltevuus	ojitustapa ennen	ojaväli ennen m	ongelma ennen	uusi ojitusmenetelmä	ojitus /kohotus	ojitusolot
tiheä ojaväli, ympärysaineena ohut suodatinkangas										
1	Pöytyä	23,56	rmHs/ vmAS	tasainen/ loivasti viettävä	osa salaajittettu, osa sarkaojissa	18	märkiä alueita, notkoja, tukkeutumia	ojaväli 6 m, syvyys yli 1 m, kohotus	2006 /2008	ojitus kylvöaikana, tihku- ja vesisadetta; kohotus syksyllä, kuivahko maa
3	Somero	5,6	mAS/ vmAS	tasainen	salaajitus	12	ojitus ei toimi	ojaväli 6 m, syvyys 0,8-1 m, kohotus	2006 /2008	ojitus osalla pellostä roudan päällä määrisä oloissa, osalla kevätkoostea maa; kohotus syksyllä määrisä oloissa
6	Koski Tl.	6,32	rmAS mHs/ vmAS	tasainen	salaajitus	14 tai 16	erittäin tiivis savi, harva ojaväli, vähän sorasilmäkkeitä tai ei ollenkaan, ruokamulta poltettu raivattaessa 1930-luvulla	ojaväli 5 m, kohotus	2007 /2007	hyvät olosuhteet ojitettaessa ja kohotettaessa
8	Joroinen	9,22	ermKHt Mm Ct/ vmKHt Ct	tasainen	avo-ojat	10-12	ruosteinen turvemaa, märkyys- ja kantavuusongelmat	ojaväli 5 m, ei kohotusta	2007	ojitus talvella, routaa 5 cm, maa kuivaa
salaajakaivannon täyttö hakkeella										
9	Kirkkonummi	2,4	Hs/ AS	tasainen	salaajitus	ei tarkkaa tietoa	tiivis jankko, yksipuolinen viljely, huono vedenläpäisevyys, huono sato	ojaväli 16 m, kookosputki, kaivannon täyttö hakkeella	2006	hyvät olosuhteet
10	Kirkkonummi	3,9	Hs/ AS	tasainen	salaajitus	16	tiivis jankko, yksipuolinen viljely, huono vedenläpäisevyys, huono sato	täydennysojitus; vanhojen oijen väliin kookosputki, kaivannon täyttö hakkeella, nykyinen ojaväli 8 m	2007	määrää, sadetta
4	Loimaa	4,5	ermHs/ ermAS/ vmAS	tasainen	avo-ojat	10 tai 12	liian harva ojaväli, märkyys	ojaväli 8 m, sorastus 35-40 m <sup>3</sup> /ha, sorasilmäkkeet entisten avo-oijen risteyksissä, välien täyttö hakkeella 100 m <sup>3</sup> /ha	2007	hyvät olosuhteet
runsas sorastus										
2	Nakkila	3,65	mKHt/ vmHHt vmHs	loivasti viettävä	salaajitus	8,5	lähteisyys, ruosteisuus, salaajien tukkeutuminen	ojaväli 12 m, runsas sorastus, sorasilmäkkeitä 9 m:n välein, latvahuuhtele	2008	määrää
7	Pöytyä	13,6	rmHts/ vmAS	loivasti viettävä	avo-ojat	14-26	märkyys	ojaväli 10 m, syvyys tavanomaista matalampi; kokooja kaivettu, soraa 15 cm; imuojat auralla, soraa 20-30 cm; sorasilmäkkeet entisten avo-oijen risteyksissä ja imuojien lähdoissa	2007	hyvät olosuhteet
pieni soramäärä										
5	Kestliä	2,48	Mm rmHe/ vmHe	loivasti viettävä	avo-ojat	15	avo-ojat eivät pysy auki	ojaväli 8 m, syvyys 95 cm, keijukaivu, sorastus 4-8 cm = 3 m <sup>3</sup> /100 m, ei silmäkkeitä	2007	hyvät olosuhteet



Pellon vesitalouden optimointi  
Köyliö

paikka	syvyys cm	Sa %	HHs %	KHs %	Hht %	Kht %	HHk %	KHk %	HSr %	KSr %	saves %	hiesu		hieta+		hiekkalaaji	Org. aines	Muuta- vuus	pH	Johto- luku	Ca mg/l maata	K mg/l maata	Mg mg/l maata	P mg/l maata
												%	%	%	%									
6 A	0-20	32,5	31,5	18,4	6,8	5,8	3,1	1,9	0	0	32,5	49,9	17,6	HsS	3,3	m	6,8	0,9	2410	166	289	48		
6 A	20-40	33,2	33,9	18,7	5,4	4,8	2,4	1,6	0	0	33,2	52,6	14,2	HsS	2,4	vm	7,0	0,9						
6 A	40-100	33	30,4	30,3	4,9	0,6	0,5	0,3	0	0	33,0	60,7	6,3	HsS	0,3	vm	7,2	0,8						
6 B	0-20	29,6	18,7	18,1	15,7	11,5	3,8	2,6	0	0	29,6	36,8	33,6	He	2,8	vm	6,9	1,0	2518	186	311	45		
6 B	20-40	30,4	19,6	18	14,6	10,9	3,7	2,8	0	0	30,4	37,6	32,0	HeS	2,1	vm	6,7	0,8						
6 B	40-100	35,2	31,5	26	5,9	0,8	0,4	0,2	0	0	35,2	57,5	7,3	HsS	0,4	vm	7,0	0,7	1948	131	237	46		
6 C	0-20	15,7	9,6	15,1	25,2	27,7	4,2	2,5	0	0	15,7	24,7	59,6	KHt	2,2	vm	6,7	1,2						
6 C	20-40	14,9	8,7	14,4	25,8	29,4	4,2	2,6	0	0	14,9	23,1	62,0	KHt	2,2	vm	6,9	1,1						
6 C	40-50	22,5	8,9	15	20	16,6	6,4	10,6	0	0	22,5	23,9	53,6	HHt	0,3	vm	6,4	1,2						
6 C	70-100	34,1	30,2	30	4,3	0,9	0,3	0,2	0	0	34,1	60,2	5,7	HsS	0,3	vm	6,6	1,3						
7 A	0-20	10,4	6,9	18,7	30,9	28,5	2,9	1,7	0	0	10,4	25,6	64,0	HHt	1,7	vm	6,4	4,3	1588	285	172	51		
7 A	30-40	12	12,6	38,4	28,1	6,9	1,3	0,7	0	0	12,0	51,0	37,0	Hs	0,3	vm	6,6	2,1						
7 A	60-70	7,6	10,6	38	37,3	6	0,4	0,1	0	0	7,6	48,6	43,8	He	0,1	vm	6,8	1,9						
7 C	0-20	10,8	8,7	24,6	28,6	17,7	5,8	3,8	0	0	10,8	33,3	55,9	HHt	1,7	vm	7,0	1,0	2204	188	143	135		
7 C	20-40	10,1	9,5	30,1	29,5	13,2	4,3	3,3	0	0	10,1	39,6	50,3	HHt	1,2	vm	7,1	1,2						
7 C	40-100	8,9	11,3	38,2	35,4	5	0,6	0,6	0	0	8,9	49,5	41,6	He	0,1	vm	6,9	2,1						
8 A	0-20	13,6	11,1	25,8	25,6	18,3	3,6	2	0	0	13,6	36,9	49,5	He	2,3	vm	7,1	2,6	2916	250	183	129		
8 A	20-40	14,3	11	23	23,9	21,5	3,9	2,4	0	0	14,3	34,0	51,7	HHt	1,8	vm	7,2	3,3						
8 A	40-100	11,8	14,4	42,6	28,5	2,3	0,2	0,2	0	0	11,8	57,0	31,2	Hs	0,1	vm	6,8	2,2						
8 B	0-20	10,8	8,6	29,8	32	13,8	3,3	1,7	0	0	10,8	38,4	50,8	HHt	2,4	vm	7,0	1,1	1843	169	166	50		
8 B	20-40	11,1	8,6	29,9	32	13,6	3,2	1,6	0	0	11,1	38,5	50,4	HHt	2,4	vm	7,0	1,4						
8 B	40-60	6,1	9,1	38,3	40,6	5,3	0,4	0,2	0	0	6,1	47,4	46,5	He	0,2	vm	5,9	0,8						
8 B	60-70	2,5	3,3	18,7	55,1	20,1	0,2	0,1	0	0	2,5	22,0	75,5	HHt	0,1	vm	5,8	0,7						
8 B	70-75	37,5	25,3	20,2	14,4	1,5	0,7	0,4	0	0	37,5	45,5	17,0	HsS	0,6	vm	6,2	1,1						
8 B	75-100	6,6	9,4	30	48,8	4,8	0,2	0,2	0	0	6,6	39,4	54,0	HHt	0,1	vm	5,8	2,0						
9	0-30	8,4	4,5	12,2	32,6	33,8	5,1	3,4	0	0	8,4	16,7	74,9	KHt	1,8	vm	7,1	2,1	2278	267	123	117		
9	30-40	3,4	2,4	6,7	31,7	45,5	6,1	4,2	0	0	3,4	9,1	87,5	KHt	0,4	vm	7,2	1,1						
9	70-80	1,5	2	13,1	54,9	28,2	0,2	0,1	0	0	1,5	15,1	83,4	HHt	0,1	vm	7,0	1,4						
10 A	0-20	14,2	11,9	35	25,7	9,2	2,6	1,4	0	0	14,2	46,9	38,9	He	3,2	m	6,4	1,5	2029	111	189	47		
10 A	30-40	12,7	14,1	42,7	25,1	3,9	1	0,5	0	0	12,7	56,8	30,5	Hs	0,7	vm	6,2	1,0						
10 A	40-50	10,4	13,6	45,2	27	3	0,6	0,2	0	0	10,4	58,8	30,8	Hs	0,3	vm	6,3	1,4						
10 A	putkesta	8,6	10,2	45	30,4	5	0,7	0,1	0	0	8,6	55,2	36,2	Hs	1,4	vm	6,6	1,5						
10 B	0-20	11	9,9	34,5	35,1	6,6	2	0,9	0	0	11,0	44,4	44,6	He	2,3	vm	7,0	1,1	1838	242	139	44		
10 B	20-40	9,6	10,6	36,5	34,9	5,5	1,9	1	0	0	9,6	47,1	43,3	He	1,5	vm	7,0	1,3						
10 B	40-60	12,5	12,9	41,5	29,8	2	0,6	0,7	0	0	12,5	54,4	33,1	Hs	0,2	vm	6,1	1,0						

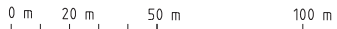





Ohut esipäälyste ojaväli 4 m

160	200 m
125	150 m
100	55 m
50	15825 m
yhteensä 16230 m	
2242 m/ha	

Putkikoot ovat DN/OD nimellismittoja.  
Maanalaisen kaapelien ja vesijohtojen sijainti on selvitettävä ennen ojitusta.



Muutos		
<b>SALAOJITUSSUUNNITELMA</b>		
Kustannusvertailu	Kartt SH	Piirt SH
Ohut esipäälyste ojaväli 4 m	Suun SH	Tark
	Mitoitus SH	Mk 1:2000
 SUOMEN SALAOJAKESKUS OY Kuopion toimisto Minna Cantinin katu 25 PL 1096 70111 KUOPIO Puh.017-2888130	Ojastot:17	Työ
		Päiväys



## Salaoituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedotteet

- 1 Yhdistyksen toiminnasta ja otteita salaojitustutkimuksesta (1987)
- 2 Salaojitustutkimusta koskevia aiheita (1987)
- 3 Salaojituskoetoiminnasta Ruotsissa ja salaojaputken ympärysaineista (1987)
- 4 Salaojatutkimuksia vuosilta 1987–1988 (1988)
- 5 Kuivatusta ja kastelua koskevia tutkimuksia (1988)
- 6 Maan tiivistymisen tutkimisesta Ruotsissa ja salaojatutkimuksesta Suomessa (1989)
- 7 Salaojaseminaari Osuuspankkiopistolla 17.9.1988 (1988)
- 8 Salaoituksen tavoiteohjelma, näkymiä vuoteen 2010 saakka (1989)
- 9 Sievin salaojituspäivät 20.–21.9.1989 ja ajankohtaista asiaa ympärysaineista (1989)
- 10 Maaseudun ympäristöpäivät Laukaalla 21.3 ja Jokioisissa 26.3.1990 (1990)
- 11 Turve- ja kivennäsmaiden vesitaloudesta sekä rautasaostuman muodostumisesta (1990)
- 12 Salaojituskäytännöitä maailmalta (1990)
- 13 Kenttätutkimusmenetelmistä paineenalaisilla salaojitusalueilla sekä Junkkarinjärven pengerrys (1991)
- 14 Myyräojituksesta (1991)
- 15 Zaitsevo-koekentän tuloksia (1992)
- 16 Säättösaloitus-koekenttien perustaminen (1992)
- 17 Turvemaiden salaojituksesta ja suoto-ojituksesta (1992)
- 18 Säättösaloitus-tutkimustuloksia vuosilta 1992–1993 (1993)
- 19 Agriculture sector reform in the Baltic republics (1995)
- 20 Maatalouden kehitysnäkymät Baltian maissa lähivuosina (1995)
- 21 Säättösaloituksen, uusinta- ja padotuskastelun tutkimustuloksia (1996)
- 22 Salaoitus ja pellon vesitalous – tavoitteita toimialan kehittämiseksi (1998)
- 23 Peltoviljelyn ravinnehuuhtoutumien vähentäminen pellon vesitaloutta säättämällä (1998)
- 24 Peltoviljelyn ravinnehuuhtoutumien vähentäminen pellon vesitaloutta säättämällä – vuoden 1998 väliraportti (2000)
- 25 Peltoviljelyn ravinnehuuhtoutumien vähentäminen pellon vesitaloutta säättämällä – loppuraportti (2000)
- 26 Haja-asutuksen jätevedet & Jaloittelutarhojen valumavedet – katsaus vuoden 2003 tilanteeseen (2004)
- 27 Laiduntamisen ja suojavyöhykkeiden vaikutukset pintamaan rakenteeseen ja vesitalouteen (2007)
- 28 IDW2008 -10<sup>th</sup> International Drainage Workshop of ICID Working Group on Drainage -seminaarin esitysten suomenkieliset tiivistelmät (2008)
- 29 Pellon vesitalouden optimointi -hankkeen väliraportti (2008)
- 30 Pellon vesitalouden optimointi -hankkeen loppuraportti (2010)